

Andrew S. Tanenbaum

**SZÁMÍTÓGÉP-  
HÁLÓZATOK**

PANEM

PRENTICE HALL

A mű eredeti címe: Computer Networks. Third Edition.

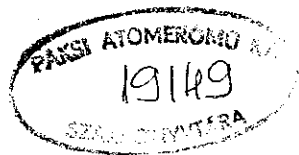
Authorized translation from the English language edition published by Prentice-Hall, Inc. Simon & Schuster / A Viacom Company Upper Saddle River, New Jersey 07458 Copyright © 1996 by Prentice-Hall, Inc. All rights reserved!

Hungarian language edition Copyright © Panem Könyvkiadó Kft. 1999

A kiadásért felel a Panem Könyvkiadó Kft. ügyvezetője, Budapest, 1999

Panem Kft.  
1385 Budapest, Pf. 809  
Hungary

Ez a könyv a Művelődési és Közoktatási Minisztérium támogatásával a Felsőoktatási Pályázatok Irodája által lebonyolított felsőoktatási tankönyvtámogatási program keretében jelent meg.



ISBN 963 545 213 6

Lektorálta és szerkesztette: Dr. Harangozó József  
A nyolcadik fejezetet írta: Dr. Harangozó József; lektorálta: Ercsényi András

Fordította: Balogh Zoltán, Bámer Balázs, Harangozó Gábor, Korossy Khayil Balázs, Orvos Péter,  
Sági Péter, Völgyesi Péter  
Műszaki szerkesztő: Érdi Júlia  
Borítóterv: Érdi Júlia

A Panem könyvek megrendelhetők az (1) 340-1515 hívószámú telefonon, illetve az 1385 Budapest, Pf. 809 levélcímen.  
panem@mail.datanet.hu  
http://www.panem.hu

Minden jog fenntartva. Jelen könyvet, illetve annak részeit tilos reprodukálni, adatbázisba feltölteni, tárolni, bármilyen formában vagy eszközzel – elektronikus úton vagy más módon – közölni a kiadók engedélye nélkül.

# Tartalomjegyzék

Előszó a magyar kiadáshoz .....	13
Előszó .....	15
1. fejezet. Bevezetés .....	19
1.1. A számítógép-hálózatok használata .....	20
1.1.1. Vállalati hálózatok .....	21
1.1.2. Közhasznú hálózatok .....	22
1.1.3. Társadalmi vonatkozások .....	24
1.2. Hálózati hardver .....	25
1.2.1. Lokális hálózatok .....	27
1.2.2. Nagyvárosi hálózatok .....	29
1.2.3. Nagy kiterjedésű hálózatok .....	29
1.2.4. Vezeték nélküli hálózatok .....	32
1.2.5. Összekapcsolt hálózatok .....	34
1.3. Hálózati szoftver .....	35
1.3.1. Protokollhierarchiák .....	35
1.3.2. A rétegek tervezési kérdései .....	39
1.3.3. Interfészek és szolgálatok .....	41
1.3.4. Összeköttetés alapú és összeköttetés nélküli szolgálatok .....	42
1.3.5. Szolgáltatáprimítívek .....	44
1.3.6. A szolgálatok kapcsolata a protokollokkal .....	47
1.4. Hivatkozási modellek .....	47
1.4.1. Az OSI hivatkozási modell .....	47
1.4.2. A TCP/IP hivatkozási modell .....	55
1.4.3. Az OSI és a TCP/IP hivatkozási modell összehasonlítása .....	58
1.4.4. Az OSI hivatkozási modell és protokolljainak értékelése .....	60
1.4.5. A TCP/IP hivatkozási modell értékelése .....	63
1.5. Hálózati példák .....	65
1.5.1. Novell NetWare .....	65
1.5.2. ARPANET .....	67

1.5.3.	NSFNET .....	71
1.5.4.	Internet .....	73
1.5.5.	Gigabites kísérleti hálózatok .....	75
1.6.	Példák adatkommunikációs szolgáltatásokra .....	78
1.6.1.	SMDS – Switched Multimegabit Data Service .....	78
1.6.2.	X.25 hálózatok .....	81
1.6.3.	Frame relay .....	82
1.6.4.	Szélessávú ISDN és ATM .....	83
1.6.5.	A szolgáltatások összehasonlítása .....	88
1.7.	A hálózatok szabványosítása .....	89
1.7.1.	Ki kicsoda a távközlés világában? .....	89
1.7.2.	Ki kicsoda a nemzetközi szabványosítás világában? .....	92
1.7.3.	Ki kicsoda az Internet szabványosítási világában? .....	93
1.8.	Röviden a továbbiakról .....	95
1.9.	Összefoglalás .....	96
	Feladatok .....	96
<b>2.</b>	<b>fejezet. A fizikai réteg .....</b>	<b>100</b>
2.1.	Az adatátvitel elméleti alapjai .....	100
2.1.1.	Fourier-analízis .....	100
2.1.2.	Sávkorlátozott jelek .....	101
2.1.3.	A csatorna maximális adatátviteli sebessége .....	104
2.2.	Az átviteli közeg .....	105
2.2.1.	Mágneses hordozó .....	105
2.2.2.	Csavart érpár .....	106
2.2.3.	Alapsávi koaxiális kábel .....	107
2.2.4.	Szélessávú koaxiális kábel .....	108
2.2.5.	Fényvezető szálak .....	110
2.3.	Vezeték nélküli adatátvitel .....	117
2.3.1.	Az elektromágneses spektrum .....	118
2.3.2.	Rádiófrekvenciás átvitel .....	120
2.3.3.	Mikrohullámú átvitel .....	122
2.3.4.	Infravörös és milliméteres hullámú átvitel .....	123
2.3.5.	Látható fényhullámú átvitel .....	124
2.4.	A távbeszélőrendszerek .....	125
2.4.1.	A távbeszélőrendszer felépítése .....	126
2.4.2.	Távközlési politika .....	130
2.4.3.	Az előfizetői hurok .....	132
2.4.4.	Trónkok és multiplexelés .....	142
2.4.5.	Kapcsolási módok .....	155
2.5.	Keskenysávú ISDN .....	165
2.5.1.	ISDN szolgáltatások .....	166
2.5.2.	Az ISDN rendszer architektúrája .....	166

2.5.3.	Az ISDN interfész .....	168
2.5.4.	Az N-ISDN jövője .....	169
2.6.	A szélessávú ISDN és az ATM .....	170
2.6.1.	Virtuális áramkörök és vonalkapcsolás .....	171
2.6.2.	Adatátvitel ATM hálózatokban .....	172
2.6.3.	ATM kapcsolók .....	174
2.7.	Celluláris rádió .....	182
2.7.1.	Személyhívó rendszerek .....	182
2.7.2.	Vezeték nélküli telefon .....	184
2.7.3.	Analóg celluláris telefon .....	184
2.7.4.	Digitális celluláris telefon .....	189
2.7.5.	Személyi hírközlő szolgáltatás .....	190
2.8.	Távközlési műholdak .....	191
2.8.1.	Geoszinkron műholdak .....	192
2.8.2.	Alacsony röppályás műholdak .....	195
2.8.3.	A műholdas és a fényvezető szálak átvitel összehasonlítása .....	196
2.9.	Összefoglalás .....	198
	Feladatok .....	199
<b>3.</b>	<b>fejezet. Az adatkapcsolati réteg .....</b>	<b>204</b>
3.1.	Az adatkapcsolati réteg tervezési szempontjai .....	204
3.1.1.	A hálózati rétegnek nyújtott szolgáltatások .....	205
3.1.2.	Keretezés .....	207
3.1.3.	Hibavédelem .....	210
3.1.4.	Forgalomszabályozás .....	211
3.2.	Hibajelzés és -javítás .....	212
3.2.1.	Hibajavító kódok .....	212
3.2.2.	Hibajelző kódok .....	215
3.3.	Elemi adatkapcsolati protokollok .....	219
3.3.1.	Korlátozás nélküli szimplex protokoll .....	223
3.3.2.	Szimplex megáll-és-vár protokoll .....	225
3.3.3.	Szimplex protokoll zajos csatornához .....	227
3.4.	Csúszóablakos protokollok .....	230
3.4.1.	Egybites csúszóablakos protokoll .....	233
3.4.2.	Az n visszalépést alkalmazó protokoll .....	236
3.4.3.	Szelektív ismétlést alkalmazó protokoll .....	241
3.5.	Protokollok specifikációja és verifikációja .....	247
3.5.1.	Véges állapotú automata modellek .....	247
3.5.2.	Petri-gráf modellek .....	251
3.6.	Példák adatkapcsolati protokollokra .....	253
3.6.1.	HDL C – magas szintű adatkapcsolat-vezérlés (High-level Data Link Control) .....	253
3.6.2.	Az Internet adatkapcsolati rétege .....	256

3.6.3.	Az ATM adatkapcsolati rétege .....	262
3.7.	Összefoglalás .....	266
	Feladatok .....	267
<b>4. fejezet. A közegelési alréteg</b> .....		<b>271</b>
4.1.	A csatornakiosztás problémája .....	272
4.1.1.	Statikus csatornakiosztás LAN-ok és MAN-ok esetén .....	272
4.1.2.	Dinamikus csatornakiosztás LAN-ok és MAN-ok esetén .....	273
4.2.	Többszörös hozzáférésű protokollok .....	275
4.2.1.	ALOHA .....	275
4.2.2.	Vivőjel-érzékeléses többszörös hozzáférésű protokollok .....	279
4.2.3.	Ütközésmentes protokollok .....	282
4.2.4.	Korlátozott versenyes protokollok .....	285
4.2.5.	Hullámhosszosztásos többszörös hozzáférésű protokollok .....	289
4.2.6.	Vezeték nélküli LAN protokollok .....	291
4.2.7.	Digitális cellarádió .....	295
4.3.	Szabványos LAN-ok és MAN-ok .....	305
4.3.1.	Az IEEE 802.3 szabvány és az Ethernet .....	306
4.3.2.	Az IEEE 802.4 szabvány: vezérjeles sín .....	318
4.3.3.	Az IEEE 802.5 szabvány: vezérjeles gyűrű .....	324
4.3.4.	A helyi hálózatok összehasonlítása .....	331
4.3.5.	Az IEEE 802.6 szabvány: kettős sín osztott várakozási sorral .....	333
4.3.6.	Az IEEE 802.2 szabvány: logikai kapcsolatvezérlés .....	335
4.4.	Hidak .....	336
4.4.1.	Hidak 802.x és 802.y hálózatok között .....	339
4.4.2.	Transzparens hidak .....	342
4.4.3.	Forrás által irányított hidak .....	346
4.4.4.	A 802-es hidak összehasonlítása .....	348
4.4.5.	Távoli hidak .....	350
4.5.	Nagy sebességű hálózatok .....	351
4.5.1.	FDDI .....	351
4.5.2.	Gyors Ethernet .....	354
4.5.3.	HIPPI – High-Performance Parallel Interface (Nagy teljesítményű párhuzamos interfész) .....	357
4.5.4.	Fibre Channel .....	359
4.6.	Műholdas hálózatok .....	360
4.6.1.	Lekérdezés (Polling) .....	361
4.6.2.	ALOHA .....	362
4.6.3.	FDM .....	363
4.6.4.	TDM .....	363
4.6.5.	CDMA .....	366
4.7.	Összefoglalás .....	366
	Feladatok .....	368

<b>5. fejezet. A hálózati réteg</b> .....	<b>374</b>	
5.1.	A hálózati réteg tervezési kérdései .....	374
5.1.1.	A szállítási rétegnek nyújtott szolgálatok .....	374
5.1.2.	A hálózati réteg belső szervezése .....	377
5.1.3.	A virtuális áramkör és a datagram alapú alhálózatok összehasonlítása ....	379
5.2.	Forgalomirányító algoritmusok .....	381
5.2.1.	Az optimalitási elv .....	383
5.2.2.	Legrövidebb útvonal alapú forgalomirányítás .....	384
5.2.3.	Elárasztás .....	387
5.2.4.	Folyamalapú forgalomirányítás .....	388
5.2.5.	Távolságvektor alapú forgalomirányítás .....	390
5.2.6.	Kapcsolatállapot alapú forgalomirányítás .....	394
5.2.7.	Hierarchikus forgalomirányítás .....	400
5.2.8.	Forgalomirányítás mozgó hosztok esetében .....	402
5.2.9.	Adatszóró forgalomirányítás .....	405
5.2.10.	Többszörös forgalomirányítás .....	407
5.3.	Torlódásvédelmi algoritmusok .....	409
5.3.1.	A torlódásvédelem alapelvei .....	411
5.3.2.	Torlódásmegelőző módszerek .....	413
5.3.3.	Forgalomformálás .....	414
5.3.4.	Folyammeghatározások .....	420
5.3.5.	Torlódásvédelem virtuális áramkör alapú alhálózatokban .....	421
5.3.6.	Lefojtó csomagok .....	422
5.3.7.	Terhelés eltávolítása .....	426
5.3.8.	Dzsitter szabályozás .....	428
5.3.9.	Torlódásvédelem többesküldés esetén .....	428
5.4.	Hálózatok összekapcsolása .....	431
5.4.1.	Miben különböznek a hálózatok? .....	435
5.4.2.	Egymás után kapcsolt virtuális áramkörök .....	436
5.4.3.	Hálózatok összeköttetés nélküli kapcsolódása .....	437
5.4.4.	Alagút típusú átvitel .....	439
5.4.5.	Forgalomirányítás összekapcsolt hálózatokban .....	441
5.4.6.	Darabokra tördelés .....	442
5.4.7.	Tűzfalak .....	445
5.5.	Hálózati réteg az Internetben .....	447
5.5.1.	Az IP protokoll .....	449
5.5.2.	IP címek .....	452
5.5.3.	Alhálózatok .....	453
5.5.4.	Az Internet vezérlő protokolljai .....	455
5.5.5.	A belső átjáró protokoll: az OSPF .....	460
5.5.6.	A külső átjáró router protokollja: a BGP .....	465
5.5.7.	Többszörös az Interneten .....	467
5.5.8.	Mobil IP .....	468
5.5.9.	Osztályonkénti körzetek közötti forgalomirányítás: CIDR .....	470

5.5.10.	IPv6 .....	473
5.6.	Hálózati réteg az ATM hálózatokban .....	485
5.6.1.	Cellaformátumok .....	487
5.6.2.	Összeköttetés létesítése .....	489
5.6.3.	Forgalomirányítás és kapcsolás .....	491
5.6.4.	Szolgálati osztályok .....	495
5.6.5.	A szolgálat minősége .....	497
5.6.6.	Forgalomformálás és forgalmi politika .....	500
5.6.7.	Torlódásvédelem .....	504
5.6.8.	ATM LAN-ok .....	508
5.7.	Összefoglalás .....	510
	Feladatok .....	510
<b>6. fejezet. A szállítási réteg</b> .....		<b>517</b>
6.1.	A szállítási szolgálat .....	517
6.1.1.	A felső rétegeknek nyújtott szolgálatok .....	517
6.1.2.	A szolgálat minősége .....	519
6.1.3.	Szállítási szolgálati primitívek .....	521
6.2.	A szállítási protokollok elemei .....	525
6.2.1.	Címzés .....	526
6.2.2.	Összeköttetés létesítése .....	530
6.2.3.	Az összeköttetés bontása .....	535
6.2.4.	Forgalomszabályozás és puffereles .....	539
6.2.5.	Nyalábolás .....	543
6.2.6.	Összeomlás utáni helyreállítás .....	545
6.3.	Egyszerű szállítási protokoll .....	547
6.3.1.	A példa szolgálati primitívjei .....	547
6.3.2.	Egy példa szállítási entitásra .....	549
6.3.3.	A példa, mint véges állapotú gép .....	557
6.4.	Internet szállítási protokollok (TCP és UDP) .....	560
6.4.1.	A TCP szolgálati modell .....	560
6.4.2.	A TCP protokoll .....	652
6.4.3.	A TCP szegmens fejrésze .....	563
6.4.4.	TCP összeköttetések kezelése .....	566
6.4.5.	TCP átviteli politika .....	570
6.4.6.	A TCP torlódásvédelme .....	574
6.4.7.	TCP időzítő kezelése .....	577
6.4.8.	UDP .....	579
6.4.9.	Vezeték nélküli TCP és UDP .....	580
6.5.	Az ATM AAL rétegének protokolljai .....	582
6.5.1.	Az ATM adaptációs réteg felépítése .....	584
6.5.2.	AAL 1 .....	585
6.5.3.	AAL 2 .....	586
6.5.4.	AAL 3/4 .....	587

6.5.5.	AAL 5 .....	589
6.5.6.	Az AAL protokollok összehasonlítása .....	591
6.5.7.	SSCOP – szolgáltatáspecifikus összeköttetés alapú protokoll .....	592
6.6.	Teljesítmőképesség .....	592
6.6.1.	A számítógép hálózatok teljesítmőképesség-problémái .....	593
6.6.2.	A hálózat teljesítmőképességének mérése .....	596
6.6.3.	Rendszertervezés a teljesítmőképesség növelésére .....	599
6.6.4.	Gyors TPDU feldolgozás .....	602
6.6.5.	Gigabites hálózatok protokolljai .....	606
6.7.	Összefoglalás .....	610
	Feladatok .....	611
<b>7. fejezet. Az alkalmazási réteg</b> .....		<b>616</b>
7.1.	Hálózati biztonság .....	616
7.1.1.	Hagyományos kriptográfia .....	619
7.1.2.	Két alapvető kriptográfiai elv .....	625
7.1.3.	Titkos kulcsú algoritmusok .....	626
7.1.4.	Nyilvános kulcsú algoritmusok .....	637
7.1.5.	Hitelességvizsgáló protokollok .....	641
7.1.6.	Digitális aláírások (Digital Signatures) .....	653
7.1.7.	Társadalmi kérdések .....	660
7.2.	DNS – Körzeti névkezelő rendszer .....	661
7.2.1.	A DNS név tér .....	662
7.2.2.	Erőforrás-nyilvántartás .....	664
7.2.3.	Név szerverek .....	667
7.3.	SNMP – egyszerű hálózatafelügyelő protokoll .....	670
7.3.1.	Az SNMP modell .....	670
7.3.2.	ASN.1 – Absztrakt szintaxis jelölés 1 .....	673
7.3.3.	SMI – Felügyeleti adatok struktúrája .....	679
7.3.4.	Az MIB – Felügyeleti adatbázis .....	681
7.3.5.	Az SNMP Protokoll .....	683
7.4.	Elektronikus levél .....	684
7.4.1.	Architektúra és szolgáltatások .....	685
7.4.2.	A felhasználói ügynök .....	687
7.4.3.	Üzenet formátumok .....	691
7.4.4.	Üzenetkezelés .....	698
7.4.5.	E-levéllel kapcsolatos személyiségi jogok .....	703
7.5.	USENET hírek .....	710
7.5.1.	A USENET felhasználói szemszögből .....	711
7.5.2.	A USENET megvalósítása .....	715
7.6.	A Világháló (World Wide Web) .....	721
7.6.1.	Az ügyfél oldala .....	722
7.6.2.	A kiszolgáló oldala (szerver) .....	725
7.6.3.	Egy Háló-oldal megírása HTML-ben .....	732

7.6.4.	A Java .....	747
7.6.5.	Információ megtalálása a Hálón .....	760
7.7.	Multimédia .....	764
7.7.1.	A hang (audio) .....	765
7.7.2.	A mozgókép (video) .....	767
7.7.3.	Adattömörítés .....	771
7.7.4.	Hálózati videózás .....	784
7.7.5.	MBone – Digitális adatszóró gerinchálózat .....	797
7.8.	Összefoglalás .....	801
	Feladatok .....	802
<b>8. fejezet. Osztott alkalmazások</b> .....		<b>808</b>
8.1.	Bevezetés .....	808
8.2.	TCP/IP és OSI alkalmazások .....	811
8.2.1.	Terminálkezelés .....	812
8.2.2.	Fájlvitvel .....	818
8.2.3.	Elektronikus üzenetkezelés és levelezés .....	823
<b>9. fejezet. Ajánlott olvasmányok és irodalomjegyzék</b> .....		<b>827</b>
9.1.	Javaslatok a továbbolvasáshoz .....	827
9.1.1.	Bevezetés és általános művek .....	828
9.1.2.	A fizikai réteg .....	828
9.1.3.	Az adatkapcsolati réteg .....	830
9.1.4.	A közeghozzáférési alréteg .....	830
9.1.5.	A hálózati réteg .....	831
9.1.6.	A szállítási réteg .....	832
9.1.7.	Az alkalmazási réteg .....	832
9.1.8.	Osztott alkalmazások .....	834
9.2.	Irodalomjegyzék .....	835
<b>FÜGGELÉK</b> .....		<b>853</b>
<b>Egyedi és összekapcsolt X.25 hálózatok</b> .....		<b>855</b>
F.1.	Bevezetés .....	855
F.2.	X.25 ajánlás .....	855
F.2.1.	Fizikai réteg .....	856
F.2.2.	Adatkapcsolati réteg .....	857
F.2.3.	Csomag (hálózati) réteg .....	857
F.3.	Terminál hozzáférés .....	865
F.4.	X.25 hálózatok összekapcsolása .....	866
<b>Tárgymutató</b> .....		<b>869</b>

## Előszó a magyar kiadáshoz

Az olvasó A. S. Tanenbaum *Computer Networks* című könyvének egy újabb magyar nyelvű fordítását tartja a kezében. E könyv több vonatkozásban eltér a korábbi fordítástól.

Az eltérések egyik oka a *mű szemléletének változása*. A korábbi kiadás *ISO-OSI alapú* szolgálatok és protokollok, illetve ezek alkalmazási rendszereinek ismertetése helyett a sokkal divatosabb és a szélesebb körben elterjedt és használt *TCP/IP alapú* architektúrához kapcsolódó ismeretanyagot közli. Másik ok, hogy maga az eredeti is különbözik az előzőtől, hiszen a fordítás alapja a mű harmadik kiadása, amit a szerző erősen átdolgozott, s az előzőnek csak kb. egyharmadát hagyta meg. A téma felfrissítéseként számos *új technológiai elemet* vett fel a tárgyalandók listájára (Internet, ATM), sok *új fajta alkalmazást* ismertet (hírcsoportok, Világháló, multimédia).

A fordítás *tankönyvként* használatos a felsőoktatási intézményekben folyó informatikus képzésben. Bár az oktatás szempontjából hasznos, hogy e könyv a legújabb hálózati technológiai ismereteket hordozza, nem nélkülözhetők azok a korábbi könyvben is megtalálható ismeretek sem, amelyek napjaink hálózati technológiájának részét képezik. Így a magyar kiadásban vannak olyan részek is, amelyek az eredetiben nem szerepelnek, mint pl. az *X.25 hálózatok* ismertetése. Egy másik, az előző kiadásban szereplő, de innen kimaradt, ugyanakkor alapvető fontosságúnak ítélt alkalmazást szintén visszahoztunk, a *fájlvitvel* és a *terminálkezelést*. A szerző új koncepcióját követve e két alkalmazást először TCP/IP alapon, majd – a régi koncepciónak megfelelően – OSI alapon ismertetjük.

Speciális helyzete van a *levelező rendszereknek*, mivel az eredeti mű a TCP/IP alapú levelező rendszerrel foglalkozik, de az OSI alapúval nem. Mivel az utóbbi években jelentős erőfeszítések történtek az X.400 alapú levelező és üzenetkezelő rendszerek bevezetésére, s jelenleg is használnak ilyen rendszereket, jónak láttuk e rendszert is az anyagba felvenni.

Meggyőződésem, hogy e könyvet haszonnal forgatják az egyetemi hallgatók és a végzett szakemberek is, akik a számítógép-hálózatok egyes részletekérdései iránt érdeklődnek. Az új kiadás Internet és ATM hálózati platformja minden bizonnyal népszerű lesz.

Dr. Harangozó József, docens  
Budapesti Műszaki Egyetem

# 1. Bevezetés

Az elmúlt három évszázad mindegyikét egy-egy technológia uralta: a 18. századot az ipari forradalom során megjelenő nagy mechanikai rendszerek, a 19. századot a gőzgép, a 20. századot pedig az információgyűjtés, az információfeldolgozás és az információterjesztés. Egyebek között részesei lehettünk a telefonhálózatok világméretű elterjedésének, a rádió, a televízió feltalálásának, valamint a számítástechnikai iparág megszületésének és példátlan fejlődésének, továbbá a távközlési műholdak felbocsátásának.

A gyors technikai fejlődésnek köszönhetően e területek egyre jobban közelednek egymáshoz, miközben az információ gyűjtése, továbbítása, tárolása és feldolgozása közti különbségek egyre inkább megszűnnek. A nagy földrajzi kiterjedésű, több száz hivatalból álló szervezetek ma már egyetlen gombnyomásra képesek tájékozódni akár a legtávolabbi részlegeik aktuális helyzetéről is. Minél több információt tudunk összegyűjteni, feldolgozni és terjeszteni, annál nagyobb mértékben nő az az igényünk, hogy még hatékonyabban dolgozzuk fel a rendelkezésünkre álló információmennyiséget.

Bár a számítástechnikai iparág a többi iparághoz (pl. autógyártás, légi közlekedés) képest viszonylag fiatal, a számítógépek rövid időn belül mégis látványos fejlődést értek el. Létezésük első két évtizedében a számítógépes rendszerek erősen egy helyre koncentráálódtak, ami általában egy nagy terem volt. Ezeknek a termeknek sokszor üvegablakai voltak, amelyeken keresztül a látogatók megbámulhatták a nagy elektronikus csodát. A közepes méretű vállalatok vagy egyetemek még csak egy-két számítógéppel rendelkeztek, de a legnagyobbaknak is legfeljebb csak néhány tucat volt belőlük. Akkoriban egyszerűen tudományos fantasztikus volt a gondolat, hogy 20 éven belül egy azonos teljesítményű, de a bélyegnél is kisebb központi egységből több milliót gyártsanak majd a tömegtermelésben.

A számítógépek és a távközlés egybeolvadása alapvetően befolyásolta a számítógépes rendszerek szervezését. Régen a felhasználók egy nagyméretű számítógépet tartalmazó terembe, a „számítóközpont”-ba vitték a futtatandó programjaikat. A „számítóközpont” mint fogalom ma már teljesen kihalt. A régi modell az volt, hogy egy intézmény teljes számítástechnikai igényét egyetlen gép szolgálta ki. Ezt a modellt felváltotta az, hogy a feladatokat sok-sok különálló, de egymással összekapcsolt számítógép látja el. Az ilyen rendszereket **számítógép-hálózatoknak (computer networks)** nevezzük. Könyvünk ezeknek a hálózatoknak a tervezéséről és kialakításáról szól.

A könyvben a „számítógép-hálózat” kifejezésen mindvégig autonóm számítógépek

összekapcsolt rendszerét értjük. Két számítógépet akkor nevezünk összekapcsoltnak, ha azok információcserére képesek. Az összekapcsolást nem feltétlenül rézhuzallal kell megoldani, ez történhet lézersugárral, mikrohullámmal vagy távközlési műhol-dakkal is. A számítógép autonómiájának megkövetelése miatt vizsgálódásainkból ele-ve kizárjuk azokat a rendszereket, amelyekben egyértelmű mester–szolga viszony fe-dezhető fel. Ha egy számítógép egy másik számítógép vezérlésére képes, tehát pl. el-indulásra, megállásra kényszerítheti azt, akkor az ilyen számítógépeket nem tekintjük autonómnak. Az egyetlen vezérlőegységből és több szolgából álló rendszer nem háló-zat, és ugyanígy nem hálózat egy olyan rendszer sem, amelyben egy erőforrásgéphez nyomtatók és terminálok kapcsolódnak.

A szakirodalomban gyakran összekeverik a számítógép-hálózat és az **elosztott rendszer (distributed system)** fogalmát. Az alapvető különbség a kettő között az, hogy az elosztott rendszerekben a felhasználó számára az autonóm számítógépek transzpa-renszek (tehát nem láthatók). A felhasználó begépel egy parancsot, és a program máris fut. Az már az operációs rendszer dolga, hogy kiválassza a legmegfelelőbb procesz-szort, megtalálja és a kiválasztott processzorhoz továbbítsa a bemeneti fájlokat, vala-mint az, hogy az eredményt a megfelelő helyre eljuttassa.

Magyarán egy elosztott rendszer felhasználója nem tud arról, hogy több processzor is van, neki az egész rendszer egyetlen virtuális processzorként jelenik meg. A mun-kák processzoroknak történő kiosztása, a fájlok hozzárendelése lemezekhez, a fájlok mozgatása a tárolási és a rendeltetési hely között, továbbá minden más rendszerfunk-ció automatikus.

A hálózatoknál a felhasználónak *kifejezetten* be kell jelentkeznie egy gépre, ha azon dolgozni akar, *kifejezetten* el kell indítania egy távoli programot, *kifejezetten* to-vábbítania kell a fájlokat, és a hálózat irányítását általában közvetlenül magának kell végeznie. Egy elosztott rendszerben semmit sem kell kifejezett módon végezni, a rendszer a felhasználó tudta nélkül mindent automatikusan elvéggez.

Az elosztott rendszer tulajdonképpen egy olyan szoftver rendszer, amely egy háló-zat fölül épül, és amelyből a hálózat átlátszóvá válik. Így tehát az elosztott rendszerek és a hálózatok közötti különbség nem a hardverben, hanem a szoftverben (elsősorban az operációs rendszerben) nyilvánul meg.

Ugyanakkor jelentős átfedés van a két dolog között. Például mind az elosztott ren-dszerekben, mind a hálózatokban szükség van fájlok továbbítására. A különbség csak ab-ban rejlik, hogy ki kezdeményezi a továbbítást: a rendszer vagy a felhasználó. Bár ebben a könyvben elsősorban a hálózatokra összpontosítunk, azonban sok minden az elosztott rendszerek témakörében is fontos. Az elosztott rendszerekről bővebben (Coulouris és mások, 1994; Mullender, 1993 és Tanenbaum, 1995) műveiben olvashatunk.

## 1.1. A számítógép-hálózatok használata

Mielőtt a technikai kérdések részletes tanulmányozásába kezdenénk, érdemes egy ki-csít azzal foglalkozni, hogy miért érdekelték az emberek a számítógép-hálózatok al-kalmazásában, és hogy mire is használhatók a hálózatok.

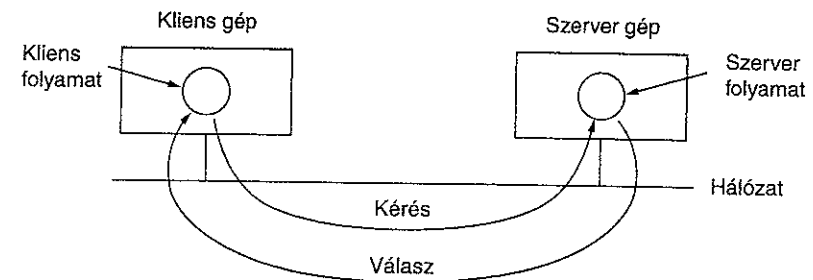
### 1.1.1. Vállalati hálózatok

Sok szervezet rendelkezik nagyszámú, egymástól távol eső helyeken működő számí-tógéppel. Ilyen például egy több üzemből álló vállalat, amely minden egyes üzemében működtet egy árnyilvántartó, termelést felügyelő, valamint bérszámfejtést végző szá-mítógépet. Kezdetben valószínűleg minden számítógép önállóan dolgozott, de aztán egyszer csak valamelyik vállalat vezetése úgy gondolta, hogy a számítógépeket össze-köti annak érdekében, hogy begyűjthesse és összehasonlíthassa az egyes üzemekre vo-natkozó információkat.

Kicsit általánosabban megfogalmazva azt mondhatjuk, hogy a fenti példa probléma az **erőforrás-megosztásra**. Az erőforrás-megosztás célja az, hogy a hálózatban levő programok, adatok és eszközök – az erőforrások és a felhasználók fizikai helyétől füg-getlenül – bárki számára elérhetőek legyenek. Magyarán, ha egy felhasználó története-sen 100 km-re van az általa elérni kívánt adatok fizikai helyétől, akkor pusztán ez a tény ne akadályozza meg abban, hogy az adatokhoz ugyanúgy hozzáférjen, mintha azok helyben lennének. Az előzőekben megfogalmazott célt úgy is mondhatnánk, hogy megkísérlünk véget vetni a „földrajzi távolság zsarnokságának”.

Egy másik cél a **nagyobb megbízhatóság**, amit alternatív erőforrások alkalmazá-sával érhetünk el. Például legyen minden fájl két vagy több gépen is megtalálható, így ha valamelyik fájlhoz nem férünk hozzá az egyik gépen (pl. hardverhiba következté-ben), akkor ugyanannak egy másolatát elérhetjük egy másik gépen. Egyszerre több központi egység (CPU) alkalmazása is növelheti a megbízhatóságot. Az egyik CPU leállása esetén ugyanis a többi még átveheti a kiesőre jutó feladatokat, így a teljes rendszer üzemképes marad, bár igaz, a teljesítmőképessége csökkenni fog. A folyama-tos működés – akár hardverhiba esetén is – kulcsfontosságú a katonai, a banki, a légi irányítási és más egyéb alkalmazásokban.

Egy újabb cél a **takarékosság**. A kis számítógépek sokkal jobb ár/teljesítmény aránnyal rendelkeznek, mint nagyobb testvéreik. Az erőforrásgepek kb. tízszer gyor-sabbak, mint az egyetlen chipből álló mikroprocesszorok, ugyanakkor kb. ezerszeres az áruk. Ez az aránytalanság arra készítette a rendszertervezőket, hogy olyan rendsze-eket építsenek ki, amelyekben minden felhasználónak saját személyi számítógépe van, és az adatokat egy vagy több, közösen használt **szerveren** tárolják. Ebben a mo-



1.1. ábra. A kliens-szerver modell



dellben, a felhasználót **kliensnek** hívják, az ilyen rendszert pedig **kliens-szerver modellnek (client-server model)** nevezik. A kliens-szerver modell az 1.1. ábrán látható.

A kliens-szerver modellben a kommunikáció alapja általában az, hogy a kliens üzenetet küld a szervernek, amelyben valamilyen feladat elvégzését kéri tőle. Miután a szerver elvégezte a feladatot, visszaküld egy válaszüzenetet. Általában sok kliens létezik, és ezek kisszámú szervert használnak.

A hálózatok egy további célja a **skalázhatóság**, tehát annak a biztosítása, hogy a rendszer teljesítményét a terhelés növekedésével oly módon lehessen fokozatosan növelni, hogy újabb processzorokat adunk hozzá. Központi erőforrásgépek esetén általában komoly költséggel és a felhasználók számára kellemetlenséggel jár az, amikor a rendszer telítődik, és emiatt ki kell cserélni a meglévő erőforrásgépet egy nagyobbra. A kliens-szerver modellben szükség szerint növelhető a kliensek és a szerverek száma.

Egy további, egyáltalán nem technológiai jellegű cél az, hogy egymástól nagy távolságra levő alkalmazottak a számítógép-hálózatok segítségével egy hatékony **kommunikációs eszköz** birtokába jussanak, és például könnyen megírhasanak egy közös cikket. Amikor az egyik szerző valamit *on-line* változtat egy szövegen, a többiek azt azonnal látják, és nem kell napokig várniuk a változásokat tartalmazó levélre. Ez a sebességnövekedés olyan helyeken is megkönnyíti az egymástól távol dolgozó csoportok együttműködését, ahol az korábban lehetetlen volt. Hosszabb távon a hálózatok felhasználása az emberek közötti kommunikációban bizonyára sokkal fontosabb lesz az olyan műszaki szempontoknál, mint amilyen a nagyobb megbízhatóság.

### 1.1.2. Közhasznú hálózatok

A számítógép-hálózatok építését kiváltó fent említett összes motiváció lényegében gazdasági és műszaki jellegű. Ha megfizethető áron rendelkezésre állnának elegendően nagy kapacitású és teljesítményű erőforrásgépek, a legtöbb vállalat egyszerűen azokon tartaná összes adatát, és az alkalmazottakat az erőforrásgéphez kapcsolódó terminálok elé ültetné. A 70-es években és a 80-as évek elején a legtöbb vállalat ezt az utat követte. A számítógép-hálózatok akkor váltak népszerűvé, amikor a személyi számítógépekből felépített hálózatok már jóval kedvezőbb ár/teljesítmény aránnyal rendelkeztek, mint az erőforrásgépek.

A 90-es évek elejétől kezdődően a számítógép-hálózatok elkezdtek szolgáltatásokat nyújtani magánszemélyeknek otthon. Ezek a szolgáltatások és a használatukat ösztönző tényezők már egészen mások, mint az előző bekezdésben leírt „vállalati hatékonyság” modell. Az alábbiakban három ilyen tényezőt ismertettünk a legérdekesebbek közül:

1. hozzáférés távoli információkhoz,
2. személyek közötti kommunikáció,
3. interaktív szórakoztatás.

A távoli információkhoz való hozzáférésnek számos formája van. Az egyik ilyen terület, amely már manapság is működik, a pénzügyi intézetekhez való hozzáférés. Sok ember fizeti a számláit elektronikus úton, sokan kezelik a bankszámlájukat vagy a befektetéseiket elektronikusan. Az otthoni vásárlás (home shopping) szintén egyre népszerűbb, mivel ma már több ezer vállalat *on-line* katalógusa tekinthető meg a hálózaton keresztül. Ezek közül néhány hamarosan arra is képes lesz, hogy azonnal lejátszson egy videofilmet arról a termékről, amelyikre rákattintottunk a képernyőn.

Az újságok közvetlenül elérhetővé és személyhez szólóvá válnak. Megmondhatjuk majd egy újságnak, hogy mindent tudni szeretnénk a korrupcióról, a nagy tüzesetektől, híres emberek botrányairól és a járványokról, ugyanakkor a futballról hallani sem akarunk. Éjszaka, amíg alszunk, az újság letöltődik a számítógépünk diszkjére, vagy kinyomtatódik a lézernyomtatónkon. Alacsony fejlettségi szinten ugyan, de ilyen szolgáltatás már létezik. Az újságok, illetve a folyóiratok és a tudományos szaklapok után a következő lépés az *on-line* digitális könyvtár lesz. A könyvméretű notebook számítógépek árát, méretét és súlyát tekintve a nyomtatott könyvek könnyen elavulhatnak. Aki kételkedik ebben, az gondoljon csak bele, hogy milyen következménnyel járt a középkori cirádás kódexekre nézve a könyvnyomtatás kialakulása.

Egy másik alkalmazás, amely szintén ebbe a kategóriába tartozik, az olyan információs rendszerekhez való hozzáférés, mint amilyen a Világháló (World Wide Web). Ez a rendszer rengeteg információt tartalmaz a művészetekről, az üzleti életéről, a főzésről, a kormányról, az egészségről, a történelemlről, a hobbiokról, a szórakozásról, a tudományról, a sportokról, az utazásról, és még számos olyan témáról, amelyeket fel sem tudunk itt mind sorolni.

A fent említett alkalmazások mindegyike egy személy és egy távoli adatbázis közötti párbeszédet foglal magába. A hálózatok alkalmazási lehetőségének a második nagy csoportja a személyek közötti párbeszéd. Ez tulajdonképpen nem más, mint a 21. század válasza a 19. század telefonjára. Az **elektronikus levelet** (e-levelet vagy idegen szóval e-mailt) már ma is sok millió ember használja, és ezek a levelek a szövegen kívül hamarosan hangokat és mozgóképeket is gond nélkül továbbítanak majd. A szagok küldése egy darabig még biztosan nem lesz tökéletes.

A valós idejű elektronikus levelezés lehetővé teszi majd azt, hogy az egymástól távol levő felhasználók késleltetés nélkül tudjanak kommunikálni, és lehetőleg lássák is és hallják is egymást. Ez a technológia virtuális találkozókat, ún. **videokonferenciákat** hozhat létre egymástól távol levő emberek között. Azt szokták mondani, hogy a közlekedés és a távközlés állandóan versenyez egymással, és ha valamelyikük győzne, akkor a másik biztos, hogy elavulna. A virtuális találkozókat sok mindenre lehetne használni: többek közt távoktatásra vagy egy messze levő orvos szakvéleményének megkérdezésére.

A minden elképzelhető témáról beszélgetést folytató világméretű hírcsoportok (newsgroups) közös találkozóhelynek számítanak számtalan azonos érdeklődésű csoport számára. A hírcsoportok száma rohamosan növekszik. Ezek a beszélgetések, amelyek során egy valaki által postázott üzenet a hírcsoport minden előfizetőjéhez eljut, a legkülönbözőbb stílusban folynak a humorostól a türelmetlenig terjedően.

Harmadik kategóriánk a szórakoztatás, amely egy óriási és gyorsan fejlődő iparág. Itt a legkellemetlenebb alkalmazás a hálózati videózás (video on demand), amely az

összes többi alkalmazást ellehetetleníti. Talán egy évtized sem kell hozzá, és lehetővé válik, hogy saját képernyőnkön azonnal megnézhessünk egy bármelyik országban készített, tetszőlegesen régi filmet. Az új filmek interaktívvá válnak, azaz a felhasználó időnként saját maga is megváltoztathatja a történet menetét, amit persze egy minden lehetséges esetre felkészített forgatókönyv tesz lehetővé. Az élő adások szintén interaktívvá válhatnak azáltal, hogy a nézők részt vehetnének vetélkedő műsorokban, vagy hogy kiválaszthatnák a vetélkedő személyeket stb.

Másfelől viszont lehet, hogy mégsem a hálózati videózás lesz a legkellemtlenebb alkalmazás, hanem a játékok. Már vannak valós idejű szimulációs társasjátékok, mint például a bűjőcska egy virtuális bunkerben, vagy egy olyan repülőgép-szimulátor, amelyben az egyik csapatnak le kell lőnie az ellenséges csapat tagjait. Ha mindezt egy speciális szemüveggel és 3 dimenziós, valós idejű, fénykép minőségű mozgóképekkel tesszük, akkor egyfajta világméretű, elosztott virtuális valóságba jutunk.

Röviden arról van szó, hogy az információ, a kommunikáció és a szórakoztatás összekapcsolásának lehetősége bizonyosan előidézi egy számítógép-hálózaton alapuló új és erőteljes iparág kifejlődését.

### 1.1.3. Társadalmi vonatkozások

A hálózatok széles körű megjelenése új társadalmi, etikai és politikai problémákat vet fel (Laudon, 1995). Hadd említsünk meg csak néhányat közülük tekintettel arra, hogy egy alaposabb tanulmány legalább egy teljes könyvet kitenne. Az egyik legnépszerűbb hálózati alkalmazás a hírcsoport vagy hirdetőtábla, ahol a hasonló gondolkodású emberek kicserélhetik véleményüket. Amíg a témák a műszaki dolgokról vagy a hobbiokról, mondjuk, a kertészkedésről szólnak, addig nincs is túl sok probléma.

A gond akkor kezdődik, amikor olyan témákra épül egy hírcsoport, amelyekre az emberek érzékenyek. Ilyen például a politika, a vallás vagy a szex. Az ilyen hírcsoportokban közzétett vélemények mélyen megsérthetnek másokat. Ráadásul az üzenetek nem feltétlenül korlátozódnak csak szövegre. Nagyfelbontású színes fényképeket, de akár még rövid videoklipeket is könnyű a számítógép-hálózaton keresztül elküldeni. Vannak, akik követik az „*élni és élni hagyni*” szemléletet, de vannak olyanok is akik úgy gondolják, hogy bizonyos anyagok (pl. gyermekpornográfia) továbbítása teljesen elfogadhatatlan. Ezért a viták könnyen eldurvulnak.

Voltak, akik beperelték a hálózatok üzemeltetőit, mivel szerintük hasonlóan az újságokhoz és a folyóiratokhoz, ők a felelősek a rajtuk keresztül továbbított anyagok tartalmáért. A nyilvánvaló válasz az volt, hogy a számítógép-hálózat olyan, mint a telefonhálózat vagy a postahivatal, azaz nem várható el tőle, hogy felügyeljen arra, mit mondanak a felhasználók. Ugyanakkor, ha a hálózatok üzemeltetőit arra kényszerítene, hogy cenzúrázzák az üzeneteket, akkor valószínűleg minden olyat kitörölnének, ami alapot adhatna a beperelésükre. Ez viszont sértené a felhasználók szólásszabadságát. Szinte bizonyosak vagyunk afelől, hogy ez a vita még eltart egy darabig.

Egy másik mókás terület az alkalmazottak és a munkaadók ellentétes érdekei. Sokan olvasnak és írnak elektronikus levelet munka közben. Néhány munkaadó követelte magának azt a jogot, hogy elolvashassa és esetleg meg is cenzúrázhassa az alkal-

mazottak üzeneteit, beleértve a munka után, otthoni terminálról elküldött üzeneteket is. Nem minden munkavállaló ért ezzel egyet (Sipior és Ward, 1995).

Még ha a munkaadóknak van is hatalmuk az alkalmazottak felett, jó-e, ha ilyen viszony áll fenn, mondjuk egy egyetem és a diákjai között? Mi lesz így az egyetemistákkal és a középiskolásokkal? 1994-ben a Carnegie-Mellon Egyetemen úgy határoztak, hogy visszafordítják a szexszel foglalkozó hírcsoportokhoz érkező üzeneteket, mivel az egyetem úgy érezte, hogy ezek az anyagok nemkívánatosak a fiatalok számára, azaz 18 évesnél fiatalabb hallgatók számára. Az esemény kapcsán kipattant indulatok még sokáig nem fognak elcsitulni.

A számítógép-hálózatok lehetőséget adnak névtelen levelek küldésére. Bizonyos esetekben ez hasznos. A diákok, a katonák, a beosztottak és az állampolgárok számára lehetővé teszi például azt, hogy nyilvánosságra hozzák a tanárok, a hivatalnokok, a felleteseik vagy a politikusok által elkövetett szabálytalanságokat anélkül, hogy megtorlástól kéne tartaniuk. Ugyanakkor az Egyesült Államokban és sok más demokratikus országban a törvények kifejezetten lehetővé teszik azt, hogy a bíróság előtt a vádlott szembesülhessen a vádlójával. Névtelen vádaskodás nem tekinthető bizonyítéknak.

Összegezve a fentieket elmondható, hogy a számítógép-hálózatok, akár csak a nyomdászat 500 évvel ezelőtt, az átlagpolgárok számára lehetővé teszi, hogy új eszközök segítségével olyanokkal is megoszthassák véleményüket, akikkel eddig nem volt lehetőségük. Ez az újfajta szabadság számos egyelőre megoldatlan társadalmi, politikai és morális problémát vet fel. Ezen problémák megoldását az olvasóra bízuk.

## 1.2. Hálózati hardver

Itt az ideje, hogy figyelmünket a hálózatok alkalmazási és társadalmi vonatkozásai után a hálózattervezés műszaki problémáira irányítsuk. Nincs egy olyan általánosan elfogadott osztályozás, amelybe az összes hálózatot be lehetne sorolni, azonban van két fontosnak tűnő szempont: az átviteli technológia és a méret. A továbbiakban ezt a kettőt vizsgáljuk.

Az átviteli technológiának tágabb értelemben két típusa van:

1. adatszóró hálózatok,
2. kétpontos hálózatok,

Az **adatszóró hálózatok** egyetlen kommunikációs csatornával rendelkeznek, és ezen osztozik a hálózat összes gépe. Ha bármelyik gép elküld egy rövid üzenetet, azt az összes többi gép megkapja. Ezeket a rövid üzeneteket bizonyos körülmények között **csomagoknak (packets)** is szokták hívni. A feladót a csomagon belüli címmezőben lehet megjelölni. Amikor egy gép csomagot kap, megnézi a címmezőt. Ha a csomagot neki szánták, akkor feldolgozza azt, ha pedig nem neki szánták, akkor figyelmen kívül hagyja.

Az analógia kedvéért képzeljük el, hogy valaki egy sokajtós folyosó végén elkiáltja

magát: „Pista, gyere ide! Beszélni akarok veled.” Bár a felszólítást mindenki hallja, mégis csak Pista fog válaszolni. A többiek egyszerűen nem vesznek róla tudomást. Egy másik jó példa az, amikor a repülőtéren felszólítják a 644-es járat utasait, hogy fájradjanak a 12-es kapuhoz.

Az adatszóró rendszerek általában lehetővé teszik, hogy a csomag címezhető legyen egy speciális kód beállításával minden gép megcímezhető legyen. Ha az ilyen kóddal ellátott csomagot elküldjük, akkor a hálózat összes gépe megkapja és feldolgozza azt. Ezt a működési módot **adatszórásnak (broadcasting)** nevezzük. Néhány adatszóró rendszerben arra is lehetőség nyílik, hogy a gépeknek csak egy meghatározott csoportját címezzük meg. Ez a **többsküldés (multicasting)**. A többsküldés jelölésére az egyik lehetséges megoldás az, hogy fenntartunk neki egy bitet az  $n$  bites címzési mezőben. A maradék  $n-1$  címbit pedig azonosíthat egy csoportot. Bármelyik gép „előfizethet” egy tetszőleges csoportra, de akár az összesre is. Ha a csomagot egy adott csoportnak küldjük, akkor azt az összes olyan gép megkapja, amely arra a csoportra előfizetett.

Ellentétben az adatszóró hálózatokkal, a **kétpontos hálózatokban** a gépek párosával kapcsolódnak egymáshoz. Ilyen hálózatban a csomagok egy vagy több közbülső állomás érintésével jutnak el a forrásállomástól a célállomásig. Mivel gyakran több lehetséges útvonal is létezik, és azok hossza különböző lehet, a kétpontos hálózatokban különösen fontos szerep jut a forgalomirányítási algoritmusoknak. Bár vannak kivételek, mégis az általános szabály az, hogy a kisebb, földrajzi helyhez kötött hálózatok inkább adatszóró hálózatok, míg a nagyobb kiterjedésű hálózatok rendszerint két pont közötti összeköttetéseken alapuló hálózatok.

A hálózatokat kiterjedtségük szerint is osztályozhatjuk. Az 1.2. ábra a többprocesszoros rendszerek ilyen csoportosítását mutatja. A legfelső szinten az **adatifolyamgépek (data flow mashines)** találhatóak. Ezekben a számítógépekben számos funkcioná-

Processzorok közötti távolság	Processzorok elhelyezkedése ugyanazon	Példa
0.1 m	Nyomatott áramkörön	Adatifolyamgép
1 m	Rendszerben	Többprocesszoros rendszer
10 m	Szobában	
100 m	Épületben	Lokális hálózat
1 km	Egyetemen	
10 km	Városban	Nagyvárosi hálózat
100 km	Országban	Nagykiterjedésű hálózat
1 000 km	Földrészén	
10 000 km	Bolygón	

1.2. ábra. Összekapcsolt processzorok osztályozása kiterjedés szerint

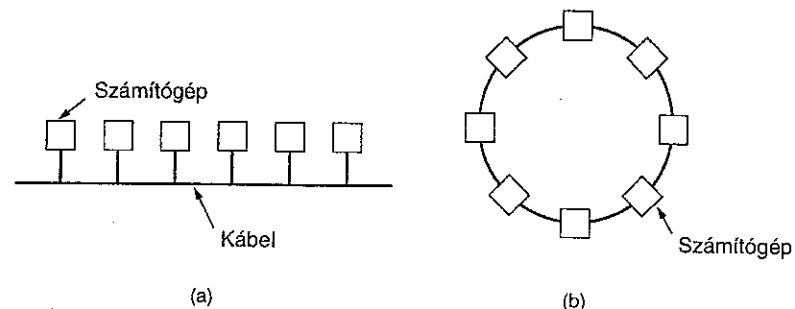
lis elem dolgozik ugyanazon a feladaton, így nagyfokú párhuzamosság jellemzi őket. A következő szint a **több számítógépes rendszerek (multicomputers)**, amelyek nagyon rövid és rendkívül gyors síneken küldenek üzeneteket egymásnak. A több számítógépes rendszerek után jönnek a valódi hálózatok, amelyekben a számítógépek hosszú vezetéseken küldik egymásnak üzeneteiket. A hálózatokat három csoportra oszthatjuk: lokális, nagyvárosi és nagy kiterjedésű hálózatokra. Végül, két vagy több hálózat összekapcsolása esetén pedig összekapcsolt hálózatokról (Internetwork) beszélünk. A hálózat mérete azért fontos osztályozási szempont, mert az áthidalat távolságtól függően különböző műszaki megoldásokat kell alkalmazni. Ebben a könyvben csak a valódi hálózatokkal és azok összekapcsolásával fogunk foglalkozni. A továbbiakban rövid ismertetést adunk a hálózatok hardver eszközeiről.

### 1.2.1. Lokális hálózatok

A **lokális hálózat (Local Area Network, LAN)** olyan magánhálózat, amely egyetlen épületen belül vagy egy legfeljebb néhány száz kilométer kiterjedésű területen található. Széles körben használják őket hivatalokban és gyárakban személyi számítógépek, valamint munkaállomások összekapcsolására, lehetővé téve ezzel a közös erőforrások (pl. nyomtatók) megosztását és az üzenetküldést. A lokális hálózatokat három dolog különbözteti meg a többi hálózattól: (1) a kiterjedésük, (2) az átviteli módjuk és (3) a topológiájuk.

A LAN-ok mérete szigorúan korlátos, így az átviteli idő a legrosszabb esetben is korlátos és előre ismert. Az időkorlát ismerete lehetővé teszi azt, hogy olyan rendszereket valósítsanak meg, amelyek máskülönben nem volnának lehetségesek. Az időkorlát ezen kívül a hálózat felügyeletét is egyszerűbbé teszi.

A LAN-ok gyakran használnak olyan átviteli technikát, amely egyetlen kábelen alapul, és amely kábelre az összes gép rácsatlakozik. Ez hasonlít azokhoz a telefonvonalakhoz, amelyeket régen vidéken használtak. A hagyományos LAN-ok 10 Mb/s és 100 Mb/s közötti sebességgel működnek, kicsi a késleltetésük (néhány száz mikroszekundum), és nagyon keveset hibáznak. Az újabb LAN-ok még nagyobb, eseten-



1.3. ábra. Két adatszóró hálózat: (a) Sínen. (b) Gyűrűn

ként több száz Mb/s-os sebességgel működnek. Ebben a könyvben követjük azt a hagyományt, hogy a vonali sebességet megabit/másodpercben (Mb/s), és nem pedig megabájtmásodpercben (MB/s) adjuk meg. Esetünkben egy megabit az 1 000 000 bitet és nem  $1\,048\,576$  ( $2^{20}$ ) bitet jelent.

Az adatszóró LAN-ok különféle topológiával rendelkezhetnek. Az 1.3. ábra kettőt mutat ezek közül. A sín topológiájú hálózatban bármelyik gép lehet master és küldhet üzenetet. A többi gépnek ezalatt tartózkodnia kell az üzenetküldéstől. Abban az esetben, ha egyszerre két vagy több gép is adni szeretne, akkor ezt a konfliktust valamilyen vezérlési mechanizmussal fel kell oldani. A vezérlési mechanizmus lehet központosított vagy elosztott. Az IEEE 802.3-es szabvány – vagy népszerűbb nevén az **Ethernet<sup>TM</sup>** – például egy sín topológiájú, elosztott vezérlésű hálózatot definiál, amelynek sebessége 10 Mb/s vagy 100 Mb/s. Egy Ethernet hálózatban levő számítógép bármikor adhat, ha azonban két vagy több csomag ütközik, akkor mindkét számítógépnek várni kell véletlen hosszú ideig az újraátvitel megkezdéséig.

Az adatszóró rendszerek második típusa a gyűrű topológiájú LAN. A gyűrűben minden egyes bit a saját sebességével halad, és nem várja meg a csomagjához tartozó többi bitet. Tipikus jelenség az, hogy az egyes bitek olyan rövid idő alatt érnek körbe a gyűrűn, hogy azalatt csak néhány újabb bitet lehet elküldeni, vagyis gyakran a teljes csomag elküldése előtt körbeérnek. Akárcsak más adatszóró rendszereknél, a gyűrű topológiájú hálózatok esetén is szükség van valamilyen vezérlésre a többszörös hozzáférés miatt. Erre különböző módszereket használnak, amelyeket később be is mutatunk. Ilyen például az IEEE 802.5 szabvány szerinti (az IBM vezérelt gyűrű) 4 Mb/s-os és 16 Mb/s-os sebességű, népszerű, gyűrű topológiájú LAN.

Az adatszóró hálózatokat két csoportra oszthatjuk aszerint is, hogy a csatornahozzárendelés hogyan megy végbe. Ez alapján megkülönböztetünk statikus és dinamikus hálózatokat. A statikus lefoglalás egyik tipikus esete az, amikor diszkrét időintervallumokat definiálunk körforgó prioritással. Ennél a megoldásnál minden gép csak akkor küldhet adatszórással üzenetet, amikor elérkezett az ő időszellete. Ha egy gépnek nincs továbbítandó üzenete a neki szánt időszelate alatt, akkor a csatorna kihasználatlanul marad. Emiatt a legtöbb rendszer inkább a csatornák dinamikus (azaz kérés alapján történő) hozzárendelésével próbálkozik.

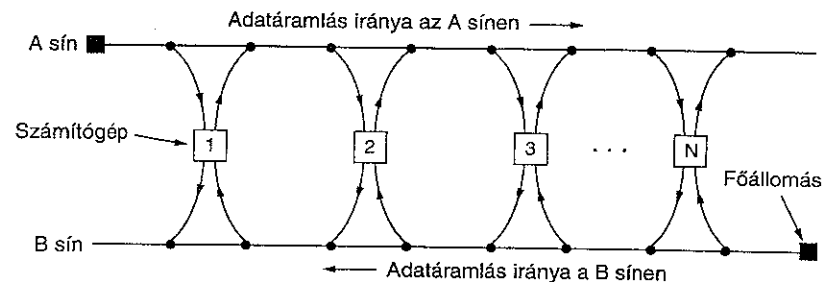
A közös csatorna dinamikus hozzárendelésekor központosított és elosztott módszerek léteznek. Centralizált csatornahozzárendelés esetén mindig van egy olyan egység – például egy sínvezérlő egység –, amely meghatározza, hogy ki adhat a következőnek. Egyik lehetséges módja ennek, hogy miután megkapta a kéréseket, valamilyen belső algoritmus alapján hoz döntést. Elosztott csatornahozzárendelés esetén nincs központi egység, hanem mindegyik gépnek magának kell eldöntenie, hogy ad-e vagy sem. Azt gondolhatnánk, hogy ez folyton káoszt eredményez, pedig még sincs így. A későbbiekben látni fogunk olyan algoritmusokat, amelyeket arra találtak ki, hogy káoszvesztély esetén rendet teremtsenek.

A lokális hálózatok másik típusa két pont közötti összeköttetésekből épül fel, azaz meghatározott gépeket külön vezetékkel kapcsolnak össze. Az ilyen LAN-ok miniatűr nagy kiterjedésű hálózatok. Ezekről később lesz szó.

## 1.2.2. Nagyvárosi hálózatok

A **nagyvárosi hálózat (Metropolitan Area Network, MAN)** lényegében a lokális hálózat nagyobb változata, és általában hasonló technológiára épül. Összeköthet egymáshoz közel fekvő vállalati irodákat vagy akár egy egész várost. Lehet magánhálózat vagy nyilvános hálózat. A MAN támogatja mind az adat-, mind a hangátvitelt, sőt még a helyi kábeltelevízió-hálózatokhoz is kapcsolódhat. Az egy- vagy kétkábeles MAN nem tartalmaz kapcsolóelemeket, amelyek a csomagokat a lehetséges kimeneti vonalak közül valamilyen módon továbbítanák. Az, hogy nem kell kapcsolni, leegyszerűsíti a tervezést.

A MAN-okat azért soroljuk mégis külön kategóriába, mert kidolgoztak számukra egy szabványt, amelyet mostanában implementálnak. Ez a hálózat a **DQDB (Distributed Queue Dual Bus)**, vagy aki jobban szereti a számokat, mint a betűket, azoknak az IEEE 802.6. A DQDB két egyirányú sínből (kábelből) áll, ezekhez csatlakozik valamennyi számítógép, ahogy mindez az 1.4. ábrán is látható. Mindkét sín rendelkezik egy főállomással (head-end), amely az átviteli tevékenységeket kezdeményezi. A küldőtől jobbra eső gépeknek szánt üzenetek a felső sínt, az attól balra levő gépeknek szánt üzenetek pedig az alsó sínt használják.



1.4. ábra. A DQDB nagyvárosi hálózat architektúrája

A MAN-ok esetében kulcsfontosságú az, hogy legyen egy olyan adatszóró közeg (a 802.6 esetén ez két kábel jelent), amelyhez az összes gép csatlakozni tud. Ez ugyanis nagymértékben leegyszerűsíti a tervezést a többi hálózatokhoz képest. A DQDB-vel részletesebben is foglalkozunk majd a 4. fejezetben.

## 1.2.3. Nagy kiterjedésű hálózatok

A **nagy kiterjedésű hálózat (Wide Area Network, WAN)** nagy földrajzi kiterjedésű területeket, általában egy országot vagy egy földrészt fed le. Olyan gépeket foglal magába, amelyeket felhasználói (azaz alkalmazói) programok futtatására terveztek. Ezeket a gépeket a hagyományoknak megfelelően **hosztoknak (hosts)** fogjuk nevezni, bár a szakirodalomban a **végrendszer (end system)** kifejezés is előfordul néha. A hosztokat egy **kommunikációs alhálózat (communication subnet)** vagy röviden **alhálózat**

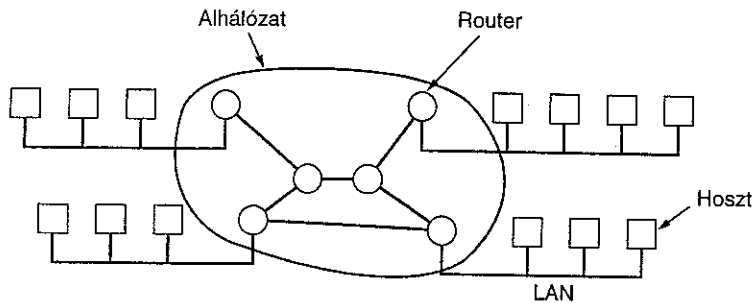
kapcsolja össze. Az alhálózat feladata az, hogy továbbítsa az üzeneteket a hosztok között, hasonlóan ahhoz, ahogy a telefonhálózat továbbítja a szavakat a beszélő és a hallgató között. Azáltal, hogy a hálózat kommunikációs oldalát (alhálózat) és alkalmazási oldalát (hoszt) szétválasztjuk, nagymértékben leegyszerűsödik a hálózat tervezése.

A legtöbb nagy kiterjedésű hálózatban az alhálózat két különböző komponensből áll: az átviteli vonalakból és a kapcsolóelemekből. Az átviteli vonalak (más néven **áramkörök**, **csatornák** vagy **trónkók**) a biteket szállítják a számítógépek között.

A kapcsolóelemek olyan speciális számítógépek, amelyeket két vagy több átviteli vonal összekapcsolására használnak. Amikor adatok érkeznek az egyik bejövő vonalon, a kapcsolóelemnek ki kell választania egy kimenő vonalat, hogy azokat továbbítsa. Sajnos ezeknek a számítógépeknek az elnevezésére még nem alakult ki egységes terminológia. Többek közt **csomagkapcsoló csomópontnak (packet switching node)**, **közbülső rendszernek (intermediate system)** és **adatkapcsoló berendezésnek (data switching exchanges)** is hívják őket. A kapcsolóként működő számítógépeket mi a továbbiakban **routernek** nevezzük, de az olvasónak tudnia kell, hogy nincs egyetértés az elnevezés tekintetében. Az 1.5. ábrán látható modellen a hosztok általában olyan LAN-hoz kapcsolódnak, amelyen router is van. Bizonyos esetekben egy hoszt közvetlenül a routerhez is kapcsolódhat. Az átviteli vonalak és a routerek (nem pedig a hosztok) együttesen alkotják az alhálózatot.

Az „alhálózat” kifejezéssel kapcsolatban érdemes egy kis kitérőt tennünk. A szó eredetileg csak az átviteli vonalakat és routereket jelentette, amelyek a forrásállomás és a célállomás közötti forgalomban vettek részt. Aztán évekkel később kialakult egy másik jelentése is a hálózati címmel összefüggésben, amellyel az 5. fejezetben foglalkozunk majd. Emiatt ez a kifejezés nem egyértelmű. Sajnos az eredeti jelentésére nézve nem alakult ki széles körben elterjedt elnevezés, így némi gondolkodás után végül úgy döntöttünk, hogy mindkét esetben ezt a kifejezést fogjuk használni. A szövegekörnyezetből ugyanis mindig egyértelműen ki fog derülni, hogy melyik jelentésről van szó.

A legtöbb nagy kiterjedésű hálózat számtalan kábelt és telefonvonalat tartalmaz, és azok mindegyike egy router-párhoz kapcsolódik. Ha két olyan router akar egymással kommunikálni, amelyek nincsenek egyetlen vonallal közvetlenül összekötve, akkor ezt csak közvetett módon, további routerek segítségével tehetik meg. Amikor egy

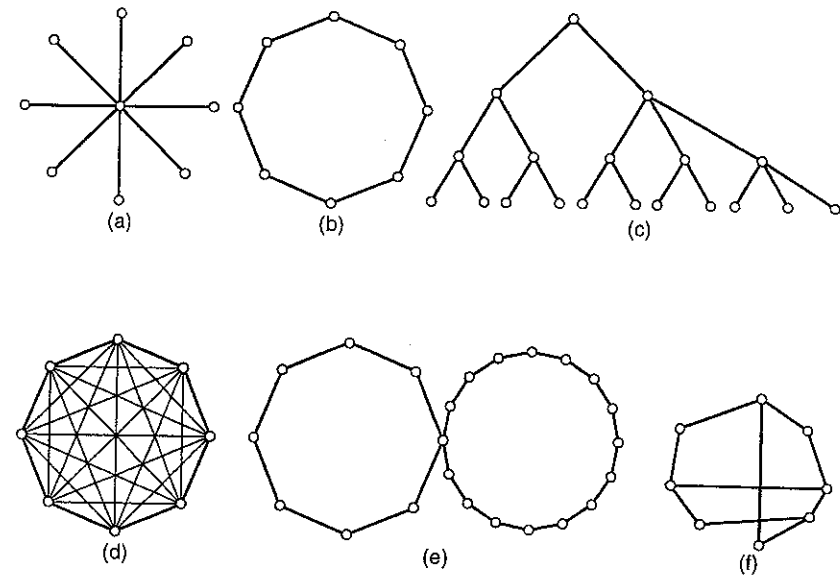


1.5. ábra. A hosztok és az alhálózat közötti kapcsolat

router egy vagy több közbülső routeren keresztül küld el egy csomagot egy másik routernek, akkor mindegyik közbülső router megvárja a teljes csomagot, tárolja azt, amíg a megfelelő kimeneti vonal szabaddá nem válik, majd azon továbbküldi a csomagot. Az ilyen alhálózatot **két pont közötti (point-to-point)**, **tárol-és-továbbít (store-and-forward)** vagy **csomagkapcsolt (packet-switched)** alhálózatnak nevezzük. Szinte az összes nagy kiterjedésű hálózat (kivéve a műholdas hálózatokat) tárol-és-továbbít típusú alhálózattal rendelkezik. Abban az esetben, ha a csomagok rövidek és azonos méretűek, gyakran **celláknak (cells)** is nevezik őket.

A tárol-és-továbbít típusú alhálózatok esetén fontos tervezési kérdés, hogy a routerek milyen topológia szerint kapcsolódjanak. Néhány lehetséges topológia az 1.6. ábrán látható. Az ily módon tervezett lokális hálózatok rendszerint szimmetrikus topológiával rendelkeznek. Ellentétben velük, a nagy kiterjedésű hálózatoknak tipikusan szabálytalan topológiájuk van.

A nagy kiterjedésű hálózatok másik jelentős csoportja a műholdas vagy földi rádiós rendszerek. Ezekben a rendszerekben minden routernek antennája van, amelyen keresztül adni és venni tud. A műhold kimenő adását minden router hallja, de az is előfordul, hogy egy router a szomszédos routerek műholdnak szánt adásait is hallja. Van-e esetek, amikor a routerek olyan alhálózathoz kapcsolódnak, amelyben csak néhány router rendelkezik műholdas antennával. A műholdas hálózatok ennek megfelelően adatszóró rendszerek, és akkor a leghasznosabbak, amikor az adatszórás lehetősége fontos szempont.



1.6. ábra. Néhány lehetséges két pont közötti alhálózati topológia. (a) Csillag. (b) Gyűrű. (c) Fa. (d) Teljesen összekötött. (e) Egymást metsző gyűrűk. (f) Szabálytalan

#### 1.2.4. Vezeték nélküli hálózatok

A hordozható számítógépek, mint például a notebookok és a menedzserkalkulátorok (personal digital assistants, PDA), a számítástechnikai iparág leggyorsabban fejlődő területéhez tartoznak. Ezeknek az eszközöknek a tulajdonosai közül soknak van olyan számítógépe, amely valamilyen munkahelyi lokális vagy nagyvárosi hálózatra kapcsolódik, ezért akkor is szeretnének a hálózathoz hozzáférni saját eszközeikkel, amikor távol vannak az otthonuktól, vagy éppen utaznak valahova. Mivel az autókban és a repülőgépeken a vezetékös összeköttetés nem megoldható, komoly érdeklődés alakult ki a vezeték nélküli hálózatok iránt. Ebben a bekezdésben erről a témáról lesz szó. (Megjegyzés: bekezdés alatt a könyv három számjeggyel jelölt alfejezeteit értjük. Ilyen pl. az 1.2.4.)

A digitális vezeték nélküli kommunikáció tulajdonképpen nem új ötlet. Már 1901-ben Guglielmo Marconi olasz fizikus bemutatott egy olyan vezeték nélküli távirót, amely a Morse-kódot használta hajóról a szárazföldre küldött távirataihoz. (A pontok és a vonalak tulajdonképpen digitális jeleknek tekinthetők.) A mai digitális, vezeték nélküli rendszerek ennél ugyan jóval hatékonyabbak, de a lényegük továbbra is ugyanaz. Ezekről a rendszerekről további részleteket tudhatunk meg az alábbi szerzők műveiből: Garg és Wilkes, 1996; Pahlavan és mások, 1995.

A vezeték nélküli hálózatokat sok helyen lehet alkalmazni. Az egyik legelterjedtebb alkalmazás a hordozható iroda. Az úton levő emberek gyakran szeretnének a saját kis hordozható elektronikus eszközükkel telefonálni, faxot vagy e-levelet küldeni, távoli fájlokat elolvasni, bejelentkezni egy távoli gépre stb., és ezt akár a tengerről, akár egy repülőgépről is szeretnék megtenni.

A vezeték nélküli hálózatoknak nagy jelentősége van az áru fuvarozásnál, a taxisásnál, a tömegközlekedésben és a szervizelésnél, mivel lehetővé teszi a központtal való folyamatos kapcsolattartást. Nagy segítséget jelent a mentőosztagok számára azokon a katasztrófa (tűzvész, árvíz, földrengés stb.) sújtotta területeken, ahol a telefonhálózat megrongálódott.

Végül a vezeték nélküli hálózatok fontos szerepet játszanak a hadseregben is. Ha gyorsan meg kell vívniuk egy háborút valahol a nagyvilágban, akkor nem igazán jó ötlet a helyi hálózati infrastruktúrára támaszkodni. Érdemesebb odavinni a sajátunkat.

Bár a vezeték nélküli hálózatok és a mobil számítástechnika szorosan kapcsolódnak egymáshoz, azért nem teljesen ugyanaz a kettő. Az 1.7. ábrán példákat is látha-

Vezeték nélküli	Mobil	Alkalmazás
Nem	Nem	Telepített irodai munkaállomások
Nem	Igen	Hordozható számítógép egy szállodában; vonatkarbantartás
Igen	Nem	LAN a régi, kábelezetlen épületekben
Igen	Igen	Hordozható iroda; PDA árnyílvántartáshoz

1.7. ábra. A vezeték nélküli hálózatok és a mobil számítástechnika társítása

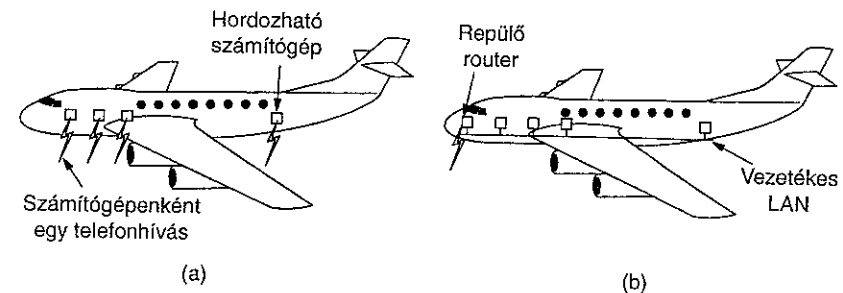
tunk erre. Hordozható számítógépek néha vezetéken keresztül kommunikálnak. Ilyen az a hordozható számítógép, amit az utazó a szállodai szobájában levő telefonaljzathoz csatlakoztathat. Ez tehát hordozható, mégsem vezeték nélküli. Egy másik példa az olyan hordozható számítógép, amelyet valaki egy vonat műszaki ellenőrzése céljából visz magával. Ilyenkor az illető egy hosszú kábelt húz maga után (porszívó modell).

Másfelől viszont vannak olyan vezeték nélküli számítógépek, amelyek nem hordozhatók. Érdemes megemlíteni azt az esetet, amikor egy vállalat egy olyan régebbi épülettel rendelkezik, amelyben nincs kialakítva hálózat, és mégis össze szeretnének kapcsolni a bent levő számítógépeket. Egy vezetékös LAN kiépítése valamivel drágább volna, mint megvenni egy kisméretű elektronikus berendezést, és felszerelni néhány antennát. Ez a megoldás olcsóbb lehet, mint az épület bekábelezése.

Igaz ugyan, hogy egy vezeték nélküli LAN kiépítése egyszerű, azonban vannak neki hátrányai is. A sebességük tipikusan 1-2 Mb/s, ami jóval kisebb, mint a vezetékös LAN-oké. A hibarány általában szintén sokkal magasabb, és a különböző számítógépek zavarhatják egymás adásait.

De természetesen léteznek valódi mobil, vezeték nélküli alkalmazások is, amelyek között a hordozható irodától kezdve az áruházban PDA-val leltározó dolgozókig sok minden megtalálható. Számos nagy forgalmú repülőtérén az autókölcsönző ügyintézője vezeték nélküli számítógép segítségével veszi át a gépkocsikat a parkolóban. A visszahozott autó rendszámát begépezi a hordozható számítógépbe, amely felhívja a központi számítógépet, lekérdezi a kölcsönzésre vonatkozó információkat, majd egy beépített nyomtató segítségével a helyszínen kinyomtatja a számlát. A valódi mobil számítógépekről további részletek találhatóak az alábbi szerzők műveiben: Forman és Zahorjan, 1994.

A vezeték nélküli hálózatoknak számos változata van. Néhány egyetemen már felszereltek olyan antennákat, amelyek lehetővé teszik a diákok számára, hogy akár a parkban ülve is kapcsolatba kerülhessenek a könyvtár katalógusával. Ebben az esetben a számítógépek közvetlenül egy vezeték nélküli LAN-on keresztül kommunikálnak, természetesen digitális formában. Egy másik lehetőség a hagyományos analóg modemmel kombinált celluláris (azaz hordozható) telefon. Egyre több városban jelenik meg a **celluláris datagram szolgálat (Cellular Digital Packet Data, CDPD)**. Ezt a 4. fejezetben tanulmányozzuk részletesebben.



1.8. ábra. A mobil kommunikáció változatai. (a) Önálló mobil számítógépek. (b) Repülő LAN

Végül arra is lehetőség nyílik, hogy különböző módon ötvözzük a vezetékes és a vezeték nélküli hálózatokat. Az 1.8.(a) ábrán például olyan repülőgépet láthatunk, amelyen az utasok egy része modemet és fedélzeti telefont használ ahhoz, hogy felhívja az irodáját. A hívások teljesen függetlenek egymástól. Az 1.8.(b) ábrán egy sokkal hatékonyabb megoldást láthatunk, ami nem más, mint egy repülő LAN. Ezen a repülőn minden ülés mellett található egy Ethernet csatlakozás, amelyhez az utasok a számítógépüket csatlakoztathatják. A repülőn van egy router is, amely állandó rádiókapcsolatot tart fenn a földi routerekkel. Ahogy a gép halad, mindig más routerrel kerül kapcsolatba. Ez a konfiguráció tulajdonképpen egy hagyományos LAN, leszámítva azt, hogy a külvilággal nem vezetéken keresztül, hanem rádióhullámú összeköttetéssel tartja a kapcsolatot.

A legtöbben azt hiszik, hogy a hordozható számítógépek jelentik a jövőt, azonban van, akinek erről más a véleménye. Bob Metcalfe, az Ethernet megalkotója ugyanis a következőket írta: „A vezeték nélküli mobil számítógép olyan, mint a lefolyó nélküli, mozgó fürdőszoba és WC. Megtalálhatók lesznek a közlekedési eszközökön, az építkezéseken és a rockkoncerteken. Én mégis azt tanácsolom, hogy húzasson ki egy kábelt a lakásához, és maradjon otthon.” (Metcalfe, 1995). Vajon sokan fogják követni Metcalfe javaslatát? Az idő majd eldönti.

### 1.2.5. Összekapcsolt hálózatok

A világon számos hálózat létezik, és ezek hardvere, valamint szoftvere sok esetben eltér egymástól. Azok a felhasználók, akik egy adott hálózathoz kapcsolódnak, gyakran szeretnének más hálózatokhoz kapcsolódó felhasználókkal is kommunikálni. Ez az igény váltotta ki a különböző, egymással sokszor nem kompatibilis hálózatok összekapcsolását, amit általában egy **átjárónak (gateway)** nevezett számítógép segítségével valósítanak meg. Az átjáró feladata az, hogy két hálózat között biztosítsa az átjárhatóságot mind hardver, mind szoftver szempontjából. Az ily módon összekapcsolt hálózatokat együttesen **internetworknek** vagy röviden **internetnek** hívjuk.

Az internet nem más, mint a lokális hálózatoknak egy olyan csoportja, amelyet egy nagy kiterjedésű hálózat fog össze. Ha az 1.5. ábrán semmi mást nem változtatnánk meg azon kívül, hogy az „alálózat” feliratot kicserélnénk „WAN”-ra, akkor az ábra tulajdonképpen egy **internetet** ábrázolna. Az egyetlen különbség az alálózat és a nagy kiterjedésű hálózat között az, hogy a nagy kiterjedésű hálózatban vannak hosztok, az alálózatban pedig nincsenek. Amennyiben a folytonos görbe vonallal határolt rendszerben csak routerek vannak, akkor az egy alálózat. Ha viszont a routereken kívül felhasználókkal rendelkező hosztok is vannak benne, akkor az viszont már egy nagy kiterjedésű hálózat.

A félreértések elkerülése érdekében felhívjuk az olvasó figyelmét arra, hogy az „internet” szót ezentúl mindig általános értelemben fogjuk használni. Ezzel szemben az **Internet** (nagy kezdőbetűvel) azt a világméretű internetet jelöli, amely az egyetemeket, a kormányhivatalokat, a vállalatokat – és hamarosan a magánszemélyeket is – összeköti. Mind az internetről, mind pedig az Internetről később még bőven lesz szó ebben a könyvben.

Az alálózatot, a hálózatot és az összekapcsolt hálózatot (internetwork) gyakran összekeverik. Az alálózat a nagy kiterjedésű hálózatok esetén a routerek és az átviteli vonalak együttesét jelenti. Az alálózat a hálózat üzemeltetőjének a tulajdonát képezi. Ilyen üzemeltető például az America Online vagy a CompuServe. A számítógép-hálózatokhoz hasonlóan, a telefonhálózatban is vannak nagy sebességű vonalak, amelyek a telefonközpontokat kötik össze, és vannak kis sebességű vonalak, amelyekre a lakások és a cégek vannak rákötve. Ezek a vonalak és központok a telefontársaság tulajdonát képezik, és az felügyeli a működésüket. A telefonhálózatban az átviteli vonalak és a telefonközpontok alkotják az alálózatot. A telefonkészülékek, akárcsak a hosztok, nem képezik részét az alálózatnak. Az alálózat és a hosztok együttesen hálózatot alkotnak. LAN-ok esetén a kábel és a hosztok alkotják a hálózatot, így ezekben egyáltalán nincs alálózat.

Összekapcsolt hálózatról akkor beszélünk, amikor különböző hálózatokat kapcsolunk össze. A mi szemszögünkben nézve összekapcsolt hálózat az is, amikor egy LAN-t és egy WAN-t, illetve amikor két LAN-t kapcsolunk össze, azonban ezen a területen a szakmában még nem alakult ki egyetértés az elnevezéseket illetően.

## 1.3. Hálózati szoftver

Az első számítógép-hálózatoknál a legfőbb tervezési szempont a hardver volt, és csak azután jött a szoftver. Ez a módszer ma már nem működik. A hálózati szoftverek nagymértékben strukturálódtak. A következő alfejezetekben a szoftverek strukturálási módját fogjuk részletesen megvizsgálni. Az itt leírt módszer kulcsfontosságú a könyv további részei szempontjából, és többször is vissza fogunk még térni rá.

### 1.3.1. Protokollhierarchiák

Annak érdekében, hogy csökkentsék a hálózatok bonyolultságát, a legtöbb hálózatot **rétegekbe (layers)** vagy **szintekbe (levels)** szervezik. Minden réteg vagy szint az alatta levőre épül. A rétegek száma, neve, tartalma és funkciója minden hálózatban más és más. Az egyes rétegek célja viszont minden hálózatban az, hogy a felettük levő réteg számára szolgáltatásokat nyújtson oly módon, hogy közben a szolgáltatások implementálásának részleteit azok elől elrejtse.

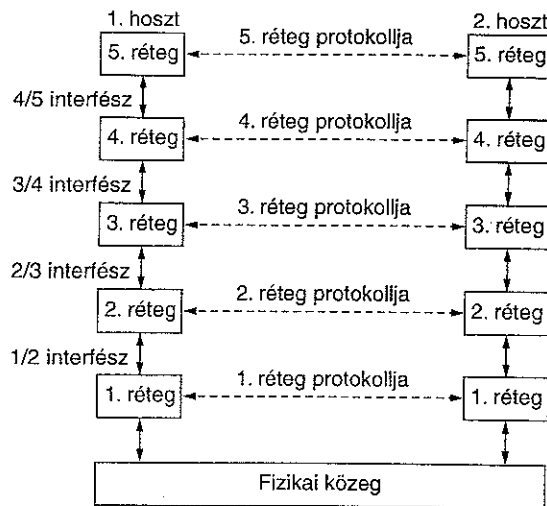
Az egyik gép  $n$ -edik rétege párbeszédet folytat egy másik gép  $n$ -edik rétegével. A párbeszéd írott és íratlan szabályait együttesen az  $n$ -edik réteg **protokolljának (protocol)** nevezzük. A protokoll lényegében olyan megállapodás, amely az egymással kommunikáló felek közötti párbeszéd szabályait rögzíti. Egy analóg példával élve, amikor egy nő bemutatnak egy férfinak, akkor a nőn múlik, hogy kinyújtja-e a kezét, a férfi pedig eldöntheti, hogy kezét fog vele, vagy pedig kezét csókol neki. Hogy mi történik, az attól függ, hogy a hölgy egy üzleti tárgyaláson részt vevő amerikai ügyvédnő, vagy egy bálon megjelenő európai hercegnő. A protokoll megsértése nagyban megnehezítené, sőt akár lehetetlenné is tudná tenni a kommunikációt.

Az 1.9. ábrán egy ötrétegű hálózatot láthatunk. Azokat az entitásokat, amelyeket a különböző gépek azonos rétegei tartalmaznak, **társentitásoknak (peers)** nevezzük. Más szóval a társentitások azok az entitások, amelyek a protokoll segítségével kommunikálnak egymással.

A valóságban az egyik gép  $n$ -edik rétegéből az adatok nem közvetlenül jutnak át egy másik gép  $n$ -edik rétegébe, hanem valamilyen vezérlő információval kiegészítve mindegyik réteg közvetlenül az alatta levőnek továbbítja az adatokat egészen addig, amíg azok a legalsó rétegig el nem jutnak. Az első réteg alatt a **fizikai közeg (physical medium)** található, amelyen a valódi kommunikáció zajlik. Az 1.9. ábrán a virtuális kommunikációt szaggatott vonalakkal, a fizikai kommunikációt pedig folytonos vonalakkal jelöltük.

Az egymással szomszédos rétegek között **interfész (interface)** található. Az interfész azt definiálja, hogy az alacsonyabban levő réteg milyen elemi műveleteket és szolgáltatásokat nyújt a magasabban levő réteg számára. Amikor a hálózattervezők eldöntik, hogy hány réteget tartalmazzon egy hálózat, és hogy mi legyen az egyes rétegek feladata, akkor a legfontosabb szempont az, hogy a rétegek közötti interfész minél világosabb legyen. Ehhez persze az szükséges, hogy minden réteg jól definiált feladatokkal rendelkezzen. Ezenkívül, ha a rétegek között átadandó információk mennyiségét a lehető legkisebbre csökkentjük, akkor a tiszta és egyszerű interfészek nagyban megkönnyítik egy adott réteg implementációjának lecserélését egy teljesen új implementációra (pl. amikor a telefonhálózatot felváltjuk műholdas csatornákkal), ugyanis az új implementációval szemben csak annyi az elvárás, hogy pontosan ugyanazokat a szolgáltatásokat nyújtsa a felette levő rétegnek, mint az előző implementáció.

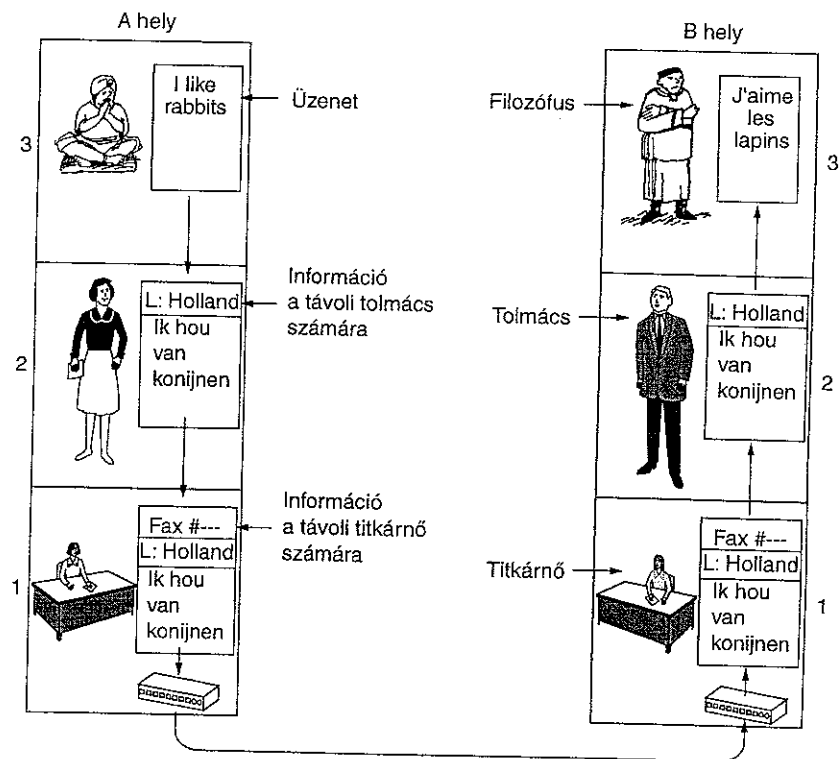
A rétegek és protokollok halmazát **hálózati architektúrának (network architecture)** nevezzük. Az architektúra specifikációjának elegendő információt kell tartal-



1.9. ábra. Rétegek, protokollok és interfészek

maznia ahhoz, hogy az implementálást végző szakember minden réteghez meg tudja írni a programot, illetve meg tudja építeni a hardvert úgy, hogy az helyesen alkalmazza a megfelelő protokollt. Az implementáció részletei és az interfészek specifikációja nem része az architektúrának, mivel ezek a gép belsejében rejtve maradnak, tehát kívülről nem láthatók. Az sem szükséges, hogy a hálózat összes gépén ugyanazok az interfészek legyenek, feltéve, hogy az összes gép helyesen használja a protokollokat. Ha egy adott rendszerben minden réteg egyetlen protokollal rendelkezik, akkor a rendszer protokolljainak összességét **protokollkészletnek (protocol stack)** nevezzük. A hálózati architektúrák, a protokollkészletek és maguk a protokollok alkotják a könyv leglényegesebb témáit.

A következő analógia talán segít a többréteges kommunikáció elvének megértésében. Képzeljünk el két filozófust (ők a 3. réteg társfolyamatai), akik közül az egyik urdu nyelven és angolul beszél, a másik pedig kínaiul és franciául. Mivel nincs közös nyelvük, ezért mindkettőjük egy-egy tolmácsot alkalmaz (ők a 2. réteg társfolyamatai). Mindkét tolmácsnak van egy titkárnője (ők az 1. réteg társfolyamatai). Az 1-es filozófus az *oryctolagus cuniculus* iránti ragaszkodását szeretné kifejezni a társának.

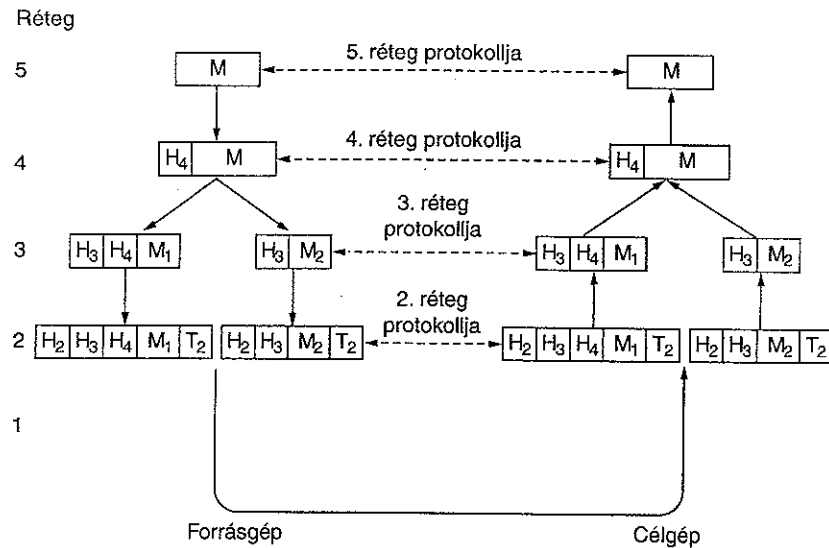


1.10. ábra. A filozófusból, tolmácsból és titkárnőből álló architektúra



Ahhoz, hogy ezt megtehesse, elküld egy üzenetet (angolul) a 2/3 interfészen keresztül a tolmácsának, ahogy ez az 1.10. ábrán is látható. Az üzenet tartalma a következő: „Szeretem a nyulakat.” A tolmácsok megegyeztek egy semleges nyelvben, a hollandban, így tehát az üzenet a következőképpen hangzik: „Ik hou van konijnen.” A nyelv megválasztása a 2. réteg protokolljának a feladata, és kizárólag ennek a rétegnek a társfolyamataitól függ. A tolmács ezek után átadja az üzenetet a titkárnőnek, hogy továbbítsa azt, mondjuk faxon (1. réteg protokollja). Amikor a másik félhez megérkezik az üzenet, akkor azt lefordítják franciára, majd pedig tovább kerül a 2/3 interfészen keresztül a 2-es filozófushoz. Vegyük észre, hogy az egyes protokollok teljesen függetlenek egymástól, amennyiben az interfészek nem változnak. A tolmács hollandról átválthat mondjuk finnre, ha akar, feltéve, hogy megegyeztek benne, és egyikük sem változtatja meg az interfészt az 1. vagy a 3. réteg felé. Hasonlóképpen, a titkárnők fax helyett e-levelet vagy telefont is használhatnak anélkül, hogy megzavarnák (sőt anélkül, hogy egyáltalán tájékoztatnák) a többi réteget. További információkat mind-egyik folyamat csak a saját társfolyamatának küldhet. Ezek az információk már nem jutnak el az eggyel magasabb réteghez.

Nézzünk meg most egy sokkal inkább műszaki jellegű példát. A kérdés az, hogy hogyan tegyük lehetővé a kommunikációt az 1.11. ábrán látható ötrétegű hálózat legfelső rétege számára. Az 5. rétegben egy alkalmazói folyamat létrehoz egy üzenetet (jelöljük ezt  $M$ -mel), majd átadja a 4. rétegnek, hogy továbbítsa azt. A 4. réteg az üzenet azonosítása céljából egy **fejrészt (header)** illeszt az üzenet elejére, és továbbadja a 3. rétegnek. A fejrész vezérlő információkat tartalmaz, ami lehet például az üzenet



H: fejrész (header); M: üzenet (message); T: farokrész (tailer)

1.11. ábra. Példa az 5. réteg virtuális kommunikációját megvalósító információáramlásra

sorszáma is. Ha az alacsonyabb rétegek nem foglalkoznak az üzenetek sorrendben történő továbbításával, akkor a sorszámozás lehetőségét biztosít arra, hogy a 4. réteg mégis a helyes sorrendben kaphassa meg az üzeneteket. Egyes rétegeknél a fejrészben méret, idő és más vezérlési információk is megtalálhatók.

A 4. réteg által elküldött üzenetek mérete sok hálózatban tetszőlegesen nagy lehet, ugyanakkor a 3. réteg protokollja szinte minden hálózatban meghatároz egy maximális üzenethosszt. Következésképpen a 3. rétegnek kisebb egységekre, csomagokra kell bontania a felülről hozzá érkező üzeneteket, és minden csomagot ki kell egészítenie egy fejrésszel. Példánkban az  $M$  üzenetet két részre osztottuk:  $M_1$ -re és  $M_2$ -re.

A 3. réteg kiválasztja a megfelelő kimeneti vonalat, majd továbbadja a csomagot a 2. rétegnek. A 2. réteg nem csak fejrészt, hanem egy farokrészt (trailer) is hozzácsatol a csomaghoz, és az így kapott egységet adja át az 1. rétegnek a fizikai továbbítás céljából. A vevő oldalon az üzenet rétegről rétegre felfelé halad, miközben a fejrészek leválnak róla. Az  $n$ -edik réteg alatti rétegek fejrészei sosem juthatnak el az  $n$ -edik rétegig.

Az 1.11. ábrán látható rajz kapcsán a legfontosabb az, hogy megértsük a különbséget a virtuális és a valódi kommunikáció, illetve a protokoll és az interfész között. Például a 4. réteg társfolyamatai a saját kommunikációjukat következetesen „horizontális”-nak tekintik, hiszen a 4. réteg protokollját használják. Valószínűleg mindkét folyamatnak van egy *KüldésATúloldalra* és egy *VételATúloldalról* nevű eljárása még akkor is, ha valójában nem közvetlenül egymással, hanem a 3/4 interfészen keresztül az alsóbb rétegekkel kommunikálnak.

A társfolyamat-absztrakció alapvetően fontos a hálózat tervezéséhez. Ez teszi ugyanis lehetővé, hogy a teljes hálózat megtervezésének átláthatatlanul bonyolult feladatát több kisebb, jól kezelhető tervezési feladatra osszuk, azaz, hogy az egyes rétegeket külön-külön tervezhessük meg.

Bár az 1.3. alfejezet címe „Hálózati szoftver”, érdemes megjegyezni, hogy a protokoll hierarchia alacsonyabb szintjeit gyakran hardvereszközökkel vagy firmware-rel valósítják meg. Még bonyolult algoritmusokat is implementálnak hardverben.

### 1.3.2. A rétegek tervezési kérdései

A számítógép-hálózatok tervezésének legfontosabb kérdéseivel több réteg is foglalkozik. Az alábbiakban a legfontosabbak közül emelünk ki néhányat.

Minden rétegben kell lennie egy olyan mechanizmusnak, amely egy üzenet küldőjét és vevőjét azonosítja. Mivel a hálózatokban általában sok számítógép van összekötve, és a számítógépek között akad olyan is, amelyiken egyszerre több folyamat fut, ezért a folyamatoknak minden gépen szükségük van egy olyan eszközre, amely megmondja nekik, hogy kivel akarnak párbeszédet folytatni. Miután több célállomás is szóba jöhet, szükség van valamilyen címzésre annak érdekében, hogy meghatározzuk a célállomást.

A tervek elkészítésekor az adatok továbbításának szabályaival is foglalkozni kell. Vannak olyan rendszerek, amelyek az adatokat csak egy irányban szállítják (**szimplex átvitel**). Más rendszerekben az adatok időben váltakozva mindkét irányban mozoghatnak (**fél-duplex átvitel**). Végül vannak olyan rendszerek is, amelyekben az adatok

egyszerre mindkét irányban továbbíthatók (**duplex átvitel**). A protokollnak meg kell tudnia határozni, hogy az összeköttetés hány logikai csatornának felel meg, és hogy azok milyen prioritással rendelkeznek. A legtöbb hálózat összeköttetésenként legalább két logikai csatornával rendelkezik, amelyek közül az egyiket a rendes adatok használják, a másikat pedig a sürgős adatok.

A hibavédelem szintén fontos kérdés, ugyanis a fizikai átvitelt megvalósító áramkörök nem tökéletesek. Számos hibajelző és hibajavító kódolás létezik, de a két oldalnak meg kell egyeznie abban, hogy ezek közül melyiket használja. Ezenkívül a vevőnek azt is meg kell tudnia mondani az üzenetek küldőinek, hogy melyik üzenetet kapta meg jól, és melyiket hibásan.

Nem minden kommunikációs csatorna tartja meg a rajtuk elküldött üzenetek eredeti sorrendjét. Tekintettel arra, hogy az üzenetek sorrendje megváltozhat, a protokollnak külön gondoskodnia kell arról, hogy a vevőnek legyen lehetősége az üzenetek helyes sorrendbe történő visszarendezésére. Az egyik magától értetődő megoldás az, hogy az üzeneteket sorszámokkal látjuk el.

Kérdés az is, hogy az egyes szinteken hogyan akadályozzuk meg azt, hogy a gyorsabban adó gépek elárasszák adatokkal a lassabban vevőket. Ennek elkerülésére különböző módszereket dolgoztak ki, amikről később lesz szó. Egy részük a vevő és az adó közötti visszacsatoláson alapul, ami a vevő állapotától függően lehet közvetett vagy közvetlen. Más módszerek lényege az, hogy valamilyen megállapodás alapján korlátozzák az adó átviteli sebességét.

Sok szinten további megoldandó problémát jelent az, hogy nem minden folyamat képes tetszőlegesen hosszú üzeneteket fogadni. Ez a tény olyan mechanizmusokat tett szükségessé, amelyek szétarabolják, továbbítják, majd újra összerakják az üzeneteket. Idetartozik az a kérdés is, hogy mit lehet tenni abban az esetben, amikor egy folyamat olyan kisméretű adategységek egyenkénti továbbításához ragaszkodik, amelyek mellett az átvitel egyáltalán nem lenne hatékony. Erre egy lehetséges megoldás az, hogy összegyűjtjük a sok kis üzenetet, és egy nagyméretű üzenet formájában küldjük el őket a közös célállomásnak, majd a vonal másik végén szétszedjük a hosszú üzenetet.

Ha kényelmetlen vagy drága minden párbeszédet folytató folyamatpár számára külön összeköttetést létrehozni, akkor az alacsonyabb rétegek ugyanazt az összeköttetést több, egymástól független párbeszéd lebonyolításához is felhasználhatják. Amennyiben a multiplexelés és a demultiplexelés transzparens módon megoldható, akkor bármelyik réteg használhatja azt. A fizikai rétegben például szükség is van multiplexelésre, mivel ott az összeköttetések teljes forgalma legfeljebb néhány fizikai vonalon bonyolítódik le.

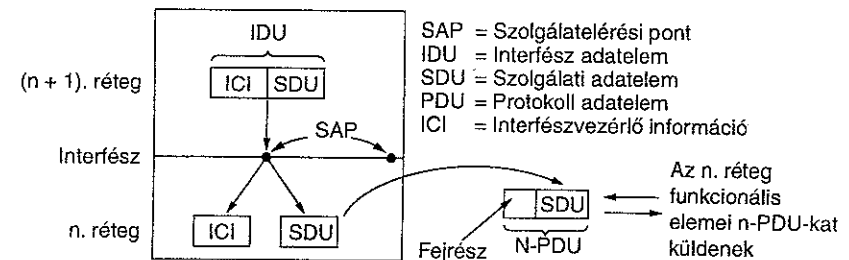
Amikor egy forrásállomás és egy célállomás között több lehetséges útvonal is létezik, akkor valahogyan ki kell választani az egyiket. Az útvonal kiválasztását általában két vagy több réteg végzi. Ha például Londonból Rómába akarunk adatokat küldeni, akkor az államérdéktől függően egy magasabb szintű döntésre van szükség ahhoz, hogy az adatok Németországon vagy Franciaországon keresztül menjenek-e, illetve egy alacsonyabb szintű döntésnek pedig azt kell megmondania, hogy az aktuális forgalom intenzitása mellett melyik lehetséges útvonalon továbbítódjanak az adatok.

### 1.3.3. Interfészek és szolgálatok<sup>1</sup>

Az egyes rétegek feladata az, hogy szolgálatokat nyújtsanak a felettük levő rétegnek. Ebben a bekezdésben pontosan és részletesen megmagyarázzuk, hogy mi a szolgálat, de előtte még tekintsük át a téma legfontosabb kifejezéseit.

Az egyes rétegekben levő aktív elemeket általában **entitásoknak (entities)** vagy funkcionális elemeknek nevezzük. Egy entitás lehet szoftver-entitás (mint például egy folyamat), vagy hardver-entitás (mint például egy intelligens B/K chip). Az azonos rétegben, de különböző gépeken levő entításokat **társentításoknak (peer entities)** nevezzük. Az  $n$ -edik réteg entitásai az  $(n + 1)$ -edik réteg számára nyújtanak szolgálatokat. Ebben az esetben az  $n$ -edik réteget **szolgáltatónak (service provider)**, míg az  $(n + 1)$ -edik réteget **szolgáltatfelhasználónak (service user)** nevezzük. Az  $n$ -edik réteg a saját szolgálataihoz az  $(n - 1)$ -edik réteg szolgálatait veszi igénybe. A nyújtott szolgálatokat különböző osztályokba sorolhatjuk: ilyen például a gyors és drága, vagy a lassú és olcsó kommunikáció.

A szolgálatokat a **szolgáltatelési pontokon (Service Access Points, SAP)** keresztül lehet igénybe venni. Az  $n$ -edik réteg szolgáltatelési pontjai azok a helyek, ahol az  $(n + 1)$ -edik réteg igénybe veheti a rendelkezésére álló szolgálatokat. Minden szolgáltatelési pontot egyértelműen azonosít egy cím. Például telefonhálózat esetén a szolgáltatelési pontok a fali csatlakozók, amikhez a telefonkészüléket csatlakoztatni lehet, a szolgáltatelési pontok címei pedig a telefonszámok. Ahhoz, hogy valakit felhívjunk, ismernünk kell a szolgáltatelési pontjának a címét (azaz a telefonszámát). Levélküldés esetén a szolgáltatelési pont címe a levélcím vagy a postafiók száma. Ha el akarunk küldeni egy levelet, tudnunk kell a címzett szolgáltatelési pontjának a címét (azaz a postai címét).



1.12. ábra. A rétegek közötti kapcsolat egy interfészen

Ahhoz hogy két réteg között információcsere valósulhasson meg, az szükséges, hogy előzőleg megegyezzenek az interfész szabályait illetően. Egy tipikus interfész esetén az  $(n + 1)$ -edik réteg entitása a szolgáltatelési ponton keresztül átad egy **interfész adategységet (Interface Data Unit, IDU)** az  $n$ -edik réteg entitásának, ahogy ez az 1.12. ábrán is látható. Az IDU valamilyen vezérlő információból és egy **szolgálati**

<sup>1</sup> A lektor megjegyzése: Az angol *service* szónak a magyar nyelvben számítógépes és kommunikációs környezetben mind a szolgálat, mind a szolgáltatás megfelelője használatos.

adategységéből (Service Data Unit, SDU) áll. Az SDU olyan információ, ami a hálózaton keresztül előbb a társentításhoz jut, majd az  $(n + 1)$ -edik réteghez kerül. A vezérlő információ az eggyel alacsonyabb réteg munkáját segíti (például megadja az SDU-ban levő bájtok számát), de magának az adatnak nem része.

Az SDU továbbítása érdekében az  $n$ -edik réteg entitása az SDU-t több részre darabolhatja szét, és fejrészsel ellátva egyenként elküldheti az egyes darabokat. Az így kialakított adategységeket **protokoll adategységeknek (Protocol Data Units, PDU)** nevezzük. Ilyen protokoll adategység például a csomag. A protokoll adategységek fejrészét a társentítések használják fel. Ezekből tudják meg, hogy mely protokoll adategységek tartalmaznak adatot, melyek vezérlési információt, melyek sorszámozást stb.

### 1.3.4. Összeköttetés alapú és összeköttetés nélküli szolgálatok

A rétegek két különböző szolgálatot nyújthatnak a felettük levő rétegek számára: összeköttetés alapú és összeköttetés nélküli szolgálatot. Ebben a bekezdésben ezt a két szolgáltatást vizsgáljuk meg, és ismertetjük a kettő közötti különbségeket is.

Az **összeköttetés alapú szolgálat (connection-oriented service)** a távbeszélőrendszerrel modellezhető. Ahhoz, hogy valakivel beszélni tudjunk, fel kell emelnünk a telefonkagylót, tárcsázni kell a számot, ezután beszélgethetünk, majd végül le kell tennünk a telefont. Hasonló módon, egy összeköttetés alapú hálózati szolgálat igénybevételehez a szolgálatot igénybe vevő felhasználó először létrehozza az összeköttetést, majd felhasználja, végül pedig lebontja azt. Az összeköttetés lényege az, hogy úgy működik, mint egy cső: az adó a cső egyik végén belerakja a dolgokat (biteket), a vevő pedig a másik végén ugyanabban a sorrendben kiveszi azokat.

Ezzel szemben az **összeköttetés nélküli szolgálat (connectionless service)** a levél-továbbító postai rendszerrel modellezhető. Minden egyes üzenet (levél) rendelkezik egy teljes célcímmel, és minden üzenet az összes többitől független útvonalon továbbítódik. Ha két üzenetet küldünk ugyanarra a címre, akkor általában az ér oda előbb, amelyiket előbb küldtük el. Persze az is lehetséges, hogy az elsőnek elküldött üzenet annyit késik, hogy a második ér oda előbb. Egy összeköttetés alapú szolgálat esetén ez teljesen elképzelhetetlen.

Minden szolgálat jellemezhető egy **szolgálati minőséggel (quality of service)**. Vannak megbízható szolgálatok, amelyek sosem vesztenek el adatot. Egy megbízható szolgálatot rendszerint úgy valósítanak meg, hogy a vevőnek minden megkapott üzenetet nyugtáznia kell, így a küldő biztos lehet abban, hogy az üzenet megérkezett. A nyugtázási folyamat pluszidőt és késleltetést jelent, ami legtöbbször megéri, de persze van, amikor nemkívánatos.

A megbízható összeköttetés alapú szolgálat egyik tipikus alkalmazása a fájlátvitel (file transfer). A fájl tulajdonosa biztos szeretne lenni abban, hogy az összes bit rendben megérkezik, és ráadásul ugyanabban a sorrendben, ahogy elküldte. Kevés olyan felhasználó van, aki fájlátvitelnél olyan szolgálatot részesítene előnyben, amelyik időnként összekever vagy elveszt néhány bitet. Még akkor sem vennének igénybe olyat, ha az sokkal gyorsabb lenne.

A megbízható összeköttetés alapú szolgálatoknak két altípusa van: az üzenetsoro-

zat és a bájtfolym. Az első esetben megmaradnak az üzenethatárok. Ha elküldünk két 1 KB-os üzenetet, akkor azok mindig két különálló 1 KB-os üzenet formájában érkeznek meg, és sohasem egy 2 KB-os üzenetként. (Megjegyzés: a KB kilobájtot jelent, a kb pedig kilobitelt.) A második esetben viszont az összeköttetés egyszerűen csak egy bájtfolym, és nincsenek üzenethatárok. Ha egy 2 KB-os üzenet érkezik a vevőhöz, akkor sehogya sem tudja megállapítani, hogy azt két 1 KB-os üzenet, egy 2 KB-os üzenet vagy 2048 egybájtos üzenet formájában küldték-e el. Ha egy könyv oldalait a hálózaton egyenként, külön üzenetek formájában küldjük el egy fényesedő gépre, akkor fontos, hogy megmaradjanak az üzenethatárok. Amikor viszont egy terminálról távoli bejelentkezést hajtunk végre egy időosztásos rendszerbe, akkor csak arra van szükségünk, hogy a terminálunkról a számítógépbe jusson egy bájtfolym.

Mint korábban már említettük, bizonyos alkalmazások esetén a nyugtázásból adódó késleltetés elfogadhatatlan. Ilyen alkalmazás például a digitalizált hangok átvitele. A telefonon beszélgetők számára sokkal inkább elfogadható az, hogy egy kis zajt halljanak a vonalon, vagy néha egy-egy szónak csak egy töredékét hallják, mint az, hogy a nyugtázások miatt késleltetés jelenjen meg a vonalon. Egy másik jó példa erre az, amikor videofilmet továbbítunk. Ilyenkor néhány hibás pixel nem jelent problémát, viszont annál idegesítőbb, amikor a film a képhibák kijavítása miatt folyton megakad.

Nem minden kapcsolat igényel összeköttetést. Például az elektronikus levelezés elterjedése vajon hátrébe szorítja-e a sok elektronikus kacetlevelet? Az elektronikus kacetleveleket küldő felhasználók valószínűleg nem akarnak azzal küszködni, hogy minden egyes levél elküldésekor felépítsenek, majd lebontsanak egy összeköttetést. Még csak a 100%-os kézbesítési arány sem fontos, különösen akkor nem, ha még drágább is. Csak arra van szükség, hogy egy olyan lehetőség nyíljon az üzenetek elküldésére, ami nagy valószínűséggel célba juttatja azokat, de erre garanciát nem vállal. A nem megbízható (tehát nem nyugtázott) összeköttetés nélküli szolgálatot gyakran **datagram szolgálatnak (datagram service)** is hívják a távirat analógiájára, amelynél szintén nem lehet nyugtát küldeni a feladónak.

Vannak olyan esetek, amikor kényelmesebb az, ha nem létesítünk összeköttetést egy rövidebb üzenet továbbításához, de a megbízhatóság alapvető fontosságú. Ezekben az esetekben **nyugtázott datagram szolgálatot (acknowledged datagram service)**

	Szolgálat	Példa
Összeköttetés alapú	Megbízható üzenetfolym	Könyvlapok sorozata
	Megbízható bájtfolym	Távoli bejelentkezés
	Megbízhatatlan összeköttetés	Digitalizált hang
Összeköttetés nélküli	Megbízhatatlan datagram	Elektronikus kacetlevelezés
	Nyugtázott datagram	Tértivevényes levélküldés
	Kérés-válasz	Adatbázis-lekérdezés

1.13. ábra. Hat különböző típusú szolgálat

Primitív	Jelentés
Kérés	Egy funkcionális elem azt akarja, hogy a szolgáltató tegyen valamit
Bejelentés	A szolgáltató tájékoztatja a funkcionális elemet egy eseményről
Válasz	A funkcionális elem válaszolni akar egy eseményre
Megerősítés	Egy funkcionális elem korábbi kérésére adott válasz megérkezett, és erről tájékoztatja őt a szolgáltató

1.14. ábra. A szolgálatprimitívek négy osztálya

érdemes igénybe venni, ami olyan, mint a tértivevényes levélkézbesítés. Amikor a feladó megkapja a tértivevényt, akkor teljesen biztos lehet abban, hogy a levelet kikézbcsítették a címzettnek, és nem veszett el útközben.

Egy újabb szolgálat a **kérés-válasz szolgálat (request-reply service)**. Ennél a szolgálatnál az adó datagram formájában elküld egy kérést, amire érkezik a válasz. Ebben a kategóriába tartozik például az, amikor a helyi könyvtár adatbázisából lekérdezzük azt, hogy hol beszélnek az *uighur* nyelvet. A kérés-válasz szolgálatot általában a kliens-szerver modellben használják: a kliens kér valamit, a szerver pedig válaszol a kérésre. Az eddig tárgyalt szolgálat típusokat az 1.13. ábrán látható táblázatban foglaltuk össze.

### 1.3.5. Szolgálatprimitívek

A szolgálatot formálisan olyan **primitívek (primitives)**, azaz **elemi műveletek (operations)** halmazával írhatjuk le, amelyek a szolgálatot elérhetővé teszik a felhasználó vagy más entitások számára. Ezek a primitívek utasítják a szolgáltatót arra, hogy hajtsa végre egy feladatot, vagy számoljon be egy társentítés tevékenységéről. A szolgálatprimitívek osztályozásának egyik lehetséges módját az 1.14. ábrán láthatjuk, ahol négy osztályba soroltuk őket.

A primitívek használatának megértéséhez gondoljunk végig, hogy hogyan épül fel és bomlik le egy összeköttetés. A kezdeményező entitás generál egy `CONNECT.request` primitívet, ami egy csomag elküldését eredményezi. A vevő entitás ennek hatására kap egy `CONNECT.indication` bejelentést, ami arról tájékoztatja, hogy valahol egy entitás összeköttetést kezdeményezett. Az az entitás, amelyik a `CONNECT.indication` jelzést kapta, válaszol egy `CONNECT.response` primitívvel, amivel azt mondja meg, hogy elfogadja vagy visszautasítja a kért összeköttetést. Bármelyiket is választja, a `CONNECT.request` primitívet kibocsátó entitás a `CONNECT.confirm` primitív tájékoztatása alapján megtudja a választ.

A primitíveknek lehetnek paramétereik, és a legtöbbnek van is. A `CONNECT.request` paramétere azonosíthatja az összeköttetésre kiválasztott gépet, és megadhatja a kívánt szolgálat típusát vagy például az összeköttetés során megengedett maximális üzenethosszt. A `CONNECT.indication` paramétere között szerepelhet például a hívó fél azonosítója, a kívánt szolgálat típusa vagy a javasolt maximális üzenethossz. Ha a hívott entitás nem ért egyet a javasolt maximális üzenethosszal, akkor előterjeszthet egy újabb javaslatot a saját *response* primitívjében, amiről a hívó felet az *confirm* primitívje tá-

jékoztatja. Ennek az **egyeztetésnek (negotiation)** a részleteit a protokoll tartalmazza. Például a maximális üzenethosszt érintő két ellentétes javaslat esetén a protokoll megmondhatja, hogy ilyenkor mindig a kisebb értéket kell választani.

Ami a terminológiát illeti, gondosan kerüljük az olyan kifejezéseket, mint „megnyitni egy összeköttetést” vagy „lezárni egy összeköttetést”, ugyanis a villamosmérnökök számára a „nyitott áramkör” valamiféle szakadást jelent. Az elektromos áram csak „zárt áramkör” esetén folyhat. A számítástechnikával foglalkozó szakemberek sosem fogják elfogadni azt, hogy az információ egy zárt áramkörben áramoljon. Annak érdekében, hogy mindkét tábor megnyugodhasson, a „felépít egy összeköttetést” és a „lebont egy összeköttetést” kifejezéseket fogjuk használni.

A szolgálat lehet **megerősített (confirmed)** vagy **megerősítetlen (unconfirmed)**. Megerősített szolgálat esetén van *request*, *indication*, *response* és *confirm* primitív. Megerősítetlen szolgálat esetén csak *request* és *indication* primitív van. A `CONNECT` mindig egy megerősített szolgálat, mivel a távoli társfolyamattal meg kell egyezni az összeköttetés felépítéséről. Az adatátvitel viszont lehet megerősített és megerősítetlen is attól függően, hogy a küldőnek szüksége van-e nyugtára. A hálózatokban mindkét típusú szolgálatot használni szokták.

Annak érdekében, hogy a szolgálat fogalmát pontosabban megértjük, vizsgáljunk meg egy nyolc szolgálatprimitívből álló, egyszerű összeköttetés alapú szolgálatot. A szolgálatprimitívek a következők:

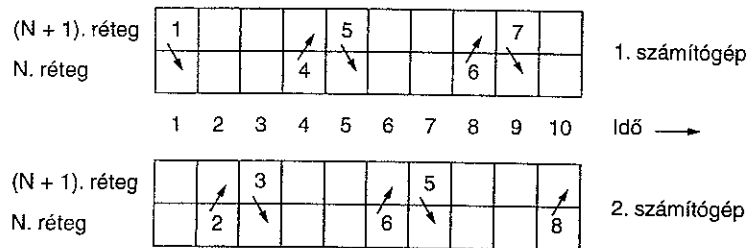
1. `CONNECT.request` – összeköttetés létesítésére irányuló kérés.
2. `CONNECT.indication` – a kérés bejelentése a hívott fél számára.
3. `CONNECT.response` – az összeköttetés elfogadása/elutasítása a hívott fél részéről.
4. `CONNECT.confirm` – a hívó fél tájékoztatása az összeköttetés elfogadásáról/elutasításáról.
5. `DATA.request` – adatküldés kérése.
6. `DATA.indication` – adat megérkezésének bejelentése.
7. `DISCONNECT.request` – az összeköttetés lebontására irányuló kérés.
8. `DISCONNECT.indication` – az összeköttetés lebontására vonatkozó kérés bejelentése a hívott fél számára.

Ebben a példában a `CONNECT` egy megerősített szolgálat (amelyre kifejezetten válaszolni kell), míg a `DISCONNECT` egy megerősítetlen szolgálat (nincs szükség válaszra).

Talán hasznos, ha a primitívek használatára bemutatunk egy olyan példát is, amely a távbeszélőrendszerrel analóg. A következő példában nézzük meg lépésről lépésre, hogy hogyan hívjuk meg telefonon Mari nénit egy teadélutánra.

1. CONNECT.request – tárcsázzuk Mari néni telefonszámát.
2. CONNECT.indication – kicsöng a telefonja.
3. CONNECT.response – felveszi a telefont.
4. CONNECT.confirm – halljuk, hogy véget ér a csöngetés.
5. DATA.request – meghívjuk a teadélutánra.
6. DATA.indication – hallja a meghívásunkat.
7. DATA.request – örömmel elfogadja a meghívást.
8. DATA.indication – halljuk, hogy elfogadja a meghívást.
9. DISCONNECT.request – letesszük a telefont.
10. DISCONNECT.indication – hallja, hogy letesszük a telefont, és ő is leteszi.

Az 1.15. ábra ugyanezt a lépéssorozatot ábrázolja, csak éppen szolgálatprimitívек sorozatával, ami többek közt az összeköttetés lebontásának a végső megerősítését is tartalmazza. Minden lépés két szomszédos réteg közötti kölcsönhatást takar. Az egyik oldalon végrehajtott *request* és a *response* primitívек kis késleltetéssel *indication*, illetve *confirm* primitívекet indítanak el a másik oldalon. Példánkban a szolgálatfelhasználók (mi és Mari néni) az  $(N + 1)$ -edik rétegben vannak, míg a szolgáltató (a távbeszélőrendszer) az  $N$ -edik rétegben van.



1.15. ábra. Ahogyan Mari néni meghívjuk a teadélutánra. A nyílak végénél levő számok a szövegben tárgyalt nyolc szolgálatprimitívекet jelölik

### 1.3.6. A szolgálatok kapcsolata a protokollokkal

A szolgálat és a protokoll, különböző fogalmak, mégis gyakran összekeverik őket. A kettő közötti különbség nagyon fontos, ezért ismételtelen szeretnénk azt kihangsúlyozni. A *szolgálat* nem más, mint olyan primitívек (elemi műveletek) halmaza, amelyet egy adott réteg a felette levő rétegek számára biztosít. A szolgálat azt definiálja, hogy egy réteg a felhasználó nevében milyen műveleteket képes végrehajtani, de arról nem mond semmit, hogy mindezt hogyan kell implementálni. A szolgálat két szomszédos réteg közötti interfésszel kapcsolatos, ahol az alsó réteg a szolgáltató, a felső réteg pedig a szolgálat felhasználója.

Ezzel szemben a *protokoll* olyan szabályok halmaza, amelyek azt mondják meg, hogy milyen legyen a formátuma, és mi legyen a jelentése azoknak a kereteknek, csomagoknak és üzeneteknek, amelyeket egy adott rétegen belül a társentítások küldözgetnek egymásnak. Az entitások a protokollokat használják arra, hogy a szolgálatdefiniciókat implementálják. Ha akarják, szabadon megváltoztathatják a protokolljaikat, feltéve, hogy a felhasználó számára látható szolgálatok ettől nem változnak meg. Ily módon a szolgálatot és a protokollt teljesen ketté lehet választani.

Érdeemes egy összehasonlítást tenni a programozási nyelvekkel. A szolgálat olyan, mint egy absztrakt adattípus vagy egy objektum egy objektumorientált nyelvben. Definiálja azokat a műveleteket, amelyeket az objektumon végre lehet hajtani, de nem mondja meg, hogy a műveleteket hogyan kell implementálni. A protokoll a szolgálat *implementációjának* felel meg, és mint ilyen, láthatatlan a szolgálatot igénybe vevő számára.

Sok régebbi protokoll nem tett különbséget a szolgálat és a protokoll között. Ezekben egy tipikus réteg akár egy olyan SEND PACKET szolgálatprimitívекkel is rendelkezhet volna, amelyet a felhasználónak egy teljesen összeállított csomagra mutató pointer biztosít. Ez azt jelenti, hogy a protokoll minden változása azonnal látható volt a felhasználó számára. A legtöbb hálózattervezéssel foglalkozó szakember az ilyen protokollokat nagy baklövésnek tartja.

## 1.4. Hivatkozási modellek

Most, hogy elvonatkoztatott módon megismertük a rétegekből álló hálózatokat, elérkezett az idő, hogy megvizsgáljunk néhány konkrét példát. A következő két bekezdésben két fontos hálózati architektúrát láthatunk majd: az egyik az OSI hivatkozási modell, a másik pedig a TCP/IP hivatkozási modell.

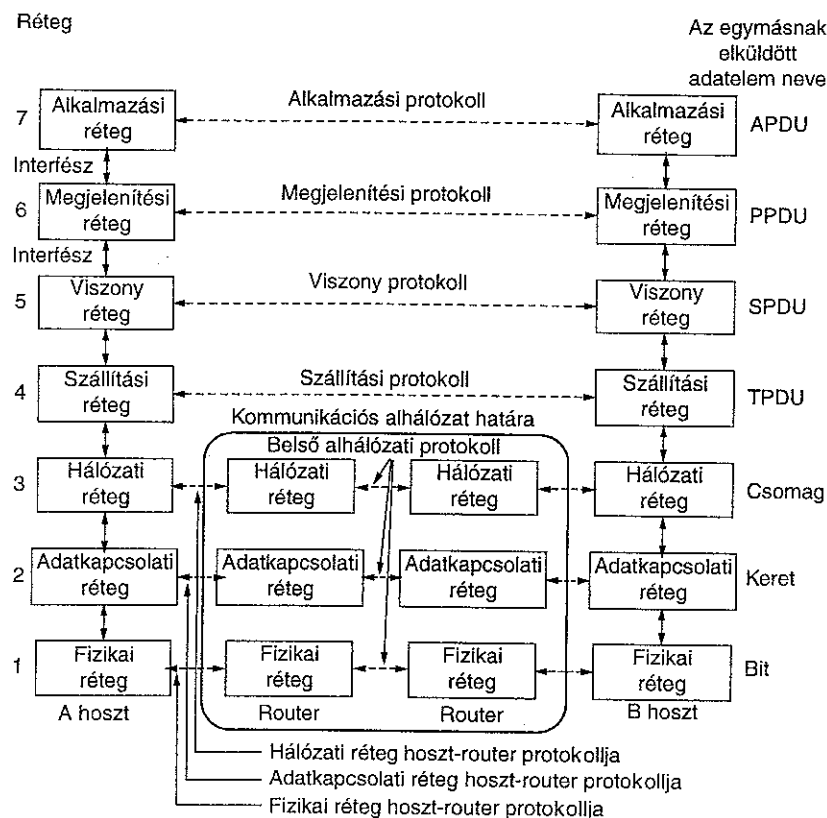
### 1.4.1. Az OSI hivatkozási modell

Az OSI hivatkozási modell – az átviteli közeg ábrázolása nélkül – az 1.16. ábrán látható. Ez a modell a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (International Standards Organization, ISO) ajánlásán alapul, és a különböző rétegekben használt protokollok

nemzetközi szabványosítása terén az első lépésnek tekinthető (Day és Zimmermann, 1983). Ezt a modellt hivatalosan **ISO OSI (Open System Interconnection)** hivatkozási modellnek nevezik, mivel nyílt rendszerek összekapcsolásával foglalkozik. A nyílt rendszerek olyan rendszerek, amelyek képesek más rendszerekkel való kommunikációra. Az egyszerűség kedvéért mi csak OSI modellnek nevezzük a továbbiakban.

Az OSI modellnek hét rétege van. A hét rétegre történő felosztás elvei a következők voltak:

1. A rétegek különböző absztrakciós szinteket képviseljenek.
2. Minden réteg jól definiált feladatot hajtson végre.
3. A rétegek feladatának definiálásakor a nemzetközileg szabványosított protokollokat kell figyelembe venni.



1.16. ábra. Az OSI hivatkozási modell

4. A rétegek határait úgy kell meghatározni, hogy a rétegek közötti információcsere minimális legyen.
5. A rétegek számának elég nagyoknak kell lenni ahhoz, hogy eltérő feladatok ne kerüljenek szükségtelenül ugyanabba a rétegbe, viszont elég kicsinek kell lenni ahhoz, hogy az architektúra ne váljon kezelhetetlenné.

A továbbiakban a modell egyes rétegeit fogjuk egyenként bemutatni úgy, hogy a legelsővel kezdjük. Ne felejtjük el, hogy az OSI modell nem hálózati architektúra, mivel nem specifikálja az egyes rétegek által használt szolgálatokat és a protokollokat. Csak annyit mond, hogy mit kell csinálniuk a rétegeknek. Ugyan az ISO az egyes rétegekhez szabványokat is kidolgozott, azonban magának a hivatkozási modellnek ezek nem részei. Viszont valamennyit közzétették mint különálló nemzetközi szabványt.

### A fizikai réteg

A **fizikai réteg (physical layer)** feladata az, hogy továbbítsa a biteket a kommunikációs csatmányban. A rétegnek biztosítania kell azt, hogy az egyik oldalon elküldött 1-es bit a másik oldalon is 1-ként érkezzen meg, és ne pedig 0-ként. Ez a réteg tipikusan olyan kérdésekkel foglalkozik, hogy mekkora feszültséget kell használni a logikai 1, és mekkorát a logikai 0 reprezentálásához, mennyi ideig tart egy bit továbbítása, az átvitel megvalósítható-e egyszerre mindkét irányban, miként jön létre az összeköttetés, hogyan bomlik le az összeköttetés, ha már nincs szükség rá, hány érintkezője van a hálózati csatlakozóknak, mire lehet használni az egyes érintkezőket stb. A tervezési szempontok itt főleg az interfész mechanikai, elektromos és eljárás kérdéseire, valamint a fizikai réteg alatt elhelyezkedő fizikai átviteli közegre vonatkoznak.

### Az adatkapcsolati réteg

Az **adatkapcsolati réteg (data link layer)** legfontosabb feladata az, hogy a fizikai szint szolgáltatásainak igénybevételével a hálózati réteg számára fel nem ismert átviteli hibáktól mentes átvitelt biztosítson. Ez úgy valósul meg, hogy a küldő a bemenő adatokat feldarabolja **adatkeretekre (data frames)** – amelyek tipikusan néhány száz vagy néhány ezer bájtól állnak –, sorrendben elküldi a kereteket, majd végül feldolgozza a vevő által visszaküldött **nyugtázó kereteket (acknowledgment frames)**. Mivel a fizikai réteg pusztán csak elküldi és fogadja a bitfolyamot anélkül, hogy figyelne annak jelentését vagy szerkezetét, így az adatkapcsolati réteg feladata az, hogy létrehozza, illetve felismerje a kerethatárokat. Ezt úgy éri el, hogy a keretek elejére és végére egy speciális bitmintát illeszt. Ha ezek a bitminták véletlenül megjelennek az adatmezőben, akkor gondoskodni kell arról, nehogy a vevő hibásan keret-vége jelzésként értelmezze. A vonalon megjelenő zajok teljesen tönkre tehetnek egy keretet. Ebben az esetben a forrásgép adatkapcsolati szoftverének újból el kell küldenie a keretet.

Az ismétlés viszont megnöveli annak a valószínűségét, hogy egy keret megkettőződik. Keretkettőzés akkor történik, ha a vevő által a küldő állomásnak elküldött nyugtázó keret elvész. A keretek sérüléséből, elvesztéséből és megkettőződéséből adódó problémákat mind ennek a rétegnek kell megoldania. Az adatkapcsolati réteg különböző típusú szolgálatokat nyújthat a hálózati rétegnek. Ezek a szolgálatok mind minőségükben, mind árukban eltérők lehetnek.

Az adatkapcsolati rétegnél (akárcsak a legtöbb felette levő rétegnél is) felmerül az a probléma, hogy miként lehet megakadályozni azt, hogy egy gyors adó adatokkal árasztson el egy lassúbb vevőt. Ilyenkor valamilyen forgalomszabályozási mechanizmust kell alkalmazni annak érdekében, hogy az adó megtudja, mennyi szabad pufferral rendelkezik egy adott pillanatban a vevő. A forgalomszabályozás és a hibakezelés rendszerint eleme az adatkapcsolati rétegnek.

Ha az átviteli vonalon mindkét irányban lehet adatokat továbbítani, akkor ez egy olyan további problémát vet fel, amivel az adatkapcsolati rétegnek szintén foglalkoznia kell. A gondot az okozza, hogy az *A*-ból *B*-be irányuló adatforgalom nyugtázó keretei és a *B*-ből az *A*-ba irányuló adatkeretek egymással versenyeznek az átviteli vonal megszerzéséért. Persze erre is kitaláltak egy okos megoldást (piggybacking), amiről később még részletesen is lesz szó.

Az adatszóró hálózatok esetén felmerül még egy kérdés az adatkapcsolati réteget illetően. Ez pedig az, hogy hogyan szabályozzuk az osztott csatornához való hozzáférést. Ezzel a problémával az adatkapcsolati rétegnek egy speciális alrétege, a közeghozzáférési alréteg foglalkozik.

### A hálózati réteg

A hálózati réteg (**network layer**) az alhálózat működését irányítja. A legfontosabb kérdés itt az, hogy milyen útvonalon kell a csomagokat a forrásállomástól a célállomásig eljuttatni. Az útvonalak meghatározása történhet statikus táblázatok felhasználásával, amelyeket „behaladnak” a hálózatba, és csak nagyon ritkán változtatnak. Az útvonalat minden egyes párbeszéd (pl. terminálviszony) előtt külön is meghatározhatjuk. Végül az útvonal kiválasztása lehet kifejezetten dinamikus: ilyenkor minden csomag számára a hálózat aktuális terhelésének ismeretében egyenként kerül kijelölésre az útvonal.

Ha egyszerre túl sok csomag tartózkodik az alhálózatban, akkor egymást akadályozzák a továbbhaladásban, és ilyenkor torlódás alakul ki. A torlódások kivédése szintén a hálózati réteg feladata.

Mivel az alhálózatok üzemeltetői joggal várhatnak valamilyen ellenszolgáltatást a fázadoásaikért, ezért gyakran számlázási eljárást építenek be a hálózati rétegbe. A legegyszerűbb esetben az ügyfél által elküldött csomagokat, bájtokat vagy biteket egy szoftver számolja, és az alapján történik a számlázás. Persze amikor a csomag átlépi egy ország határát, és olyan országban halad tovább, ahol mások a tarifák, akkor a számlázás bizony kezd egy kicsit bonyolultabb lenni.

Ha viszont a csomagnak az egyik hálózatból át kell mennie egy másikba ahhoz, hogy elérje a célállomást, akkor még több probléma jelentkezik: az első hálózatban

használt címzési mód más, mint a második hálózatban; a második hálózat egyáltalán nem fogadja a csomagot, mert az túl hosszú; a két hálózat protokollja különbözik és így tovább. A hálózati rétegnek a feladata az, hogy legyőzze ezeket az akadályokat, és lehetővé tegye az egymástól eltérő hálózatok összekapcsolását.

Az adatszóró hálózatokban az útvonalválasztás viszonylag egyszerű feladat, így ezekben a hálózatokban a hálózati réteg gyakran elég vékony, sőt van, amikor nem létezik.

### A szállítási réteg

A **szállítási réteg (transport layer)** legfontosabb feladata az, hogy adatokat fogadjon a viszony rétegtől, feldarabolja azokat kisebb egységekre – ha szükséges –, továbbítsa ezeket a hálózati rétegnek és biztosítsa azt, hogy minden kis egység hibátlanul megérkezzen a másik oldalra. Ráadásul, mindezt hatékonyan kell elvégezni és oly módon, hogy a felsőbb rétegek számára rejtve maradjanak a hardver technológiában jelentkező változások.

Normális körülmények között a szállítási réteg a viszony réteg által igényelt minden egyes szállítási összeköttetéshez külön hálózati összeköttetést hoz létre. Ha a szállítási összeköttetés nagy átbocsátóképességet igényel, akkor a szállítási réteg létrehozhat több hálózati összeköttetést is, amelyek között az áteresztőképesség növelése érdekében szétosztja az adatokat. Ha viszont egy hálózati összeköttetés kialakítása vagy fenntartása költséges, akkor a szállítási réteg a költségek csökkentése érdekében egy hálózati összeköttetésen belül több szállítási összeköttetést is nyálabolhat (multiplexelhet). Mindenesetre a szállítási rétegnek a multiplexelést a viszony réteg számára transzparens módon kell végrehajtania.

A szállítási réteg azt is meghatározza, hogy milyen szolgálatokat kell a viszony rétegnek, és végső soron a hálózat felhasználóinak nyújtani. A szállítási összeköttetés legnépszerűbb típusa a hibamentes két pont közötti összeköttetés, amelynél az üzenetek vagy bájtok az elküldés sorrendjében érkeznek meg. Van viszont olyan szállítási összeköttetés is, amely az egymás után elküldött üzenetek sorrendben történő megérkezését nem garantálja, vagy amelyik több célállomásnak adatszórással küld üzeneteket. A szolgálat típusa akkor dől el, amikor az összeköttetés felépül.

A szállítási réteg egy valódi végpontok közötti réteg, tehát a forrásállomás és a célállomás között jön létre. Magyarán, a forrásgép egyik programja párbeszédet folytat a célállomás egyik hasonló programjával, és ehhez felhasználják az üzenetek fejrészeit, illetve vezérlő üzeneteket vesznek igénybe. Az alacsonyabb rétegek esetén a protokoll mindig egy adott gép és annak közvetlen szomszédja közötti információcsere határozza meg, míg a szállítási réteg protokollja a végpontok közötti párbeszédet határozza meg függetlenül attól, hogy közöttük hány router van. Az 1., 2. és 3. rétegek láncolt, a 4., 5., 6. és 7. rétegek pedig csak végpontok közötti összeköttetést valósítanak meg. Mindezt jól illusztrálja az 1.16. ábra.

A legtöbb hoszt multiprogramozott, ami azt jelenti, hogy minden egyes hoszt egyszerre több összeköttetésbe is beléphet, és egyszerre többől is kiszállhat. Ezért szükség van egy olyan módszerre, amivel megmondhatjuk, hogy melyik üzenet melyik össze-

kötetéshez tartozik. A szállítási fejrész ( $H_4$  az 1.11. ábrán) kiválóan alkalmas arra, hogy ilyen információt beletegyünk.

Amennyiben több üzenetsorozatot egy csatornára multiplexelünk, akkor a szállítási rétegnek óvatosan kell bánnia a hálózaton belüli összeköttetések felépítésével és lebontásával. Ehhez szükség van valamilyen névadási mechanizmusra, amelynek segítségével az egyik gépen futó folyamat megmondhatja, hogy melyik másik folyamattal akar párbeszédet folytatni. Az információ áramlásának szabályozására is kell valamilyen mechanizmus, amely arra ügyel, hogy a gyorsabb hosztok ne árásszák el a lassabakat. Ezt a mechanizmust **forgalomszabályozásnak (flow control)** nevezzük, és kulcsfontosságú szerepet játszik a szállítási rétegben (és más rétegekben is). A hosztok közötti forgalomszabályozás nem ugyanaz, mint a routerek közötti forgalomszabályozás, bár később látni fogjuk, hogy mindkettő hasonló elveken alapul.

### A viszony réteg

A **viszony réteg (session layer)** feladata az, hogy a felhasználók között viszony (session) létesítését tegye lehetővé. A viszony réteg a szállítási réteghez hasonlóan a szokásos adatok átviteléről gondoskodik, de ezen kívül még olyan értéknövelt szolgáltatásokat is nyújt, amelyek bizonyos alkalmazások számára hasznosak lehetnek. A viszony révén a felhasználó beléphet egy távoli, időosztásos rendszerbe, vagy fájlokat mozgathat különböző gépek között.

A viszony rétegnek van olyan szolgálata, amely a párbeszéd irányítását végzi. A viszony egyidejűleg vagy kétirányú adatforgalmat, vagy csak egyirányú adatforgalmat tesz lehetővé. Ha az adatok egyszerre csak az egyik irányba mehetnek (az egy nyomtatóvasúti sín analógiájára), akkor a viszony rétegnek kell figyelemmel kísérni, hogy éppen melyik irány járható.

A viszony réteg feladata a **vezérjelkezelés (token management)** is. Egyes protokolloknál fontos lehet az, hogy a két oldal ne próbálja meg ugyanazt a műveletet egyszerre végrehajtani. Az ilyen eseteket a viszony réteg vezérjelek segítségével oldja meg. A kritikus műveleteket mindig az végezheti el, akinél a vezérjel van.

A viszony réteg **szinkronizálást (synchronization)** is végez. Gondoljunk csak meg, mi történik akkor, amikor két gép között egy kétórás fájlvitelt akarunk elvégezni, miközben átlagosan egyóránként megszakad a kapcsolat. Miután a kapcsolat megszakad, az egész átvitelt újra meg kell ismételnünk, ami alatt a kapcsolat valószínűleg ismét meg fog szakadni. Ahhoz hogy ezt a problémát kivédjük, a viszony rétegnek ellenőrzési pontokat kell az adatfolyamba beszúrni, így a kapcsolat megszakadása esetén csak azokat az adatokat kell újból elküldeni, amelyek az ellenőrzési pont után következtek.

### A megjelenítési réteg

A **megjelenítési réteg (presentation layer)** olyan feladatokkal foglalkozik, amelyek elég gyakran fordulnak elő ahhoz, hogy megérje azokra egy általános megoldást kidolgozni, és így ne kelljen a felhasználóknak minden alkalommal maguknak megoldani azt.

dani azt. Pontosabban, az alacsonyabb rétegekkel szemben a megjelenítési rétegnek a továbbítandó információk szintaktikájával és szemantikájával kell foglalkoznia.

A megjelenítési réteg egyik tipikus feladata az adatok szabványos módon történő kódolása. A legtöbb felhasználói program nem véletlenszerű adatokkal dolgozik, hanem nevekkal, dátumokkal, pénzüsszegekkel és számlákkal. Ezeket az adatokat a számítógép karaktersorozatok, egész számok, lebegőpontos számok és egyszerű adattípusokból felépített adatszerkezetek formájában ábrázolja. Különböző gépeken más és más kódot használunk karaktersorozatok megjelenítésére (pl. ASCII vagy Unicode), az egész számok megjelenítésére (pl. egyes komplementum vagy kettes komplementum) stb. Annak érdekében, hogy az adatokat eltérő módon ábrázoló számítógépek is tudjanak egymással kommunikálni, az elküldendő adatok struktúráját absztrakt módon kell definiálni, és olyan szabványos kódolási eljárást kell kidolgozni, amit használni lehet a „dróton”. A megjelenítési réteg ezeket az absztrakt adatstruktúrákat kezeli, valamint oda-vissza megfelelteti egymásnak a számítógép belső ábrázolását és a hálózati szabvány által előírt ábrázolást.

### Az alkalmazási réteg

Az **alkalmazási réteg (application layer)** számos olyan protokollt tartalmaz, amelyet széles körben használnak. Például a világon több száz egymással nem kompatibilis terminál létezik. Képzeljük el azt a helyzetet, amikor szövegszerkesztővel dolgozunk egy olyan hálózaton, amelyben különböző típusú terminálok vannak, és mindegyik terminál képernyője máshogyan néz ki, mindegyiken másképpen kell karaktereket beszúrni vagy törölni, másképpen kell a kurzort mozgatni stb.

A fenti problémára az egyik lehetséges megoldás az, hogy definiálunk egy **virtuális hálózati terminált (network virtual terminal)**, és minden programot úgy írunk meg, hogy képes legyen ezen dolgozni. A különböző termináltípusok kezeléséhez egy olyan kis programot kell írni, amely a virtuális hálózati terminál funkciót leképezi a valódi terminálra. Amikor például a virtuális terminál ablakában a kurzort a képernyő bal felső sarka felé mozgatjuk, akkor ennek a programnak a valódi terminál számára ki kell adnia egy olyan utasítássorozatot, ami szintén odamozgatja a kurzort. Az összes virtuális terminál szoftver az alkalmazási rétegben található.

Az alkalmazási réteg egy másik feladata a fájlvitel (file transfer). A különféle fájlrendszerek más és más módon nevezik el a fájlokat, eltérő módon ábrázolják a szövegsorozatokat stb. Ezeknek és más hasonló inkompatibilitási problémáknak a megoldásáról az alkalmazási réteg gondoskodik. Idetartozik még többek között az elektronikus levelezés, a távoli gépre történő bejelentkezés, a könyvtárakban való keresés, valamint még sok más általános és speciális alkalmazás.



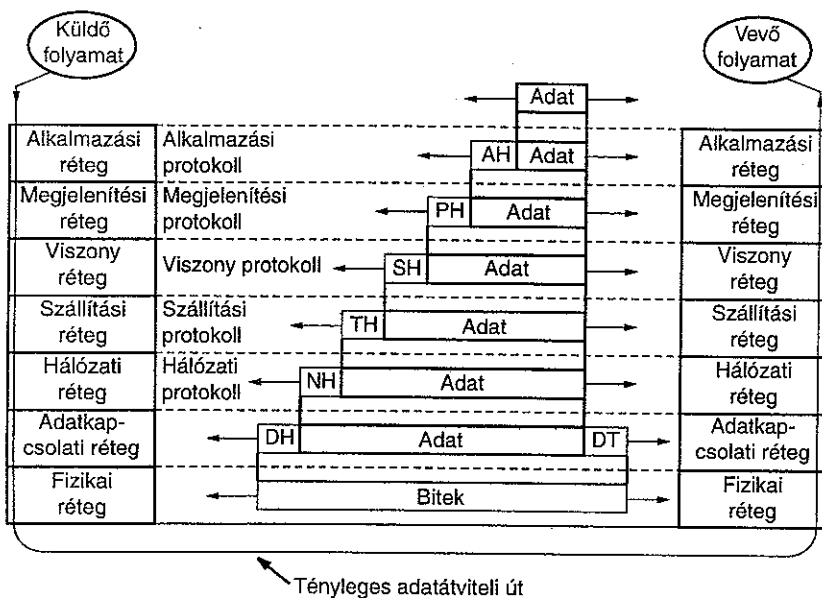
### Adatátvitel az OSI hivatkozási modellben

Az 1.17. ábrán arra láthatunk példát, hogy miként lehet adatokat továbbítani az OSI modellben. A küldő folyamat adatokat akar küldeni a vevő folyamatnak. A küldő folyamat odaadja az adatokat az alkalmazási rétegnek, amely az adatok elé beilleszti az *AH* alkalmazási fejrészt (ami üres is lehet), majd az így kapott egységet továbbadja a megjelenítési rétegnek.

A megjelenítési réteg, különböző módon átalakíthatja ezt az egységet, esetleg ő is kiegészíti egy fejrésszel, majd továbbadja a viszony rétegnek. Fontos, hogy megértjük, a megjelenítési réteg nem tudja, hogy az alkalmazási rétegtől kapott adatok mely része az *AH*, ha egyáltalán van olyan, és melyik a valódi felhasználói adat.

Ez a folyamat egészen addig ismétlődik, amíg az adatok el nem jutnak a fizikai rétegig, ahol aztán valóban továbbítódnak a vevő géphez. Ahogy az üzenet az egyre magasabb rétegekhez kerül a másik gépen, a különböző fejrészek leválasztódnak róla, végül megérkezik a vevő folyamathoz.

A dolog lényege az, hogy amíg a tényleges adatátvitel az 1.17. ábrán függőleges irányban történik, addig az egyes rétegek úgy működnek, mintha vízszintes irányban továbbítanák az adatokat. Amikor például a küldő szállítási réteg kap egy üzenetet a viszony rétegtől, akkor hozzáteszi a fejrészt, és elküldi a vevő szállítási rétegnek. Az a tény, hogy az üzenetet valójában a saját gépén levő hálózati rétegnek kell odaadnia,



1.17. ábra. Példa az OSI hivatkozási modell használatára. Némelyik fejrész üres is lehet (Forrás: H. C. Folts: Használata engedélyezve.)

a saját szempontjából teljesen érdektelen. Egy analóg példa az lehet, hogy amikor egy *tagalog* nyelven beszélő diplomata felszólal az ENSZ-ben, akkor ő azt hiszi, hogy a többi jelenlevő diplomatához szól. Az, hogy ő valójában csak a tolmácsához beszél, pusztán részletkérdés.

### 1.4.2. A TCP/IP hivatkozási modell

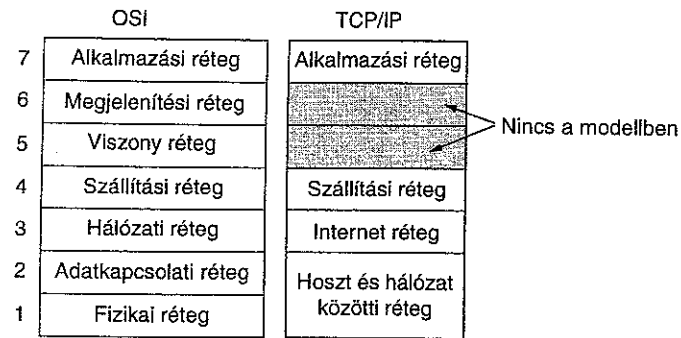
A továbbiakban térünk át az OSI hivatkozási modellről a számítógép-hálózatok őseinek tekintett ARPANET, illetve annak leszármazottja, a világméretű Internet hivatkozási modelljére. Bár később lesz még szó az ARPANET történetéről, azonban előljáróban érdemes néhány dolgot megemlíteni. Az ARPANET az amerikai védelmi minisztérium (U.S. Department of Defense, DoD) által támogatott kísérleti hálózat volt. Alkalmanként több száz egyetemi és kormányzati számítógépet kötött össze bérelt telefonvonalak segítségével. Miután később műholdas és rádiós hálózatokat is hozzákapcsoltak, és az akkori protokollok csak nehezen tudtak együttműködni, egy új hivatkozási modell vált szükségessé. Ezért már a kezdetektől fogva az volt a legfőbb tervezési szempont, hogy lehetővé tegyék tetszőlegesen sok hálózat zökkenőmentes összekapcsolását. Később ez az architektúra – a két legjelentősebb protokollja alapján – **TCP/IP hivatkozási modell** néven vált ismertté, amelyet elsőként (Cerf és Kahn, 1974) definiált, majd (Leiner és mások, 1985) is behatóan foglalkozott vele. A modell mögött rejlő tervezési problémákról (Clark, 1988) munkájában olvashatunk.

Mivel a DoD erősen aggodott amiatt, hogy akármelyik nagyértékű hoszt, router vagy hálózatok közötti átjáró (gateway) egy szempillantás alatt megsemmisülhet, ezért egy másik lényeges tervezési szempont az volt, hogy a hálózat az éppen folyó beszélgetések megszakítása nélkül át tudja vészelné az alhálózat esetleges veszteségeit. Más szóval, a DoD azt akarta, hogy amíg a forrás- és célállomások jól működnek, a kapcsolatok ne szakadjanak meg még akkor sem, ha egy közöttük levő másik gép vagy valamelyik átviteli vonal hirtelen meghibásodik. Ráadásul, egy flexibilis hálózatra volt szükség, mivel az alkalmazások a fájlátviteltől kezdve a valós idejű beszédátvitelig bezárólag rendkívül eltérő igényeket támasztottak.

### Az internet réteg

Míndezek az elvárások olyan csomagkapcsolt hálózathoz vezettek, amely egy összeköttetés nélküli internetwork rétegen alapult. Ez a réteg az **internet réteg**, amely az egész architektúrát összefogja. Ennek a rétegnek az a feladata, hogy egy hoszt bármilyen hálózatba csomagokat tudjon küldeni, illetve a csomagokat a célállomástól függetlenül (lehetőleg egy másik hálózaton) képes legyen továbbítani. Az sem gond, ha a csomagok nem az elküldés sorrendjében érkeznek meg, ugyanis, ha erre van szükség, akkor a magasabb rétegek visszarendezik őket a megfelelő sorrendbe. Ne felejtsük el, hogy itt az „internet” szót most általános értelemben használjuk annak ellenére, hogy ez a réteg az Internetben is jelen van.

Vegyünk egy hasonló példát, mondjuk a (csigalassúságú) postát. Ha valaki bedob



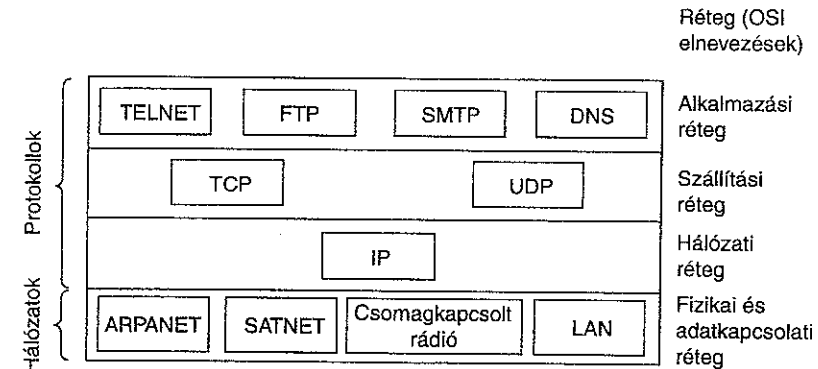
1.18. ábra. A TCP/IP hivatkozási modell

egy adag külföldre szóló levelet a postaládába, akkor kis szerencsével azok jó része meg is érkezik a helyes külföldi címre. Útjuk során a levelek nagy valószínűséggel keresztül mennek egy-két nemzetközi postaközponton, azonban ebből a feladó semmit nem vesz észre. Ráadásul, minden országnak (azaz hálózatnak) saját bélyege és saját szabványos méretű borítékja van. Ezenkívül a kézbesítés szabályai is rejtve maradnak az ügyfelek előtt.

Az internet réteg meghatároz egy hivatalos csomagformátumot, illetve egy protokollt, amelyet **internet protokollnak (Internet Protocol, IP)** hívnak. Az internet réteg feladata az, hogy ahová csak lehetséges, kézbesítse az IP csomagokat. A csomagok útvonalának meghatározása, valamint a torlódások elkerülése itt most a legfontosabb feladat. Ezért nyugodtan mondhatjuk, hogy a TCP/IP modell internet rétege funkcióját tekintve nagyon hasonlít az OSI modell hálózati rétegére. Ezt a megfeleltést láthatjuk az 1.18. ábrán.

### A szállítási réteg

A TCP/IP modellben az internet réteg fölötti réteget általában **szállítási rétegnek** nevezik. Feladata az OSI modell szállítási rétegéhez hasonlóan az, hogy lehetővé tegye a forrás- és célállomásokban található társentítések közötti párbeszédet. Két különböző szállítási protokollt definiálunk a következőkben. Az egyik az **átvitelvezérlő protokoll (Transmission Control Protocol, TCP)**, amely egy megbízható összeköttetés alapú protokoll. Feladata az, hogy hibamentes bájtost átvitelt biztosítson bármely két gép között az interneten. A beérkező bájtost adatfolyamot diszkrét méretű üzenetekre osztja, majd azokat egyesével továbbítja az internet rétegnek. A célállomás TCP folyamata összegyűjti a beérkezett üzeneteket, és egyetlen kimeneti adatfolyamként továbbítja őket. A TCP forgalomszabályozást is végez annak érdekében, hogy egy gyors forrásállomás csak annyi üzenetet küldjön egy lassabb célállomásnak, amennyit az fogadni képes.



1.19. ábra. Protokollok és hálózatok a kezdeti TCP/IP hivatkozási modellben

A másik protokoll ebben a rétegben a **felhasználói datagram protokoll (User Datagram Protocol, UDP)**, amely egy nem megbízható, összeköttetés nélküli protokoll. Jelentősége akkor van, amikor nem szükséges sem az üzenetek TCP-féle sorba rendezése, sem a forgalomszabályozás. Elsősorban olyan egyfolyamú, kliens-szerver típusú kérés-válasz alkalmazásokban terjedt el, ahol a gyors válasz sokkal fontosabb, mint a pontos válasz. Ilyen alkalmazás például a beszéd- vagy videoátvitel. Az IP, a TCP és az UDP kapcsolatát az 1.19. ábra szemlélteti. Mivel az itt látható modell fejlesztés eredménye, ezért az IP protokollt még sok más hálózat is használja.

### Az alkalmazási réteg

A TCP/IP modellben nincs viszony és megjelenítési réteg. Azért nem kerültek bele a modellbe, mert nem volt rájuk szükség. Az OSI modellel kapcsolatos tapasztalatok is azt mutatják, hogy a legtöbb alkalmazás nemigen használja ki e két réteget.

A szállítási réteg fölött az **alkalmazási réteg** található. Ez tartalmazza az összes magasabb szintű protokollt. Eredetileg csak a virtuális terminál (TELNET), a fájltranszfer (FTP) és az elektronikus levelezés (SMTP) protokolljait tartalmazta, amelyeket az 1.19. ábrán is feltüntetünk. A virtuális terminál lehetővé teszi, hogy bejelentkezzünk egy távoli gépre, és azon dolgozzunk. A fájltranszfer protokoll segítségével hatékonyan tudunk adatokat átvinni egyik gépről a másikra. Az elektronikus levelezés kezdetben a fájltranszfer egyik változata volt, azonban később külön protokollt fejlesztettek ki a számára. Az évek során aztán számos más protokollal bővítették az alkalmazási réteget. Ilyen például a Domain Name Service (DNS), amely a hosztok nevét képezi le a hálózati címükre; az NNTP, amely hírlevelek szétküldését teszi lehetővé; vagy a HTTP, amely a World Wide Web oldalak letöltését segíti.

### A host-to-network réteg

Az internet réteg alatt egy nagy űr tátong. A TCP/IP hivatkozási modell ugyanis nem mondja meg, hogy mi legyen itt, csak annyi megkötést tesz, hogy a hosznak egy olyan hálózathoz kell csatlakozni, amely az IP csomagok továbbítására alkalmas protokollal rendelkezik. Ez a protokoll hosztonként, illetve hálózatonként más és más lehet. Ezzel a TCP/IP modellről szóló könyvek és cikkek nemigen foglalkoznak.

#### 1.4.3. Az OSI és a TCP/IP hivatkozási modell összehasonlítása

Az OSI és a TCP/IP hivatkozási modellnek sok közös tulajdonsága van. Mindkettő hierarchikusan egymásra épülő, de egymástól független protokollokon alapul. Az egyes rétegek funkciója is nagyjából megegyezik. Például a szállítási és az alatta levő többi réteg azért van benne mindkét modellben, hogy hálózathoz függetlenül, végpontok közötti szállítási szolgáltatást nyújtson az egymással kommunikálni szándékozó folyamatok számára. Ezek a rétegek alkotják a szállítási szolgáltatót. A szállítási réteg feletti rétegek mindkét modellben a szállítási réteg alkalmazásorientált felhasználói.

Mindezen alapvető hasonlóságok ellenére a két modell sok eltérést is mutat. Ebben a bevezetésben most csak a leglényegesebb különbségekről ejtünk néhány szót. Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy a *hivatkozási modelleket* hasonlítjuk össze és nem pedig a *protokollkészleteket*. Maguk a protokollok később kerülnek tárgyalásra. A TCP/IP és az OSI modell összehasonlításával egyébként egy teljes könyv foglalkozik (Piscitello és Chapin, 1993).

Az OSI modell három fogalom köré összpontosul:

1. szolgálatok,
2. interfészek,
3. protokollok.

Az OSI modellnek az a legnagyobb vívmánya, hogy éles különbséget tesz e három fogalom között. Mindegyik réteg szolgáltatást nyújt a felette levő rétegnek. A *szolgálat* azt definiálja, hogy egy réteg mit csinál, és nem pedig azt, hogy a felette levő entitások hogyan érik el az adott szolgáltatást, illetve, hogy a réteg hogyan működik.

A réteg *interfésze* megmondja a felette levő folyamatoknak, hogy hogyan vehetik igénybe az adott réteg szolgáltatásait. Megadja a lehetséges paramétereket és azt, hogy milyen eredményt vár. Ez sem tartalmaz semmit arról, hogy a réteg hogyan is működik belül.

Egy adott rétegben található *társprotokollok* működése csak a rétegre tartozik. Egy konkrét feladat elvégzéséhez (tehát szolgáltatnyújtáshoz) a réteg olyan protokollt használ, amelyet csak akar. Tetszése szerint válthat egyikről a másikra anélkül, hogy a felette levő rétegek szoftvereinek működését befolyásolná.

Ez a koncepció igen közel áll az objektumorientált programozás koncepciójához. Egy objektum, mint például egy réteg, számos olyan metódussal (működéssel) rendelkezik, amelyeket az objektum kívülről meghívhat. Ezeknek a metódusoknak a szemantikája határozza meg azoknak a szolgálatoknak a halmazát, amelyet az objektum felkínál. A metódusok paraméterei és az eredményei az objektum interfészét alkotják. Az objektumon belül található kód az ő saját protokollja, és az a külvilág számára láthatatlan.

A TCP/IP modell kezdetben nem tett ilyen világos különbséget a szolgálat, az interfész és a protokoll között, bár később voltak rá kísérletek, hogy kicsit OSI-szerűbbé tegyék a modellt. Például az Internet rétegben csak a SEND IP PACKET és a RECEIVE IP PACKET tekinthető valódi szolgálatnak.

Következésképpen, az OSI modell protokolljai jobban el vannak rejtve, mint a TCP/IP modellé, és emiatt viszonylag könnyebben lehet őket módosítani a technológiai fejlődés előrehaladtával. A protokollok rétegezésével az egyik legfőbb célunk éppen az, hogy az ilyen változtatásokat el tudjuk végezni.

Az OSI modellt még a protokollok kidolgozása *előtt* találták ki. Ennek köszönhetően a modellt nem befolyásolta egyetlen konkrét protokollkészlet sem, és emiatt kevéssé általános tudott maradni. Gondot csak az jelentett, hogy a tervezőknek kevés tapasztalata volt ezen a szakterületen, és nemigen tudták, hogy melyik funkciót melyik réteghez rendeljék.

Például az adatkapcsolati réteg eredetileg csak a kétpontos hálózatokkal foglalkozott. Amikor megjelentek az adatszűrő hálózatok, a modellt egy új alrétetet kellett bepréselni. Amikor aztán az OSI modell alapján elkezdtek hálózatokat építeni (csodák csodája) rájöttek arra, hogy azok nem felelnek meg a szolgálatok specifikációjának, ezért az eltérésekből fakadó problémák megoldására konvergencia alréteteket illesztettek a modellbe. Ráadásul, kezdetben a bizottság arra számított, hogy minden országban csak egyetlen hálózat lesz, amelyet az adott ország kormánya tart majd fenn, és ez a hálózat az OSI protokollt fogja majd használni. Akkoriban még senki nem gondolt a hálózatok összekapcsolására. Röviden szólva a dolgok másképp alakultak.

A TCP/IP modellel viszont pont a fentiek ellenkezője történt: először megvolt a protokoll, majd a modell tulajdonképpen a meglévő protokollok leírását adta meg. A protokolloknak a modellbe történő beillesztésével nem is volt semmi gond, tökéletesen ment. Az egyetlen bökkenő csak az volt, hogy ez a *modell* semelyik más protokollrendszerhez nem illeszkedett. Következésképpen alkalmatlan volt arra, hogy más, nem TCP/IP hálózatokat leírjunk vele.

Hogy a filozofikus hangvétel helyett kicsit közérthetőbben fogalmazzunk, a két modell között a legnyilvánvalóbb különbség a rétegek számában van. Az OSI modellben hét réteg van, míg a TCP/IP modellben csak négy. Mindkettőben van hálózati (vagy internetwork), szállítási és alkalmazási réteg, de a többi réteg már nem egyezik meg.

További különbség jelentkezik az összeköttetés alapú, illetve az összeköttetés nélküli kommunikáció területén. Az OSI modell mindkettőt támogatja a hálózati rétegben, a szállítási rétegben viszont már csak az összeköttetés alapú kommunikációt támogatja. (Ez azért lényeges, mert a szállítási réteg szolgálatai a felhasználó számára is

láthatók.) A TCP/IP modell a hálózati rétegében csak összeköttetés nélküli átviteli mód létezik, ugyanakkor a szállítási réteg mindkét változatot támogatja, és a választást a felhasználóra bízta. Az összeköttetés típusának kiválasztása különösen fontos az egyszerűbb kérés-válasz protokollok esetén.

#### 1.4.4. Az OSI hivatkozási modell és protokolljainak értékelése

Sem az OSI, sem a TCP/IP modell és azok protokolljai nem tökéletesek. Mindkettőt lehet bizonyos mértékig bírálni, és ezt meg is szokták tenni. Ebben és a következő bekezdésben ismertettünk néhány ilyen bírálatot. Először az OSI modellel kezdjük, és aztán térünk majd rá a TCP/IP modellre.

1989-ben, a könyv második kiadásának megjelenésekor még a témával foglalkozó legtöbb szakembernek úgy tűnt, hogy az OSI modell és protokolljai meghódítják majd a világot és minden mást elsöpörnek az útjukból. Mégsem ez történt. Vajon miért nem? Egy kis kitekintés a tanulságokra biztosan nem hiábavaló. Az okok ugyanis a következők voltak:

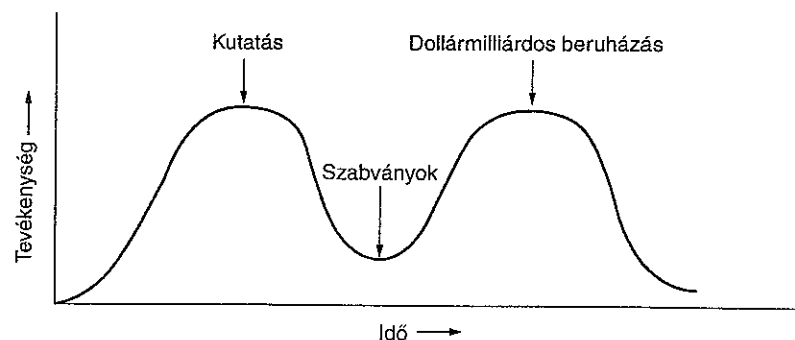
1. rossz időzítés,
2. rossz technológia,
3. rossz implementálás,
4. rossz üzletpolitika.

#### Rossz időzítés

Először vizsgáljuk meg az első okot, a rossz időzítést. Egy szabvány megjelentetésének időpontja rendkívül erősen befolyásolhatja annak sikerét. David Clark, az M.I.T. munkatársa kidolgozott egy elméletet a szabványokról, amelyet ő „*a két elefánt apokalipszise*” névvel illetett. Hogy mit is jelent ez, azt az 1.20. ábra szemlélteti.

Az ábra azt mutatja be, hogy egy új dolog megvalósítása mennyi munkát igényel. A dolog felfedezése után óriási munka következik, viták zajlanak, cikkek jelennek meg, találkozókra kerül sor. Aztán hamarosan egy kis szünet következik, majd a vállalatok is felfedezik maguknak a dolgot, és több millárd dolláros beruházások indulnak el.

Nagyon fontos, hogy a szabványosítást a két „elefánt” közötti időben kell elvégezni. Ha túl korán, még a kutatások befejezése előtt készül el, akkor az újdonságról még keveset tudunk, ami rossz szabványt eredményez. Ha viszont túl későn írjuk meg, akkor addigra már számos vállalat, különböző irányokban nagy beruházásokba kezdett, és ezért nagyrészt figyelmen kívül hagyják a szabványt. Ha a két elefánt közötti idő nagyon szűkös (mert mindenki igyekszik minél előbb elkészülni vele), akkor a szabvány kifejlesztésén dolgozó emberek könnyen összeroppanhatnak.



1.20. ábra. „A két elefánt apokalipszise”

Sajnos úgy tűnik, hogy az OSI protokollok bizony összeroppannak. Mire az OSI protokollok megjelentek, addigra a versenytárs TCP/IP protokollok már széles körben elterjedtek a kutatóegyetemen. Ugyan a több milliárd dolláros beruházások még nem érték el a csúcst, az oktatási szférában a piac már olyan nagy volt, hogy egy csomó kereskedő cég elkezdte óvatosan árusítani a TCP/IP termékeket. Amikor az OSI megjelent a piacon, nem akart támogatni egy második protokollkészletet egészen addig, amíg rá nem kényszerítették erre, így kezdetben nem tudta eladnia a termékeit. A vállalatok egymásra vártak az első lépés megtételét illetően, így aztán mivel egyikük sem lépett, az OSI-nál semmi nem történt.

#### Rossz technológia

A második probléma az volt az OSI-val, hogy sem a modell, sem a protokollok nem voltak tökéletesek. A hétrétegű modellel kapcsolatos vitákból az tűnik ki, hogy a rétegek számának és tartalmának ez a fajta megválasztása az egyetlen lehetséges út volt, vagy legalábbis az egyetlen ésszerű út. Azért ez távolról sem igaz. A viszony réteget alig használja a legtöbb alkalmazás, a megjelenítési réteg pedig szinte teljesen üres. Az ISO-nak benyújtott angol tervezet egyébként is csak öt réteget tartalmazott és nem lehetett. A viszony- és a megjelenítési réteggel szemben az adatkapcsolati és a hálózati rétegnek viszont olyan sok feladata van, hogy több alrétegre kellett mindkettőt bontani. Természetesen valamennyi alrétegnek különböző funkciói vannak. Ugyan a nyilvánosság előtt szinte senki nem meri bevallani, de az OSI modellnek azért van hét rétege, mert a tervezés időszakában az IBM-nek már volt egy saját hétrétegű protokollmodellje, amit **hálózati rendszer architektúrájának** (System Network Architecture, SNA<sup>TM</sup>) hívták. Azokban az időkben az IBM annyira meghatározó volt a számítástechnikai iparban, hogy mindenki – beleértve a telefonszolgálatokat, és egymással versenyző számítógépgyártókat, sőt még egyes kormányzatokat is – halálisan rettegettek attól, nehogy az IBM kihatározza a piaci befolyását, és mindenkire rákényszerítse az SNA-t, amelyet bármikor önkényesen megváltoztathatott volna. Az OSI-val az volt te-

hát a cél, hogy az IBM modelljéhez hasonlóan létrehozzanak egy másik hivatkozási modellt és egy másik protokollkészletet, amelyek aztán nemzetközi szabvánnyá válnak, és nem egyetlen vállalat, hanem egy független szervezet, az ISO felügyeli azokat.

Az OSI modell a hozzá tartozó szolgáltatdefiníciókkal és protokollokkal együtt rendkívül bonyolult. Amikor a szabvány kinyomtatott fejezeteit egymásra pakolták, akkor az többbarasznyi vastagságú volt. A szabvány nehezen implementálható és nem működik elég hatékonyan.

Szintén érthetetlen az is, hogy miért jelennek meg újra és újra az OSI egyes rétegeiben olyan funkciók, mint amilyen a címzés, a forgalomszabályozás vagy a hibajavítás. Saltzer és mások (1984) a könyvében rámutatott arra, hogy a hatékonyság érdekében a hibajavítást a legfelső rétegbe kell tenni, tehát gyakran teljesen fölösleges és gazdaságtalan az alacsonyabb rétegekben többször megismételni.

Egy másik probléma az, hogy az egyes rétegekhez nem mindig lettek ésszerűen hozzárendelve a különböző funkciók. A szabvány fejlődése során a virtuális terminálkezelés, ami most az alkalmazási rétegben van, sokáig a megjelenítési rétegben volt. Végül azért került át az alkalmazási rétegbe, mert a bizottság nem tudta eldönteni, hogy mire is jó a megjelenítési réteg. Erősen vitatható volt az, hogy az adatbiztonságot és a titkosítást melyik rétegben célszerű elhelyezni, így mindkét funkció kimaradt a modellből. A hálózatmenedzsment szintén hasonló okok miatt maradt ki az OSI modellből.

Amiatt is bírálják az eredeti szabványt, hogy teljesen figyelmen kívül hagyja az összeköttetés nélküli szolgáltatásokat és protokollokat, miközben a lokális hálózatok ezen az elven működnek. Később egy kiegészítést csatoltak a szabványhoz, amiben kijavították ezt a hibát.

A legsúlyosabb kritika talán mégis az, hogy a modellt a kommunikációs szemlélet uralja. A számítástechnika és a kommunikáció kapcsolatáról alig esik szó benne, de még ha van is valamilyen választási lehetőség, akkor az teljesen használhatatlan mind a hardver, mind a szoftver számára. Tekintsünk csak vissza például az 1.14. ábrán felsorolt OSI primitívekre. Nézzük meg konkrétan az egyes primitíveket, és próbáljuk meg leírni őket valamilyen programozási nyelven.

A `CONNECT.request` primitív viszonylag egyszerű. Elképzelhető egy olyan könyvtári függvényként (`connect`), amelyet a programok meghívhatnak, ha összeköttetést akarnak létesíteni. Vegyük következőnek a `CONNECT.indication` primitívet. Ha üzenet érkezett, akkor azt jelezni kell a vevő folyamat számára. Ez csak megszakításkérésrel oldható meg, ami nem éppen a legkedvezőbb megoldás egy magas szintű programozási nyelven megírt program számára. Persze a legelső rétegben sor kerül valamilyen jelzésre (megszakításra).

Ha a program egy beérkező hívást várna, akkor meghívhatná a könyvtári `receive` eljárást, hogy blokkolja saját magát. Azonban ebben az esetben, miért nem a `receive` eljárást használjuk az `indication` primitív helyett? A `receive` eljárás a számítógépek működésének a koncepcióját követi, míg az `indication` a primitív telefonét. A számítógép és a telefon persze nem ugyanaz. A telefon csöng. A számítógép nem csöng. A lényeg tehát az, hogy egy megszakításkérésrel vezérelt rendszer szemantikus modellje nem igazán jó ötlet, és igencsak hadilábon áll a strukturált programozás modern szemléletével. Ilyen és ehhez hasonló problémákat tárgyal (Langsford, 1984).

## Rossz implementálás

A modell és a protokollok rendkívüli bonyolultsága miatt nem csoda, hogy az implementációk kezdetben terjedelmeseek, kezelhetetlenek és lassúak voltak. Mindenki megbukott, aki próbálkozott vele. Nem telt bele sok idő, és az „OSI”-ről mindenkinek a „gyenge minőség” jutott az eszébe. Bár az idők során egyre jobbak lettek a termékek, a kialakult kép nem változott.

Ugyanakkor a TCP/IP egyik első implementációja a Berkeley-féle UNIX<sup>®</sup> része volt, és nem csak nagyon jó, de még ingyenes is volt. Az emberek gyorsan rászoktak, így komoly felhasználói tábor alakult ki. Ennek köszönhetően egyre jobb lett a termék, ami tovább növelte a felhasználók körét. Ebben az esetben tehát a spirális pálya felfelé irányult, nem pedig lefelé.

## Rossz üzletpolitika

A kezdeti implementációk miatt különösen az oktatási szférában sokan azt hitték a TCP/IP-ről, hogy a UNIX része, márpedig ott a UNIX igen népszerű volt a '80-as években.

Az OSI-ra ugyanakkor mindenki úgy tekintett, mintha az európai távközlési minisztériumok, az Európai Gazdasági Közösség, és az amerikai kormány alkotása lett volna. Ez csak részben volt igaz, és az sem segített a helyzeten, hogy kormányhivatalnokok egy csoportja megpróbálta a szerencsétlen kutatók és programozók nyakába varrni a kudarcot. Voltak néhányan, akik ezt az esetet hasonlóan ítélték meg ahhoz, mint amikor a 60-as években az IBM bejelentette, hogy a PL/I lesz a jövő programozási nyelve, vagy amikor a DoD később ezt úgy módosította, hogy az Ada<sup>®</sup> lesz az.

Annak ellenére, hogy az OSI modell és az OSI protokollok nem hoztak átütő sikert, mégis van néhány olyan cég, amelyik továbbra is érdeklődik iránta. Ezek közé tartozik néhány európai távközlési szolgáltató, amelyek még mindig monopóliummal rendelkeznek a távközlés területén. Ennek következtében még tettek kisebb erőfeszítéseket az OSI fejlesztése érdekében, így 1994-ben megjelentettek egy javított modellt. Hogy mennyi minden változott (nem sok), és hogy mennyi mindent kellett volna megváltoztatni (sok mindent), arról (Day, 1995) művében olvashatunk.

### 1.4.5. A TCP/IP hivatkozási modell értékelése

A TCP/IP modellnek és protokolljainak szintén megvannak a maga hibái. Először is a modell nem tesz világos különbséget a szolgálat, az interfész és a protokoll fogalma között. Megfelelő szoftvermérnöki tapasztalat kell ahhoz, hogy különbséget tudjunk tenni specifikáció és implementáció között, amit az OSI nagyon óvatosan kezel, és amivel a TCP/IP pedig egyáltalán nem foglalkozik. Így tehát a TCP/IP modell aligha használható irányadóként új technológiákon alapuló hálózatok tervezésénél.

Másodszorban, a TCP/IP modell egyáltalán nem általános érvényű, és a TCP/IP-n kívül más protokollkészletek leírására nem igazán alkalmas. Például a TCP/IP modell segítségével szinte lehetetlen lenne leírni az SNA-t.

5	Alkalmazási réteg
4	Szállítási réteg
3	Hálózati réteg
2	Adatkapcsolati réteg
1	Fizikai réteg

1.21. ábra. A könyvben használt hibrid hivatkozási modell

Harmadsorban, a host-to-network réteg a hagyományos értelemben véve nem is valódi réteg – legalábbis abban az értelemben nem, ahogyan azt a protokollok kapcsán gondolnánk –, hanem csak interfész (a hálózati és az adatkapcsolati réteg között). Márpedig döntő fontosságú, hogy különbséget tudjunk tenni az interfész és a réteg között. E tekintetben nem szabad felületesnek lennünk.

Negyedsorban, a TCP/IP modell nem különbözteti meg (sőt, meg sem említi) a fizikai és az adatkapcsolati réteget, pedig ez két teljesen különböző dolog. A fizikai rétegnek a rézvezeték, az optikai kábel és a vezeték nélküli kommunikáció átviteli jellemzőivel kell foglalkoznia. Az adatkapcsolati réteg feladata pedig a keretek elejének és végének jelzése, valamint a keretek megbízható továbbítása két gép között. Egy jó modellnek külön réteggé kell kezelnie e kettőt. A TCP/IP modell sajnos nem ezt teszi.

Végül meg kell említeni, hogy bár az IP és a TCP protokollt alaposan átgondolták, és jól implementálták, a többi protokoll nagy része ad hoc jellegű volt. Emiatt egy csomó egyetemista azzal foglalkozott, amíg csak bele nem fáradt, hogy megpróbálja megfejteni a működésüket. Mivel a protokollimplementációk ingyenesek voltak, ezért széles körben elterjedtek, mélyen beépültek a rendszerekbe, és emiatt nehezen lehetett őket lecserélni, ami még ma is kisebb-nagyobb problémákhoz vezet. Például a virtuális terminál protokollt, a TELNET-et egy másodpercenként tíz karaktert feldolgozó mechanikus Teletype terminálhoz tervezték, és egyáltalán nem is ismeri a grafikus terminált, valamint az egeret. Mindezek ellenére, 25 év eltelte után még mindig rengetegen használják.

Összefoglalva az eddigieket, a következőket mondhatjuk. A felmerült problémák ellenére az OSI *modell* kifejezetten alkalmas a számítógép-hálózatok elemzésére. Ezzel szemben az OSI *protokollok* nem lettek népszerűek. A TCP/IP-ra viszont ennek pont az ellentéte igaz: a *modell* gyakorlatilag nem létezik, a *protokollok* ugyanakkor rendkívüli módon elterjedtek. Mivel a számítógépes szakemberek is szeretik azt megenni, amit maguk főztek, a továbbiakban az OSI modellnek egy módosított változatával fogunk foglalkozni. Ez a hibrid modell, amely az 1.21. ábrán látható, elsősorban a TCP/IP-ra, valamint az újabb protokollokra, az SMDS-re, a frame relay-re, a SONET-re és az ATM-re összpontosít.

## 1.5. Hálózati példák

Napjainkban számtalan hálózat működik világszerte. Ezek közt megtalálhatók a közszolgáltatók vagy PTT-k által üzemeltetett nyilvános hálózatok, a kutatói hálózatok, a magánhálózatok, valamint a kereskedelmi és üzemi hálózatok is. A következő alfejezetekben megvizsgálunk néhány történelmi jelentőségű, valamint néhány ma is működő hálózatot. Megpróbáljuk bemutatni a főbb jellemzőiket, illetve azt, hogy miben különböznek egymástól.

A hálózatok sok mindenben eltérnek egymástól; ilyen a fejlődési történetük, a nyilvántartásuk, a szolgáltatásuk, a műszaki megvalósításuk és a felhasználói körük. A fejlődési történet és az adminisztráció területén óriásiak az eltérések. Vannak olyan hálózatok, amelyeket egy adott szervezet meghatározott céllal és nagy gondossággal tervezett meg, de vannak olyanok is, amelyekben a gépeket mindenféle tervezés és központi nyilvántartás nélkül véletlenszerűen csatolták össze. A hálózatok által nyújtott szolgáltatások szintén széles skálát ölelnek fel; a tetszőlegesen megválasztott két pont közötti összeköttetéstől kezdve az elektronikus levelezésen, a fájltranszferen és a távoli bejelentkezésen át egészen a távoli gépen való programfuttatásig sok minden lehetővé tesznek. A műszaki megvalósítás szempontjából különbözők lehetnek a felhasznált átviteli közegek, a névképzési és forgalomirányítási algoritmusok, a megvalósított rétegek száma és tartalma, valamint az alkalmazott protokollok. Végül a felhasználói kör a kisebb cégektől kezdve az oktatásban dolgozó számítástechnikai szakemberekig sok mindenkit magába foglal ebben az eliparosodott világban.

A következő alfejezetekben példaként bemutatjuk a kereskedelmi forgalomban oly népszerű LAN hálózati programcsomagot, a Novell NetWare<sup>®</sup>-t, a világméretű Internetet (előőzeivel az ARPANET-tel és az NSFNET-tel együtt), valamint az első gigabit-es hálózatokat.

### 1.5.1. Novell NetWare

A PC-s világ legnépszerűbb hálózati rendszere a **Novell NetWare**, amelyet elsősorban azon cégek számára terveztek, amelyek az erőforrásgépek helyett PC-s hálózatot használnak. Ezekben a rendszerekben minden felhasználónak saját PC-je van, amely kliensként működik. Ezenkívül van néhány nagyobb teljesítményű PC, amelyik szervertként üzemel, és amelyek fájlserverként, adatbázisserverként és más szervertként szolgáltatásokat nyújtanak kliensek egy csoportjának. Más szóval a Novell NetWare a kliens-szerver modell alapján működik.

A NetWare saját protokollkészlettel rendelkezik, amely az 1.22. ábrán látható. A protokollkészlet a Xerox egykori Network System (XNS<sup>TM</sup>) rendszerén alapul, azonban számos változtatáson esett keresztül. A Novell NetWare korábban jelent meg, mint az OSI, ezért nincs is sok köze hozzá. Ha valamihez egy kicsit is hasonlít, akkor az inkább a TCP/IP, mint az OSI.

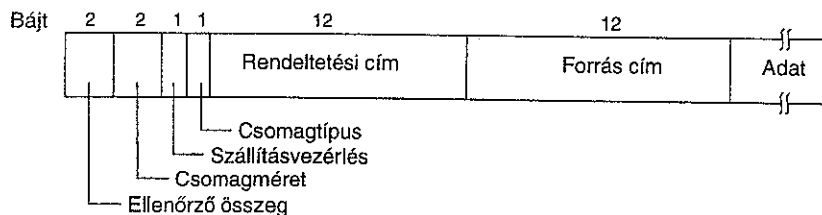
Réteg			
Alkalmazási	SAP	Fájlszerver	...
Szállítási	NCP		SPX
Hálózati	IPX		
Adatkapcsolati	Ethernet	Token ring	ARCnet
Fizikai	Ethernet	Token ring	ARCnet

1.22. ábra. A Novell NetWare hivatkozási modell

A fizikai és az adatkapcsolati réteg bármelyik ipari szabvány lehet, beleértve az Ethernetet, az IBM vezérjeles gyűrűt és az ARCnetet is. A hálózati réteg egy nem megbízható, összeköttetés nélküli hálózati protokollt tartalmaz, amit **IPX-nek (Internet Packet eXchange)** hívnak. Ez a protokoll a csomagokat transzparens módon továbbítja a forrásállomástól a célállomásig még akkor is, ha azok különböző hálózatokban találhatók. Funkcióit tekintve az IPX az IP-hez hasonlít. Az egyetlen különbség az, hogy 4 bájtos címzés helyett 12 bájtos címzést használ. Hogy ez miért volt rendkívül bölcs döntés, azt az 5. fejezetben majd látni fogjuk.

Az IPX felett egy összeköttetés alapú szállítási réteg áll, ez a **hálózati mag protokoll (Network Core Protocol, NCP)**. Az NCP a felhasználói adatok átvitelén kívül még számos más szolgálatot is nyújt, és tulajdonképpen ez a protokoll a NetWare lelke. Létezik egy másik protokoll is, az **SPX (Sequenced Packet eXchange)**, amely azonban csak a szállítási funkciókat képes ellátni. A TCP/IP pedig egy harmadik lehetséges választás. Az alkalmazások bármelyiket választhatják ezek közül. A fájlrendszerek például az NCP-t használják, míg a Lotus Notes® az SPX-et. A viszony réteg és a megjelenítési réteg hiányzik. Az alkalmazási réteg sokféle protokollt használhat.

Akárcsak a TCP/IP esetén, az egész architektúra alapját itt is az internetes datagram csomag jelenti, mivel minden arra épül. Az IPX csomag felépítése az 1.23. ábrán látható. Az **Ellenőrző összeg (Checksum)** mezőt ritkán használják, mivel az adatkapcsolati réteg szintén képez ellenőrző összeget. A **Csomaghossz (Packet length)** mező a fejrészt és az adatokat magába foglaló teljes csomag méretét adja meg. A **Szállításvezérlés (Transport control)** mezőben azt számolják, hogy a csomag hány hálózaton haladt keresztül. Ha ez a számláló elért egy maximális értéket, akkor a csomagot



1.23. ábra. A Novell NetWare IPX csomagja

figyelman kívül kell hagyni. A **Csomagtípus (Packet type)** mező a különböző vezérlő-csomagok megjelölésére szolgál. Mind a **Forráscím (Source address)**, mind a **Célállomáscím (Destination address)** egy 32 bites hálózati címből, egy 48 bites gépcímből (ez a 802-es LAN cím) és egy 16 bites, az adott géphez tartozó helyi címből (socket) áll. Végül a csomag hátralevő részét az adatok töltik ki. Az adatmező maximális hosszát az alacsonyabb szintű hálózat határozza meg.

Mindegyik szerver nagyjából egy másodpercenként szétküld egy olyan csomagot, amiben megadja a saját címét, valamint azt, hogy milyen szolgáltatásokat nyújt. Ezek az adatszórással szétküldött üzenetek az **SAP protokollt (Service Advertising Protocol)** használják. A csomagokat a router gépeken futó speciális ágens folyamatok felismerik és összegyűjtik, majd tartalmuk alapján létrehoznak egy olyan adatbázist, amely a szerverekről vezet nyilvántartást.

Amikor egy kliens gép bootol, akkor adatszórással szétküld egy olyan üzenetet, amelyben a legközelebbi szerver után érdeklődik. A helyi router gép ágens folyamata észreveszi ezt az üzenetet, belenéz a szervereket nyilvántartó adatbázisába, és az üzenet alapján kikeresi a legjobb szervert, amelynek az azonosítóját egy üzenetben aztán el is küldi a kliensnek. A kliens most már felveheti az NCP kapcsolatot a megfelelő szerverrel. A kapcsolatot felhasználva a kliens és a szerver megegyezik a csomagok maximális méretében. Ettől kezdve a kliens hozzáfér a fájlrendszerhez és mindazokhoz a szolgáltatásokhoz, amelyeket az adott összeköttetés lehetővé tesz. Akár bele is nézhet a szerver adatbázisába, hogy egy távolabbi szervert keressen.

### 1.5.2. ARPANET

Térjünk most át a lokális hálózatokról a nagy kiterjedésű hálózatokra. A 60-as évek közepén, a hidegháborús korszak csúcán az amerikai védelmi minisztérium (DoD) egy olyan parancsközlő és irányító hálózatot szeretett volna, amely képes lett volna egy atomháborút túlélni. A hagyományos vonalkapcsolt távbeszélőrendszert túlságosan sebezhetőnek tartották, mivel egy vezeték vagy egy kapcsoló elvesztése esetén az összes rajtuk keresztül folyó beszélgetés megszakadt volna, sőt még a hálózat is kettészakadhatott volna. Ennek a problémának a megoldása érdekében a védelmi minisztérium a kutatási részlegéhez (ARPA, később DARPA, újabban pedig megint ARPA) fordult.

Az ARPA-t a Szovjetunió által 1957-ben fellőtt Szputnyik műholdra tett válaszlépként hozták létre, és célja az volt, hogy ösztönözze a hadiiparban hasznosítható technológiák fejlődését. Az ARPA-nak tulajdonképpen nem voltak sem tudósai, sem laboratóriumai, csak egy irodája és – a Pentagon mércéjével mérve – kis költségvetése. Az ARPA úgy működött, hogy ösztöndíjakat és szerződéseket ajánlottak fel azoknak az egyetemeknek és cégeknek, amelyek jó ötletekkel álltak elő.

Kezdetben sok olyan ösztöndíjas került be az egyetemekre, akik az akkoriban szélsőséges elképzelésnek tartott csomagkapcsolást kutatták; azt a valamit, amiről Paul Baran a 60-as évek elején számos jelentést írt a RAND Corporationnél. Különböző szakemberekkel folytatott megbeszélések után az ARPA úgy döntött, hogy egy alhálózatból és hosztokból álló csomagkapcsolt hálózatra lenne szüksége.

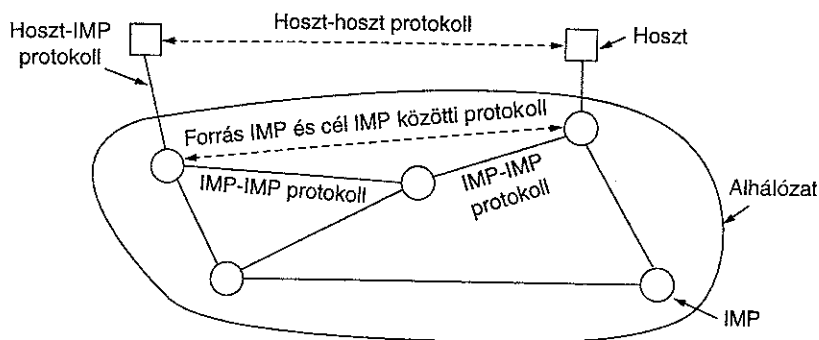
Az alhálózatok átviteli vonalakkal összekapcsolt miniszámítógépekből, ún. **csomóponti gépekből (Interface Message Processors, IMP)** kellene felépülnie. A nagyobb megbízhatóság érdekében mindegyik csomóponti gépnek legalább két másik csomóponti géphez kéne csatlakoznia. Az alhálózat egy datagramos alhálózat lenne, így néhány vezeték vagy csomóponti gép elpusztítása esetén az üzeneteket automatikusan más alternatív útvonalakon lehetne továbbítani.

Minden hálózati csomópontban kell lennie egy csomóponti gépnek és egy hoszt-nak, lehetőleg ugyanabban a szobában és rövid vezetékkel összekötve. A hoszt legfeljebb 8063 bites üzeneteket küldhetne a hozzá csatlakozó csomóponti gépnek, amely legfeljebb 1008 bites csomagokra darabolná fel azokat, majd egymástól függetlenül továbbítaná a csomagokat a célállomás felé. Továbbítás előtt minden csomag esetén meg kellene várni, amíg a teljes csomag megérkezik, tehát ez az alhálózat az első elektronikus, tárol-és-továbbít típusú csomagkapcsolt hálózat lenne.

Az ARPA tendert írt ki az alhálózat megépítésére, amire 12 cég jelentkezett. A beadott pályázatok kiértékelése után az ARPA a cambridge-i BBN tanácsadó céget választotta ki a munka elvégzésére. 1968 decemberében a BBN-nel megkötötték a szerződést az alhálózat kiépítésére és az alhálózat szoftverének megírására. A csomóponti gépek a Honeywell DDP-316 miniszámítógép egy speciálisan módosított változatai voltak. Ezek a gépek 12 K 16 bites szót tartalmazó memóriával rendelkeztek. A csomóponti gépekben nem volt diszk, mert a mozgó alkatrészeket nem tartották elég megbízhatóknak. A csomóponti gépeket a telefontársaságoktól bérelt 56 kb/s-os vonalak segítségével kapcsolták egymáshoz.

A szoftvert az alhálózatnak és a hosztoknak megfelelően két részre osztották. Az alhálózati szoftver egyrészt a hoszt-csomóponti gép kapcsolatnak a csomóponti gép felőli protokollját és a csomóponti gép-csomóponti gép protokollt tartalmazta, valamint a nagyobb megbízhatóság érdekében a forrás csomóponti gép és a cél csomóponti gép közötti protokollt. Az ARPANET eredeti tervét az 1.24. ábra mutatja.

Az alhálózaton kívül szintén szükség volt bizonyos protokollokra. Idetartozott a hoszt-csomóponti gép kapcsolat hoszt felőli oldala, a hoszt-hoszt protokoll és az alkalmazás szoftvere. Hamarosan kiderült, hogy a BBN befejezettnek tekintette a fel-



1.24. ábra. A kezdeti ARPANET hálózat

adatát azzal, hogy a hoszttól a csomóponti géphez érkező üzeneteket egyszerűen csak áttette a cél csomóponti gép és a cél hoszt közötti vonalra.

A hoszt szoftverproblémáinak megvitására Larry Roberts, az ARPA munkatársa 1969 nyarán a Utah állambeli Snowbirdben szervezett egy találkozót a hálózatos szakemberek – elsősorban egyetemisták – részére. Az egyetemisták arra számítottak, hogy a szakemberek majd bemutatják nekik a hálózatot és annak szoftverét, illetve, hogy részfeladatokat kapnak a szoftver megírásából. Igencsak meglepődtek azon, hogy nem jött el egy hálózatos szakember sem, és a hálózatról sem érkezett semmi hír. Így kénytelenek voltak saját maguk kitalálni a feladatokat.

Ugyanakkor 1969 decemberében kezdett kibontakozni egy olyan kísérleti hálózat, amelynek négy csomópontja volt; egy az UCLA-n, egy az UCSB-n, egy az SRI-n és egy a Utahi Egyetemen. Azért került ez a négy hely kiválasztásra, mert mind a négy-nél igen sokan dolgoztak ARPA-szerződéssel, továbbá mindegyikükél különböző típusú és egymással inkompatibilis számítógépek voltak (csak hogy még viccesebb legyen a helyzet). A hálózat gyorsan terebélyesedett, és hamarosan behálózta az egész országot. Az 1.25. ábra azt mutatja be, hogy hogyan terjeszkedett az ARPANET az első három évben.

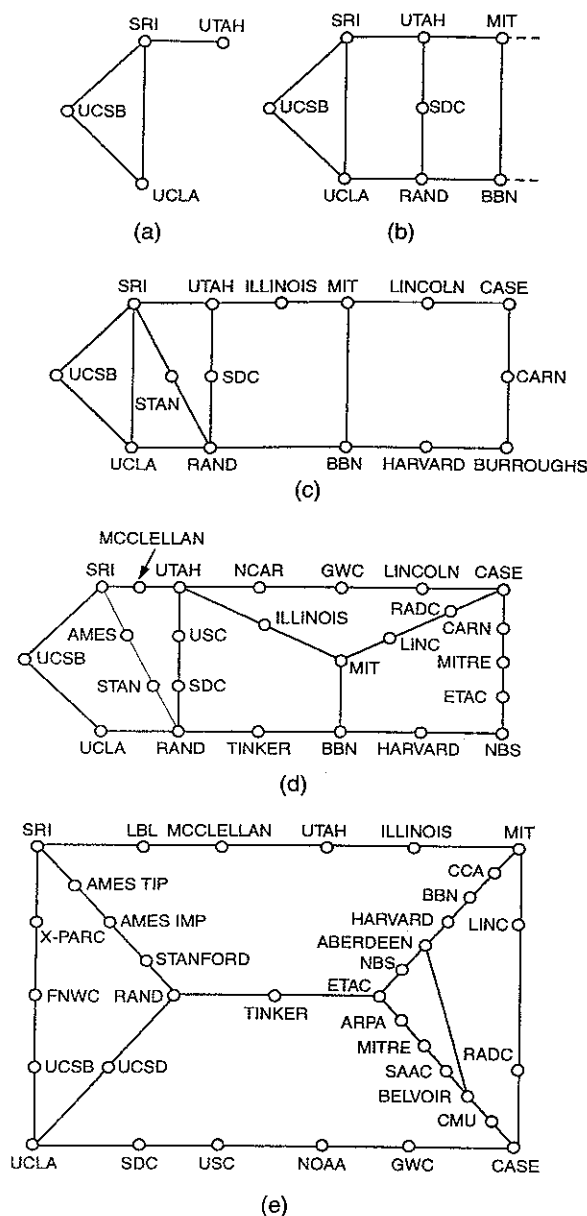
A csomóponti gépek szoftverét később megváltoztatták, és a terminálok számára lehetővé tették egy speciális csomóponti géphez, a **csomóponti számítógéphez (Terminal Interface Processor, TIP)** történő csatlakoztatást, így nem kellett a hosztokon keresztül menni. Más változtatások is történtek a későbbiekben. Például egy csomóponti géphez több hoszt is csatlakozhatott (takarékosági okokból), a hosztok több csomóponti géppel is társalghattak (a csomóponti gépek meghibásodásából eredő problémák kivédése érdekében), illetve a hosztok és a csomóponti gépek közötti távolságot megnövelték (annak érdekében, hogy a hosztokat az alhálózattól távol is el lehessen helyezni).

A még gyerekcipőben járó ARPANET fejlődése érdekében, az ARPA kutatásokba kezdett a műholdas hálózatok és a mobil csomagkapcsolású rádiós hálózatok területén is. Az egyik híres demonstrációs kísérletben egy Kaliforniában közlekedő teherautó a csomagkapcsolású rádiós hálózat segítségével üzeneteket küldött az SRI-nek, ahonnan az ARPANET-en továbbították azokat a keleti partra. Onnan az üzenetek a műholdas hálózaton keresztül jutottak el a londoni University College-be. Ezáltal lehetőség nyílt arra, hogy Kaliforniában egy teherautón utazó kutató egy londoni számítógépet használhasson.

Ez a kísérlet ugyanakkor azt is világossá tette, hogy az ARPANET protokolljai nem igazán megfelelőek több hálózathoz álló rendszerek esetén. Ez az észrevétel a protokollok további fejlesztéséhez vezetett, aminek csúcspontja a TCP/IP modell és a TCP/IP protokollok kifejlesztése volt (Cerf és Kahn, 1974). A TCP/IP-t kifejlesztetten az internet hálózatokon való kommunikációra tervezték, amire egyre nagyobb szükség is volt, miután az ARPANET-hez kapcsolódó hálózatok száma rohamosan nőtt.

Annak érdekében, hogy ösztönözzék az új protokollok beilleszkedését a Berkeley-féle UNIX-ba, az ARPA rengeteg szerződést ajánlott fel a BBN és a kaliforniai Berkeley Egyetem munkatársai számára. A Berkeley kutatói kifejlesztettek egy kényelmes hálózati (socket) interfész programot, és számos alkalmazást, segédprogramot, valamint hálózati menedzsment programot írtak annak érdekében, hogy a hálózatok felhasználását még könnyebbé tegyék.





1.25. ábra. Az ARPANET fejlődése. (a) 1969. december. (b) 1970. július. (c) 1971. március. (d) 1972. április. (e) 1972. szeptember

Az időzítés tökéletes volt. Sok egyetem pont akkoriban rendelte meg második vagy harmadik VAX számítógépet egy LAN-nal együtt, ami összekapcsolta a számítógépeket, viszont nem volt hozzá hálózati szoftverük. Amikor a 4.2BSD megjelent a TCP/IP-val, a socketekkel és számos hálózati segédprogrammal, a teljes programcsomagot pillanatok alatt átfírták. Ráadásul a TCP/IP segítségével könnyű volt a LAN-okat az ARPANET-hez csatlakoztatni, és ezt a lehetőséget sokan ki is használták.

1983-ra a több mint 200 csomóponti gépet és több száz hosztot tartalmazó ARPANET már stabil és igencsak sikeres volt. Ekkor az ARPA a hálózat irányítását átadta a DCA-nak (Defense Communications Agency), hogy az üzemeltesse tovább a hálózatot. A DCA első lépése az volt, hogy leválasztotta a katonai részt (kb. 160 csomóponti gépet, amiből 110 az Egyesült Államokban volt, a többi pedig külföldön), és egy külön alhálózatot hozott létre MILNET néven. A MILNET és a megmaradt kutatói hálózat közé szigorúan ellenőrzött átjárókat építettek be.

A 80-as években további hálózatokkal, főleg LAN-okkal bővült az ARPANET. Ahogy a gépek száma nőtt, egyre költségesebbé vált egy bizonyos hoszt megkeresése, ezért létrehozták a DNS (Domain Naming System) rendszert. A DNS rendszer célja az, hogy a gépeket domainekbe szervezze, és a hosztok neveit leképezze az IP címükre. Azóta a DNS egy olyan általánosított, elosztott adatbázisrendszerként működik, amelyben az elnevezésekkel kapcsolatos mindenféle információt eltárolnak. Ezzel részletesebben is foglalkozunk majd a 7. fejezetben.

1990-re az ARPANET-et megelőzték újabb hálózatok, olyanok, amelyek pont belőle fejlődtek ki. Így az ARPANET elhalt és szétdarabolódott, de a hálózat kutatóinak szívében tovább él, és emlékeikben örökre megmarad.

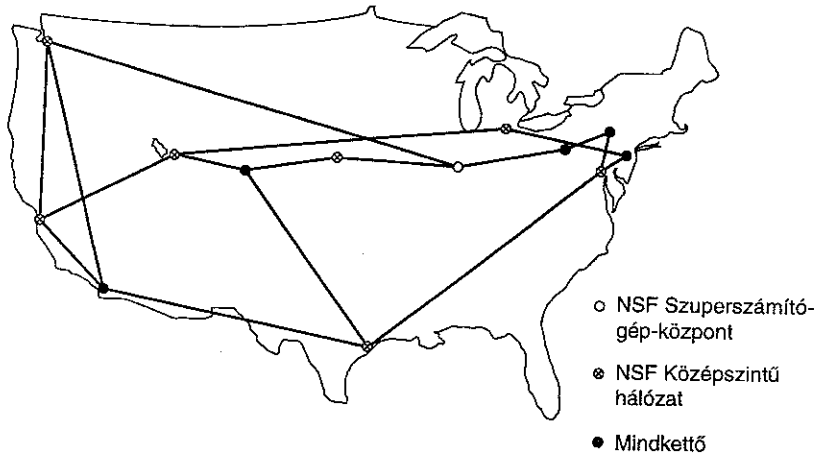
### 1.5.3. NSFNET

A 70-es évek vége felé az egyesült államokbeli Nemzeti Kutatási Alap (U.S. National Science Found, NSF) felismerte, hogy az ARPANET-nek óriási hatása van az egyetemi kutatásokra, és ez tette lehetővé, hogy a kutatók országszerte hozzáférhessenek bármilyen adathoz, és közös projekteken dolgozhassanak. Ugyanakkor ahhoz, hogy egy egyetem az ARPANET-tel foglalkozhasson, kutatási szerződést kellett kötnie a Védelmi Minisztériummal (a DoD-vel), amit azonban sok egyetem nem tudott elérni. Az egyetemi hozzáférésnek ez a hiánya készítette az NSF-et arra, hogy létrehozzon egy virtuális hálózatot, a CSNET-et. A CSNET központja egy olyan gép volt a BBN-nél, amely a telefonvonalakon keresztül lehetővé tette az ARPANET-hez és más hálózatokhoz való kapcsolódást. A CSNET-et az egyetemi kutatóknak csak fel kellett hívniuk, és elküldhették e-leveleiket másoknak. A rendszer egyszerű volt ugyan, de működött.

1984-ben az NSF az ARPANET-ből kiindulva, elkezdett kifejleszteni egy olyan nagy sebességű hálózatot, amely minden egyetemi kutatócsoport számára nyitott volt. Hogy rögtön egy konkrét lépést is tegyen, az NSF elhatározta, hogy a hat szuperkomputer központjának (San Diego, Boulder, Champaign, Pittsburgh, Ithaca, Princeton) összekapcsolásához gerinchálózatot épít ki. Mindegyik szuperkomputer kapott egy kistestvért, egy LSI-11 mikroszámítógépet. Ezt fuzballnak hívták. A fuzballokat

56 kb/s-os bérelt telefonvonalak kötötték össze. Ezáltal egy ugyanolyan alhálózat jött létre, mint amelyet az ARPANET használt. A szoftver technológia viszont más volt; a fuzballok TCP/IP nyelven beszéltek kedettől fogva, így ez volt az első TCP/IP-s nagy kiterjedésű hálózat.

Az NSF is letette az alapjait jó néhány (kb. 20) regionális hálózatnak, amelyeket rákapcsolt a gerinchálózatra. Ez több ezer egyetem, kutatóintézet, könyvtár és múzeum számára elérhetővé tette a szuperkomputereket, és lehetőséget biztosított arra, hogy az emberek kommunikálni tudjanak egymással. A gerinchálózatot és a regionális hálózatokat magába foglaló teljes hálózatot NSFNET-nek hívták. Az NSFNET egy csomóponti gép és egy fuzball közötti összeköttetéssel kapcsolódott ARPANET-hez a Carnegie-Mellon Egyetem számítóközpontjában. Az első NSFNET gerinchálózat az 1.26. ábrán látható.



1.26. ábra. Az NSFNET gerinchálózat 1988-ban

Az NSFNET azonnal nagy siker lett, és mindenki várta a folytatást. Az NSF ezért hamarosan elkezdte tervezni a következő hálózatot, amelynek üzemeltetésére szerződést kötött a michigani székhelyű MERIT konzorciummal. A 2-es számú gerinchálózathoz már 448 kb/s-os optikai kábeleket béreltek az MCI-től. A routerek IBM PC-RT számítógépek voltak. Azonban hamarosan ez is kevésnek bizonyult, így 1990-re a 2-es számú gerinchálózat sebességét megnövelték 1,5 Mb/s-ra.

Ahogy a fejlődés folytatódott, az NSF rájött arra, hogy a kormány nem tudja a végtelenségig támogatni a hálózatok fejlődését. Ráadásul, kereskedelmi szervezetek is rá akartak kapcsolódni az NSFNET-re, azonban az NSF bérlői ehhez nem járultak hozzá. Ezért az NSF arra ösztönözte a MERIT-et, az MCI-t és az IBM-et, hogy hozzanak létre egy non-profit szervezetet, amely megnyitná az utat a hálózatok kereskedelmi forgalomba helyezéséhez. Ez a szervezet, az ANS (Advanced Networks and Services)

1990-ben átvette az NSFNET-et, az 1,5 Mb/s-os vonalak sebességét megnövelte 45 Mb/s-ra, és a hálózat új neve ANSNET lett.

1991 decemberében az amerikai törvényhozás törvényjavaslatot terjesztett elő arra, hogy a **Nemzeti Kutatási és Oktatási Hálózatnak (National Research and Educational Network, NREN)**, az NSFNET utódszervezetének csak gigabit sebességű vonalak használatát engedélyezzék. Céljuk ugyanis az volt, hogy még az ezredforduló előtt elérjék a 3 Gb/s-os sebességet, mivel ezt a hálózatot a sokat vitatott információs szupersztráda prototípusának szánták.

1995-re a regionális NSF hálózatok összekapcsolásához már nem volt szükség az NSFNET gerinchálózatra, mivel a legtöbb cég a kereskedelmi forgalomban levő IP hálózatokat használta. Miután 1995-ben az Amerika Online megvásárolta az ANSNET-et, a regionális NSF hálózatoknak ki kellett lépniük a hálózatból, és így csak internet szolgáltatókon keresztül tudtak összekapcsolódni.

Az átalakulás megkönnyítése érdekében az NSF szerződést kötött négy hálózatüzemeltetővel, amelyek **hálózat elérési pontokat (Network Access Points, NAP)** alakítottak ki. A négy cég a következő volt: a PacBell (San Francisco), az Ameritech (Chicago), az MFS (Washington, D. C.) és a Sprint (New York). A NAP valamennyi regionális hálózat számára biztosította a többi regionális hálózat elérését. Az összes olyan hálózatüzemeltetőnek, amelyik a regionális NSF hálózatoknak akart szolgáltatni, hozzá kellett kapcsolódni valamennyi NAP-hez. Ez az elrendezés azt jelentette, hogy egy regionális hálózatban elküldött üzenet szabadon választhatott, hogy a forrás NAP és a cél NAP között melyik gerinchálózaton halad. Ennek köszönhetően a gerinchálózatok üzemeltetői versenyezni kezdtek egymással a regionális hálózatok megszerzéséért, ami a szolgáltatások minőségét és az árakat is jelentősen befolyásolta. Ez volt természetesen a dolog lényege. Az NSF NAP-eken kívül a kormány is létrehozott számos NAP-et (pl. FIX-E, FIX-W, MAE-East és MAE-West), így az egy gerinchálózatos rendszer terve átalakult egy olyan versenyképes infrastruktúrává, amelyet a piac irányított.

Más országok és régiók is építettek az NSFNET-hez hasonló hálózatokat. Ilyen például Európában az EuropaNet, amely egy kutatóintézeteket összekötő IP gerinchálózat, vagy az EBONE, amely egy kereskedelmi célú hálózat. Mindkét hálózat számos európai várost köt össze 2 Mb/s-os vonalakkal. Jelenleg már folyamatban van a vonalak sebességének 34 Mb/s-ra történő növelése. Minden európai országban van legalább egy olyan országos hálózat, amely az NSF regionális hálózatokhoz hasonlít.

#### 1.5.4. Internet

Miután 1983. január 1-jétől az ARPANET hivatalos protokollja a TCP/IP lett, az ARPANET-hez kapcsolódó hálózatok, gépek és felhasználók száma ugrásszerűen megnőtt. Az NSFNET és az ARPANET összekapcsolásával ez a szám exponenciálisan nőtt tovább. Sok-sok regionális hálózat kapcsolódott a gerinchálózathoz Kanadából, Európából és a Csendes-óceán vidékéről.

Valamikor a 80-as évek közepe táján a sok egymáshoz kapcsolódó hálózatot egy internetnek kezdték tekinteni, ebből lett később az Internet. Igaz, erről hivatalosan még nem beszéltek, azonban néhány politikus már pezsgőt bontott egy fuzball fölött is.

A fejlődés exponenciális jelleggel folyt tovább, és 1990-re az Internet már közel 3000 hálózatot és 200 000 számítógépet foglalt magába. 1992-ben a hosztok száma elérte az egymilliót. 1995-re számos gerinchálózat, több száz középszintű (azaz regionális) hálózat, több tízezer LAN, több millió hoszt és több tízmillió felhasználó alkotja az Internetet. Ezek a számok majdhogynem megduplázódnak minden évben (Paxson, 1994).

A rendkívüli mértékű növekedés abból fakad, hogy rengeteg már létező hálózat kapcsolódik rá az Internetre. Az elmúlt időszakban ilyen volt például a SPAN, a NASA űrfizikai hálózata, a HEPNET, a nagyenergiájú részecskefizikai hálózat, a BITNET, az IBM erőforrásgép-hálózata és az EARN, az európai egyetemi hálózat, amelyet ma már csak Európa keleti részén használnak. Mindezekon kívül még számos tengerentúli vonal működik, amelyek sebessége 64 kb/s és 2 Mb/s között mozog.

Az Internetet a TCP/IP hivatkozási modell és a TCP/IP protokollkészlet tartja össze. A TCP/IP egy olyan egységes szolgáltatást tesz lehetővé világszerte, amelyet leginkább a telefonhálózathoz vagy a 19. században egységesített vasúti nyomtávhoz lehetne hasonlítani.

Mit is jelent valójában az Interneten lenni? A mi definíciónk szerint egy gép akkor kapcsolódik az Internetre, ha ismeri a TCP/IP protokollt, van IP címe, illetve az Interneten levő bármely másik gépnek képes IP csomagokat küldeni. Pusztán az, hogy egy gép elektronikus leveleket tud elküldeni és fogadni, még nem jelenti azt, hogy az Internethez kapcsolódik, mivel e-levelet egy átjárón keresztül az Interneten kívüli hálózatokra is el lehet küldeni. Sajnos a dolog nem ilyen egyszerű, ugyanis nagyon sok személyi számítógép képes arra, hogy modem segítségével felhívjon egy Internet-szolgáltatót, amelytől kap egy ideiglenes IP címet, és más Internetes hosztoknak máris küldheti az IP csomagokat. Amíg ezek a gépek az Internet-szolgáltatót routeréhez kapcsolódnak, joggal tekinthetjük őket is úgy, mintha az Interneten lennének.

A robbanásszerű fejlődés miatt az Internetet már nem lehet a régi módszerekkel használni. 1992 januárjában megalakult az **Internet Társaság (Internet Society)**, amely elősegíti az Internet felhasználását, és talán átveszi annak irányítását is.

Hagyományos értelemben véve az Internetnek négy fő alkalmazási területe van, amelyek a következők:

1. **E-levél.** Az elektronikus levelek szerkesztése, elküldése és fogadása az ARPANET kezdeti korszakában vált lehetővé, és azóta is hihetetlen népszerűségnek örvend. Sokan kapnak naponta több tucat levelet, és a külvilággal való kapcsolattartás szempontjából sokkal inkább ezt az utat tekintik elsődlegesnek, mint a telefont vagy a csigalassúságú postát. Manapság már mindenfajta számítógéphez van levelező program.
2. **Hírek.** A hírcsoportok olyan speciális fórumok, amelyek az azonos érdeklődésű emberek számára lehetővé teszik véleményük kicserélését. Több ezer hírcsoport létezik műszaki és nem műszaki témákban. Ilyen például a számítástechnika, a tudományok, a szórakozás vagy a politika. Minden hírcsoportnak saját etikai szabályai, saját stílusa és szokásai vannak, és jaj annak, aki megszegi ezeket.

3. **Távoli bejelentkezés.** A Telnet, a Rlogin és más hasonló programok segítségével bárki bejelentkezhet az Interneten egy olyan gépre, amelyhez hozzáférési joga (account) van.
4. **Fájltranszfer.** Az FTP program lehetőséget biztosít arra, hogy bármelyik, Interneten levő gépről fájlokat másolhassunk egy másik gépre. Tömérdek mennyiségű cikk, adatbázis és rengeteg egyéb információ érhető el ily módon.

A 90-es évek kezdetéig az Internetet főleg oktatási és kormányzati intézmények, valamint ipari kutatóintézetek használták. Egy új alkalmazás, a **Világháló (World Wide Web, WWW)** ezt a helyzetet gyökeresen megváltoztatta, és több millió új, az oktatástól független felhasználót vont be a hálózatba. A CERN-es fizikus, Tim Berners-Lee által kifejlesztett alkalmazás nem változtatott semmit a rendelkezésre álló eszközökön, hanem egyszerűen csak könnyebbé tette a használatukat. A NCSA (National Center for Supercomputer Applications) által írt Mosaic nevű böngészőnek köszönhetően lehetőség nyílt arra, hogy olyan szövegeket, képeket, hangokat, sőt akár még mozgóképeket is tartalmazó információs oldalakat hozzunk létre, amelyekről más oldalakra is el lehet jutni. Ha rákattintunk egy linkre, pillanatok alatt az általa mutatott oldalon találjuk magunkat. Sok cég honlapja tartalmaz olyan linkeket, amelyek segítségével további oldalakra juthatunk el. Olyanokra, mint például termékismertető, árlisták, vásárlási feltételek, műszaki terméktámogatás, kapcsolattartás az alkalmazottakkal, részvényesek tájékoztatása stb.

Rövid időn belül rengeteg új oldal született; térképek, részvénytársasági táblázatok, könyvtári katalógusok, rögzített rádióadások. Még azoknak a könyveknek a teljes szövegei is felkerültek az Internetre, amelyek szerzői jogai már lejártak (pl. Mark Twain, Charles Dickens stb.). Sok embernek saját oldala (honlapja) is van.

A Mosaic megjelenését követően a WWW szerverek száma egy év alatt 100-ról 7000-re emelkedett. Ez az elképesztő növekedés a következő években bizonyára tovább folytatódik, és nagy valószínűséggel ez lesz az az erő, amely az Internet technológiáját és használatát átvezeti a jövő évezredbe.

Az Internetről és protokolljairól számos könyv íródott. További részletek találhatóak (Black, 1995; Carl-Mitchell és Quaterman, 1993; Comer 1995; és Santifaller, 1994) műveiben.

### 1.5.5. Gigabites kísérleti hálózatok

Az Internet gerinchálózatai jelenleg a megabites sebességtartományban működnek, így a fejlesztéssel foglalkozó szakemberek számára a következő lépést a gigabites hálózatok jelentik. A hálózatok sávszélességének növelése új alkalmazásokat tesz lehetővé, és ez alól a gigabites hálózatok sem jelentenek kivételt. Ebben a bevezetésben a gigabites alkalmazásokról ejtünk néhány szót, ezek közül kettőt konkrétan is megvizsgálunk. A bevezetés második részében pedig felsorolunk néhány már létező gigabites kísérleti hálózatot.

A gigabites hálózatok nagyobb sávszélességgel rendelkeznek, mint a megabitesek, azonban ez nem jelenti azt, hogy a késleltetések is minden esetben kisebbek lennének. Például ha New York-ból egy 1 kilobites csomagot küldünk San Franciscóba 1 Mb/s-os sebességgel, akkor 1 ms alatt kerülnek a bitek az átviteli vonalra, és 20 ms kell nekik ahhoz, hogy átérjenek a kontinens másik felére, tehát összesen 21 ms az átviteli késleltetés. Egy 1 Gb/s-os hálózat ezt az értéket 20,001 ms-ra csökkenti. Ugyan a bitek gyorsabban kerülnek rá az átviteli vonalra, a transzkontinentális késleltetés azonban nem változik, mivel az optikai kábelben, a fény terjedési sebessége (akárcsak rézvezetékben az elektromos jelé) a jelzési sebességtől függetlenül kb. 200 000 km/s. Ezért azokban a nagy kiterjedésű hálózati alkalmazásokban, amelyekben a kis késleltetés fontos szempont, nincs túl nagy jelentősége a nagyobb átviteli sebességnek. Szerencsére azonban vannak olyan alkalmazások, amelyekben igenis számít a sávszélesség, és ezeknél az alkalmazásoknál a gigabites hálózatok komoly szerephez jutnak.

Az egyik ilyen alkalmazás a távgyógyítás. Sokan úgy vélik, hogy a családorvosi és a családi klinikai rendszer újbóli bevezetése csökkenthetné az egészségügyi ellátás költségeit, és mindenki kényelmesen juthatna hozzá magas színvonalú orvosi ellátáshoz. Súlyosabb betegség esetén, a családorvos laborvizsgálatokra, röntgenre, CAT-vagy MRI-felvételek készítésére utalhatná be a beteget. A vizsgálatok eredményeit és a különböző felvételeket egy megfelelő szakorvoshoz lehetne elküldeni, aki felállítaná a diagnózist.

Az orvosok általában nem szeretnek számítógépes képek alapján diagnosztizálni, hacsaknem az elküldött kép minősége az eredeti kép minőségével azonos. Ennek a követelménynek akkor lehet eleget tenni, ha a képek mérete legalább  $4 K \times 4 K$  pixel, és fekete-fehér kép esetén pixelenként 8 bit, színes kép esetén pedig pixelenként 24 bit a felbontása. Mivel vannak olyan vizsgálatok, amelyekhez 100 felvétel is szükséges lehet (pl. a kérdéses szervről történő metszetek készítésekor), így egy páciens anyaga akár 40 gigabitet is kitehet. A mozgóképek (pl. egy dobogó szív) ennél jóval több adatot jelentenek. A tömörítés valamelyest segíthet ezen a problémán, azonban az orvosok tartanak ettől a megoldástól, mivel a leghatékonyabb tömörítési eljárások is rontanak a kép minőségén. Ráadásul, a felvételeket több évig meg kell őrizni, sőt mi több, vészhelyzet esetén pillanatok alatt elő kell tudni keresni őket. A kórházak nem akarnak számítógép-központokká válni, ezért az *off-line* adattárolás és a nagy sávszélességű elektronikus adatlekérdezés alapvető igény.

Egy másik gigabites alkalmazás a virtuális tárgyalás. Mindegyik tárgyalóteremben van egy nagylátószögű kamera és néhány ember. A kamerák képeit számítógép segítségével úgy vágják össze, hogy az egész azt a látszatot keltse, mintha mindenki ugyanabban a teremben lenne. Ezt a képet mindenki a virtuális valóság szemüvegén keresztül látja. A tárgyalások így utazás nélkül megtarthatók, de még egyszer hangsúlyozzuk, hogy mindez elképesztően nagy adatátviteli sebességeket igényel.

1989-ben az ARPA és az NSF megállapodtak abban, hogy hozzájárulnak néhány közös egyetemi-ipari kísérleti hálózat kifejlesztésének költségeihez. Később ezek a hálózatok az NREN projekt részét képezték. Néhányukban az adatátviteli sebesség irányonként 622 Mb/s volt, tehát a kétirányú adatforgalom meghaladta az egy gigabitet. Ezt a gigabitet időnként „állami gigabit”-nek is szokták hívni. (A cinikusok inkább adózás utáni gigabitnek hívják.) Az alábbiakban az első öt ilyen projektet mutatjuk be

röviden. Mindegyik elvégezte a feladatát, és már véget ért, azonban mint az ARPANET-hez hasonló úttörő próbálkozásoknak, nekik is kijár egy kis elismerés.

1. Az **Aurora** egy olyan kísérleti hálózat volt, amely négy észak-keleti pontot kötött össze: az M.I.T.-t, a Pennsylvania-i Egyetemet, az IBM T.J. Watson Laboratóriumát és a New Jersey állambeli Morristownban található Bellcore-t. A 622 Mb/s-os vonalakat az MCI-től, a Bell Atlantictól és a NYNEX-től bérelték. Az Aurorát elsősorban azért fejlesztették ki, hogy leteszteljék vele a Bellcore's Sunshine nevű kapcsolóberendezését, illetve az IBM (saját tulajdonú) **plANET** kapcsolóberendezését. A kutatás főbb területei a következők voltak: kapcsolástechnika, gigabites protokollok, forgalomirányítás, hálózatirányítás, elosztott virtuális memóriák, valamint az együttműködés támogatása videokonferenciákkal. További részleteket (Clerk és mások, 1993) művében olvashatunk erről.
2. Az eredetileg **XUNET**-nek nevezett **Blanca** kutatási projektben az AT&T Bell Laboratóriumok, a Berkeley Egyetem és a Wisconsini Egyetem vett részt. 1990-ben további intézmények csatlakoztak be (LBL, Cray Research és az Illinois-i Egyetem), és kérték az NSF/ARPA támogatását. Egyes részei 622 Mb/s-os sebességgel működtek, a többi ennél kisebb sebességgel. A Blanca volt az egyetlen országos hálózat, míg a többi csak regionális hálózat volt. Ennek tudható be, hogy a kutatások elsősorban a fénysebességgel terjedő jelek késleltetésének hatásaira irányultak. Az érdeklődés középpontjában a protokollok, főleg a hálózatirányító protokollok, a hoszt interfészek és olyan gigabites alkalmazások álltak, mint például az orvosi képfeldolgozás, az időjárás modellezés és a rádiós úrkutatás. Mindezekről bővebben (Catlett, 1992; és Fraser, 1993) műveiben olvashatunk.
3. A **CASA** projekt célja elsősorban azoknak a szuperszámítógépes alkalmazásoknak a kutatása volt, amelyekben egy bizonyos részfeladat vagy csak egy adott típusú gépen (pl. egy Cray vektor szuperszámítógépen) vagy csak különböző típusú gépeken (pl. párhuzamosan futó szuperszámítógépeken) végezhető el a legjobban. Ilyen alkalmazások voltak a geológiai kutatások (műholdfelvételek elemzése), az időjárás modellezése és egyes kémiai reakciók megértése. Ez a hálózat Kaliforniában és Új-Mexikó államban működött. A projektben Los Alamos, a Cal Tech, a JPL és a San Diego-i Szuperszámítógép Központ vett részt.
4. A **Nectar** projekt abban különbözött az előző háromtól, hogy ez egy kísérleti gigabites nagyvárosi hálózat volt. Egyik vége a CMU-nál, másik vége pedig a pittsburghi Szuperszámítógép-központban volt. A kutatások a vegyi folyamatokhoz kapcsolódó folyamatábrák kidolgozására és operációkutatásra, továbbá ezen folyamatok hibáinak a feltárására irányultak.
5. A **VISTAnet** egy kisméretű gigabites kísérleti hálózat volt, amely az észak-karolinai Research Triangle Parkban működött. Ez a hálózat az Észak-karolinai Egyetemet, az Észak-karolinai Állami Egyetemet és az MCNC-t kapcsolta össze. Az érdeklődés középpontjában egy olyan nyilvános, kapcsolt, gigabites hálózat prototí-

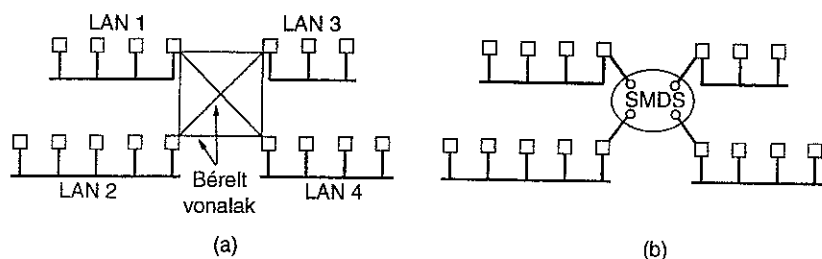
pusának elkészítése volt, amelyhez több száz gigabites vonal csatlakozott. Ez a hálózat másodpercenként terrabit nagyságrendű adatmennyiséget lett volna képes fel dolgozni. A kutatások célja rákos betegek sugárterápiájának megtervezése volt 3 dimenziós képek segítségével. Mindezt úgy akarták megvalósítani, hogy az orvosok folyamatosan tudják változtatni a besugárzás különböző paramétereit, és azonnal láthassák a daganatot és a környező szöveteket ért sugárzás mennyiségét (Ransom, 1992).

## 1.6. Példák adatkommunikációs szolgáltatásokra

A telefontársaságok és más cégek különböző hálózati szolgáltatásokat kínálnak az előfizetőknek. Az alhálózat, amely az ügyfelek hosztjait és termináljait kiszolgálja, az üzemeltető tulajdonában van. Az ilyen rendszert **nyilvános hálózatnak** hívják. Ez hasonlít a nyilvános telefonhálózathoz, sőt gyakran részét is képezi annak. Az 1.14. ábrán már láthattunk egy ilyen újfajta szolgáltatást: ez volt a DQDB. A továbbiakban még négy szolgáltatásra mutatunk be példát, amelyek a következők: az SMDS, az X.25, a frame relay és a szélessávú ISDN.

### 1.6.1. SMDS – Switched Multimegabit Data Service

Az első szolgáltatás, amit bemutatunk, a **kapcsolt, több megabites adatátviteli szolgáltatás (Switched Multimegabit Data Service, SMDS)**. Ezt arra fejlesztették ki, hogy lokális hálózatokat kapcsoljanak össze vele. Tipikusan akkor alkalmazzák, amikor egy vállalat gyártelepe és irodái között kell kapcsolatot létesíteni. Ezt a szolgáltatást a 80-as években a Bellcore tervezte meg, és a 90-es évek elején már regionális és nagy kiterjedésű hálózatokban is használták. A tervezők célja az volt, hogy nagy sebességű adatszolgáltatást hozzanak létre, és azt a lehető legkevesebb zavar okozásával



1.27. ábra. LAN-ok összekapcsolása. (a) Négy LAN összekapcsolása bérelt vonalakkal. (b) LAN-ok összekapcsolása SMDS segítségével

világméretűvé terjesszék ki. Az SMDS az első nyilvános, szélessávú (azaz nagy sebességű) kapcsolt szolgáltatás.

Annak érdekében, hogy az SMDS hasznosságát bemutathassuk, képzeljünk el egy vállalatot, amelynek van négy irodája négy különböző városban, és mindegyik irodájában van egy lokális hálózat. A vállalat össze szeretné kapcsolni a lokális hálózatait, hogy csomagokat tudjon küldeni egyikről a másikra. Az egyik lehetséges megoldás az, hogy bérel hat nagy sebességű vonalat, és mindegyik hálózatot összeköti az összes többivel. Ez a megoldás látható az 1.27.(a) ábrán. Ez persze járható út, csak éppen költséges.

Egy másik lehetséges megoldás az, hogy SMDS-t használunk. Ezt az 1.27.(b) ábra szemlélteti. A SMDS hálózat úgy működik, mint egy nagy sebességű gerinchálózat. Lehetővé teszi, hogy bármelyik LAN-ról bármelyik LAN-ra csomagokat küldhessünk. Az ügyfél irodájában levő LAN és a telefontársaság irodájában levő SMDS hálózat között egy (rövid) bérelt vonal biztosítja az összeköttetést. Ez a vonal általában egy DQDB-alapú nagyvárosi hálózat része, de persze más megoldások is lehetségesek.

Míg a telefontársaságok legtöbb szolgáltatását állandó intenzitású adatforgalomhoz tervezték, addig az SMDS-t löketszerű forgalomhoz fejlesztették ki. Ez azt jelenti, hogy egy csomagot gyorsan kell eljuttatni az egyik LAN-tól a másikig, ugyanakkor az idő nagyobbik részében meg semmilyen forgalom nincs a két LAN között. Az 1.27.(a) ábrán látható bérelt vonalas megoldásnak az a baja, hogy magas telefonszámlát eredményez, ugyanis ha felépül az összeköttetés, akkor attól a pillanattól kezdve fizetni kell érte függetlenül attól, hogy használjuk-e azt vagy sem. Ha gyakran megszakad a vonal, akkor a bérelt vonalak drágák lesznek. Az SMDS árait viszont úgy alakították ki, hogy ilyen esetekben is versenyképes legyen. Ha  $n$  számú LAN-t akarunk összekapcsolni, akkor a teljes összeköttetést megvalósító hálózathoz  $n(n-1)/2$  nagytávolságú (azaz drága) vonalat kell bérelnünk, míg az SMDS esetén csak  $n$  rövid vezeték szükséges a legközelebbi SMDS forgalomirányítóhoz való csatlakozáshoz.

Mivel az SMDS célja a lokális hálózatok közötti forgalom biztosítása, ezért elég gyorsnak kell lennie. A szabványos sebesség 45 Mb/s, de néha ennél kisebb sebesség is megengedett. A nagyvárosi hálózatok is képesek 45 Mb/s-os sebességgel működni, de azok nem kapcsolt hálózatok, ezért ha négy LAN-t össze akarunk kötni egy nagyvárosi hálózattal, akkor a telefontársaságnak egy vezetékre kell felfűznie a négy LAN-t. Ez viszont csak akkor lehetséges, ha azok egy városban vannak. Az SMDS révén mindegyik LAN a telefontársaság egyik kapcsolóberendezésével van csak összekötve, és a kapcsolók továbbítják a csomagokat az SMDS hálózaton keresztül a célállomás felé. Útja során a csomag több kapcsolón is áthaladhat.

Az alap SMDS szolgáltatás egy egyszerű összeköttetés nélküli csomagkézbesítő szolgáltatás. A csomag felépítését az 1.28. ábrán láthatjuk. A csomag három mezőt tartalmaz, melyek a következők: a célállomás címe (ahová a csomagnak el kell jutnia), a forrásállomás címe (aki küldi) és egy változó hosszúságú adatmező, amely maximum 9188 bájtot tartalmazhat. Miután a küldő LAN-hoz kapcsolódó forrásállomás ráteszi a csomagot a vonalra, az SMDS minden tőle telhetőt elkövet, hogy a csomagot a megfelelő irányba továbbítsa, persze ezt garantálni nem tudja.

A forrásállomás és a célállomás címe egy 4 bites kódból és egy azt követő telefonszámból áll. A telefonszám legfeljebb 15 számjegyet tartalmazhat. Minden számjegyet

Bájt	8	8	9188
	Rendeltetési cím	Forráscím	Felhasználói adat

1.28. ábra. Az SMDS csomag felépítése

egy 4 bites mező kódol. A telefonszámok országhívó számot, körzetszámot, és előfizetői számot tartalmaznak, így a szolgáltatást nemzetközi szinten is igénybe lehet venni. A hálózati címeket azért rendelték hozzá tízes számrendszerben megadott telefonszámokhoz, hogy a türelmetlen felhasználók számára is könnyen használhatók legyenek.

Amikor egy csomag az SMDS hálózathoz érkezik, akkor a számlacsálások kivédése érdekében az első router leellenőrzi, hogy a forrásállomás valóban a bejövő vonalon van-e. Amennyiben a forrásállomás címe nem megfelelő, akkor a csomagot eldobja. Ha viszont a cím rendben van, akkor a csomagot továbbítja a célállomás felé.

Az SMDS egyik hasznos tulajdonsága, hogy alkalmas adatszórásra. Az ügyfél meghatározhat egy SMDS telefonszámokat tartalmazó listát, és az egész listához hozzárendelhet egy speciális telefonszámot. Az erre a számra elküldött csomagok a listán szereplő valamennyi számra eljutnak. A National Association of Securities Dealers szervezet az MCI SMDS szolgáltatásának ezt a tulajdonságát használja fel arra, hogy adatszórással tájékoztassa a tőzsdei árfolyamokról mind az 5000 tagját.

Az SMDS egy másik, szintén hasznos tulajdonsága, hogy mind a kimenő, mind a beérkező csomagokban monitorozni tudja a címeket (address screening). Kimenő csomagok esetén az ügyfél meghatározhatja azt, hogy kizárólag milyen telefonszámokra juthassanak el a csomagjai. A bejövő csomagok esetén pedig előre megmondhatja, hogy melyek azok a telefonszámok, amelyről csomagokat kíván fogadni. Ha mindkét monitorozási módra lehetőség van, akkor az ügyfél tulajdonképpen kialakíthat magának egy olyan hálózatot, amelynek semmilyen SMDS kapcsolata nincs a külvilággal. Olyan cégeknek, amelyek bizalmas adatokkal dolgoznak, ez egy rendkívül értékes jellemző.

Az adatmező tetszőleges bájt sorozatot tartalmazhat, de hossza legfeljebb 9188 bájt lehet. Az SMDS nem foglalkozik az adatmező tartalmával. Lehet benne Ethernet csomag, IBM vezérjeles gyűrűbeli csomag, IP csomag, vagy bármilyen más csomag. Akármilyen is van az adatmezőben, az egy az egyben eljut a forrás LAN-tól a cél LAN-ig.

Az SMDS a löketszerű adatforgalmat a következő módon kezeli. A bérelt vonalakhoz kapcsolódó routerek tartalmaznak egy olyan számlálót, amelyik állandó időközönként, mondjuk 10  $\mu$ s-onként lép egyet. Amikor egy csomag a routerhez érkezik, a router megvizsgálja, hogy a számláló értéke nagyobb-e, mint a csomag hossza bájtban kifejezve. Ha nagyobb, akkor a csomagot késleltetés nélkül továbbküldi, és a számláló értékét annyival csökkenti, amennyi a csomag hossza volt. Ha viszont a csomag hossza nagyobb, mint a számláló állása, akkor a csomagot eldobja.

A felhasználó így tulajdonképpen átlagosan 100 000 bájt/s-os sebességgel küldhet üzenetet, de a löketek alatt ez az érték jóval magasabb is lehet. Ha például a vonal 10 ms-ig nyugalomban volt, akkor a számláló 1000-en fog állni, és a felhasználó egy 1 kilobájtos löketszerű üzenetet a maximális 45 Mb/s-os átviteli sebességgel tud elkül-

deni, tehát kb. 180  $\mu$ s alatt megy el az üzenet. Egy 100 000 bájt/s-os bérelt vonalon ugyanez az adatmennyiség kb. 10 ms alatt továbbítódna. Az SMDS tehát kis késleltetéssel képes átvinni a ritkán előforduló, egymástól független löketekeket, miközben az átlagos átviteli sebesség a fenti érték alatt marad. Ez a mechanizmus szükség esetén gyors válaszadást tesz lehetővé, ugyanakkor megakadályozza azt, hogy a felhasználó nagyobb sávzélességet használjon fel, mint amennyiért fizet.

### 1.6.2. X.25 hálózatok

Számos régebbi hálózat, főleg az Egyesült Államokon kívül, az X.25 szabványt követi. Ezt a szabványt az CCITT fejlesztette ki a 70-es években azzal a céllal, hogy interfészt biztosítson a nyilvános csomagkapcsolt hálózatok és az ügyfelei között.

A fizikai réteg protokollja, amit X.21-nek hívnak, a hoszt és a hálózat közötti fizikai, elektromos és eljárási interfészt specifikálja. Igen kevés hálózat támogatja ezt a szabványt, ugyanis az analóg jelzés helyett digitális jelzést igényel a telefonvonalakon. Közbülső lépésként ezért olyan analóg interfészt definiáltak, amely a közkedvelt RS-232 szabványhoz hasonlít.

Az adatkapcsolati rétegnek számos (egymással nem igazán kompatibilis) változata van. Mindegyik a felhasználói készülék (hoszt vagy terminál) és a nyilvános hálózat (router) közti telefonvonalak átviteli hibáival foglalkozik.

A hálózati réteg protokollja címezéssel, forgalomszabályozással, nyugtázással, megszakításkérésrel és más ehhez hasonló feladatokkal foglalkozik. Ez a réteg a felhasználó számára egy olyan virtuális áramkör felépítését teszi lehetővé, amelyen maximum 128 bájt csomagokat lehet elküldeni. Ezeknek a csomagoknak az átvitele megbízható, és sorrendtartó. A legtöbb X.25 hálózat sebessége 64 kb/s, ami sok szempontból használhatatlanná teszi őket. Ennek ellenére igencsak elterjedtek, amit azért nem árt tudni.

Az X.25 összeköttetés alapú szolgáltatást nyújt, és mind a kapcsolt virtuális, mind pedig az állandó virtuális áramköri működést támogatja. **Kapcsolt virtuális áramkör (switched virtual circuit)** akkor jön létre, amikor egy számítógép úgy küld el egy csomagot a hálózatban, hogy felhívja a távoli gépet. Ha létrejött az összeköttetés, akkor a csomagokat el lehet küldeni. A csomagok mindig sorrendben érkeznek meg. Az X.25 forgalomszabályozással is rendelkezik, ami biztosítja, hogy a gyorsabb forrásállomások ne áraszák el a lassúbb vagy foglalt célállomásokat.

Az **állandó virtuális áramkör (permanent virtual circuit)** ugyanúgy működik, mint a kapcsolt virtuális áramkör, csak ilyenkor az összeköttetés már előzőleg létrejön a felhasználó és a szolgáltató közötti megállapodás alapján. Az összeköttetés állandóan él, így nincs szükség kapcsolatfelvételre. Ez a működési mód hasonlít a bérelt vonalak működéséhez.

Mivel a világ tele van olyan terminálokkal, amelyek nem beszélik az X.25 nyelvet, ezért létrehozta olyan szabványokat, amelyek segítségével a rendes (nem intelligens) terminálok kommunikálni tudnak az X.25 nyilvános hálózatokkal. A felhasználó vagy a hálózat üzemeltetője lényegében egy olyan „fekete doboz”-t használ erre a célra, amelyhez ezeket a terminálokat hozzá lehet csatlakoztatni. A fekete doboz neve cso-

magösszerakó/szétcsabdaló (**Packet Assembler Disassembler, PAD**), és működését az X.3 szabvány írja le. A terminál és a PAD közötti szabványos protokoll neve **X.28**, míg a PAD és a hálózat közötti protokollt **X.29**-nek hívják. Az előző három ajánlást együttesen **három X (triple X)** néven is szokták emlegetni.

### 1.6.3. Frame relay

A **frame relay** olyan szolgáltatás, amely azoknak lett kitalálva, akiknek teljesen leegyszerűsített, összeköttetés alapú átvitelre van szükségük ahhoz, hogy adataikat egy *A* helyről egy *B* helyre továbbítsák elfogadható sebességgel és kis költséggel (Smith, 1993). Kialakulása az elmúlt két évtizedben bekövetkezett technológiai változásoknak köszönhető. Húsz évvel ezelőtt a telefonvonalon keresztül történő adatátvitel még lassú, analóg és megbízhatatlan volt, a számítógépek pedig szintén lassúak és drágák. A hibák kiküszöbölésére bonyolult protokollokra volt szükség, mivel a felhasználók számítógépei még túl drágák voltak ahhoz, hogy ezt a feladatot azokkal végeztessék el.

A helyzet azóta gyökeresen megváltozott. A bérelt telefonvonalak ma már gyorsak, digitálisak és megbízhatók, miközben a számítógépek is gyorsak lettek, viszont az áruk jelentősen lecsökkent. Így most már egyszerűbb protokollok is elegendők, mivel a feladatok jelentős részét a hálózat helyett a felhasználó számítógépe is el tudja végezni. Ez az a környezet, amelyre a frame relay-t kitalálták.

A frame relay leginkább egy virtuális, bérelt vonalhoz hasonlítható. Az ügyfél egy állandó virtuális áramkört bérel két pont között, és azon keresztül küldhet kereteket (azaz csomagokat) egyik helyről a másikra. A keret maximális mérete 1600 bájt lehet. Arra is van mód, hogy az állandó virtuális áramkört egy adott hely és több másik hely között béreljük, ugyanis minden keret tartalmaz egy 10 bites mezőt annak kiválasztására, hogy melyik virtuális áramkört használjuk.

A valódi és a virtuális bérelt vonal között az a különbség, hogy valódi bérelt vonal esetén a felhasználó egész nap maximális sebességgel küldhet adatot, míg virtuális vonal esetén csak a löketszerű adatokat lehet maximális sebességgel elküldeni, viszont hosszabb távon az átlagos kihasználtságnak egy előre meghatározott szint alatt kell maradnia. Ugyanakkor a virtuális vonalért sokkal kevesebbet kell fizetni, mint a valódi, fizikai vonalért.

A frame relay a bérelt vonalakon túl még az X.25 állandó virtuális áramkörével is versenyképes, igaz, ez utóbbi nagyobb sebességgel, általában 1,5 Mb/s-mal dolgozik, viszont kevesebb opciót tartalmaz.

A frame relay minimális szolgáltatást nyújt. Feladata elsősorban az, hogy meghatározza a keretek elejét és végét, és felismerje az átviteli hibákat. Ha egy hibás keret érkezik, a frame relay egyszerűen eldobja. Ha hiányzik egy keret, akkor azt a felhasználónak kell észrevennie, és a pótlásához szükséges lépéseket neki kell megtennie. Az X.25-tel szemben a frame relay nem foglalkozik nyugtázással és a hagyományos forgalomszabályozással. Ellenben van egy bit a fejrészben, amellyel a kapcsolat végén jelezni lehet a másik oldalnak, hogy hiba történt. Ennek a bitnek az állítása szintén a felhasználó dolga.

### 1.6.4. Szélessávú ISDN és ATM

Bár az előbb említett szolgáltatások igen népszerűek, a telefontársaságoknak továbbra is szembeesniük kell egy alapvető problémával: a többszörös hálózatokkal. A hagyományos telefon (**Plain Old Telephone Service, POTS**) és a telex a régi vonalkapcsolt hálózatokat használja. Az összes új adatszolgáltatás, mint például az SMDS vagy a frame relay, már a saját csomagkapcsolt hálózatát használja. A DQDB szintén egy külön típus, akárcsak a különálló hálózatoknak a fenntartása komoly fejfájást okoz a szakembereknek, ráadásul itt vannak a kábeltelevíziós hálózatok is, amelyeket a telefontársaságok akarata ellenére sem tudnak irányításuk alá vonni.

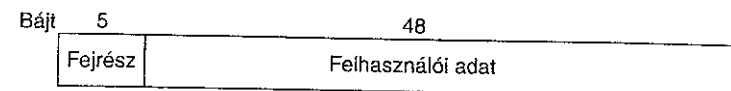
Ésszerű meglátásnak tűnik egy olyan hálózat kidolgozása a jövő számára, amely a teljes telefonhálózatot és az összes speciális célú hálózatot egyetlen integrált hálózattal helyettesítené, és amely mindenféle információ továbbítására alkalmas lenne. Ez a hálózat jóval nagyobb sebességgel üzemelne, mint a jelenlegi hálózatok és szolgáltatások, továbbá egy csomó új szolgáltatást is nyújtana. Ez persze nem kis munka, és bizonyára nem megy egyik napról a másikra, de már dolgoznak rajta.

Az új nagy kiterjedésű szolgáltatás a **szélessávú ISDN (Broadband Integrated Services Digital Network, B-ISDN)**. A B-ISDN lehetőséget biztosít majd a hálózati videózásra, élő televíziós adásokra különböző helyszínekről, mozgóképes multimédiás elektronikus levelek küldésére, CD minőségű zenék hallgatására, LAN-ok összekapcsolására, nagy sebességű adatátvitelre a tudományos területeken és az iparban, valamint még számos olyan dologra, amire gondolni sem merünk – persze mindezt a telefonvonalakon keresztül.

Azt a technológiát, ami a B-ISDN megvalósítását lehetővé teszi, **aszinkron transzfer módnak (Asynchronous Transfer Mode, ATM)** hívják, mivel nem szinkron (tehát master órajelhez kötött) átvitelt valósít meg, akárcsak a legtöbb nagytávolságú telefonvonal. Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy ennek az ATM betűszónak semmi köze az ATM-ként (Automated Teller Machine) ismert bankautomatákhoz (bár a bankautomata igénybe vehet egy ATM hálózatot arra, hogy a központtal tartsa a kapcsolatot).

Már eddig is rengeteget dolgoztak az ATM és az arra épülő B-ISDN rendszer kidolgozásán, azonban a munka nagy része még hátra van. Mindezekről további részleteket olvashatunk az alábbi szerzők műveiben: (Fischer et al., 1994; Gasman, 1994; Goralski, 1995; Kim és mások, 1994; Kyas, 1995; McDysan és Spohn, 1995 és Stallings, 1995a).

Az ATM alapp gondolata az, hogy az információt kisméretű, fix hosszúságú csomagok, ún. cellák formájában továbbítják. Minden cella 53 bájt hosszú, ebből 5 bájt a fejrész és 48 bájt az adatmező, ahogy ez az 1.29. ábrán is látható. Az ATM egyszerre



1.29. ábra. Az ATM cella felépítése

technológia (ami a felhasználó elől rejtve marad) és egy lehetséges szolgáltatás (ami viszont látható a felhasználó számára). A szolgáltatást néha **cellakapcsolásnak** (**cell relay**)-nek is hívják a frame relay mintájára.

A cellakapcsolási technológia nagy áttörést jelent a 100 éves hagyománnyal rendelkező telefonos vonalkapcsoláshoz képest (amikor is rézvezetéken jön létre a kapcsolat). A cellakapcsolás kialakulásának számos oka van, amelyek közül csak néhányat említenék meg. Először is, a cellakapcsolás rendkívül flexibilis, és mind az állandó sebességű (audio, video), mind a változó sebességű (adat) forgalmat könnyen kezeli. Másodsorban, a rendkívül nagy (másodpercenként akár több gigabites) átviteli sebesség miatt a cellák digitális kapcsolása könnyebb feladat, mint a hagyományos multiplexelés, különösen optikai kábelek esetén. Harmadsorban, a televíziós műsor-szórás szempontjából az adatszórásnak óriási jelentősége van, mivel azt a vonalkapcsolás nem teszi lehetővé, a cellakapcsolás viszont igen.

Az ATM hálózatok összeköttetés alapúak. Az összeköttetés létesítéséhez először el kell küldeni egy üzenetet, ami a kapcsolat felépítését kezdeményezi. Ha a kapcsolat felépült, akkor a cellák mindig ugyanazon az útvonalon továbbítódnak a célállomás felé. A cellák megérkezését semmi nem garantálja, viszont a cellák mindig az elküldés sorrendjében érkeznek meg. Ha az 1-es és a 2-es cellát ebben a sorrendben küldjük el, és mindkettő meg is érkezik, akkor biztos, hogy ugyanebben a sorrendben érkeztek meg, és nem előbb a 2-es, aztán az 1-es.

Az ATM hálózatok a hagyományos nagy kiterjedésű hálózatokhoz hasonlóan vonalakkól és kapcsolóberendezésekből (router) épülnek fel. A tervezett átviteli sebesség 155 Mb/s és 622 Mb/s, de gigabites nagyságrendű sebességekre is lehetőséget biztosít. Azért esett a 155 Mb/s-os alapsebességre a választás, mert nagyjából ennyi szükséges a nagyfelbontású televíziós képek átviteléhez. A pontosan 155,52 Mb/s-os sebességet az AT&T SONET adatátviteli rendszerrel való kompatibilitás miatt választották. A 622 Mb/s-os sebességet pedig úgy határozták meg, hogy az négy 155 Mb/s-os csatornát tudjon kiszolgálni. Most már mindenki számára világos, hogy miért is működnek egyes gigabites kísérleti hálózatok 622 Mb/s-os sebességgel: ugyanis ATM-et használnak.

Amikor az ATM-et tervezték, a viták látszólag az otthoni hálózati videózásról és a telefonhálózat lecsereléséről folytak. Azóta viszont más fejlesztések váltak fontossá. Sok intézménynél kevésnek bizonyult a területükön vagy az épületeikben levő lokális hálózatok sávszélessége, és arra kényszerültek, hogy egy olyan hálózatot hozzanak létre, amelynek a sávszélessége meghaladja egy önálló LAN sávszélességét. Ezen kívül a kliens-szerver alapú rendszerekben egyes alkalmazásoknak igen nagy sebességű kommunikációra van szükségük a szerverrel. Ezekre a feladatokra minden bizonnyal az ATM a legmegfelelőbb. Ugyanakkor kicsit gyanús, hogy miért változott meg a kezdeti cél a kis sebességű analóg telefonhálózatok nagy sebességű digitális rendszerekre való teljes lecsereléséről az intézmények területén levő Ethernet-hálózatok összekapcsolására. Az ATM-mel összekapcsolt lokális hálózatokról (Kavak, 1995; Newman, 1994 és Truong és mások, 1995) műveiben olvashatunk.

Arra is érdemes egy kis figyelmet szentelni, hogy a különböző ATM-et használó intézményeknek különböző (főleg gazdasági) érdekeik vannak. Leginkább a nagytávolságú telefonhálózatok üzemeltetői és a telefontársaságok érdekeltek a telefonháló-

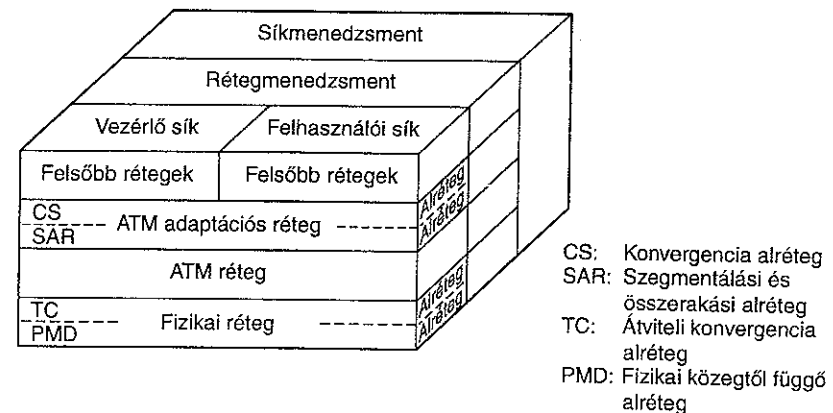
zat ATM-es fejlesztésében, ugyanis a kábeltévés társaságokkal a tévéfilmek elektronikus terjesztéséért versenyeznek. A számítógép-kereskedők az intézmények területét lefedő ATM-es LAN hálózatokban nagy üzletet látnak (persze maguknak). Sajnos ezek az egymással versengő üzleti érdekek se nem könnyűök, se nem gyorsítják, de még csak nem is egységesítik a jelenleg is folyó szabványosítást. Ráadásul az ATM szabványügyi szerve, az ATM Forum is komoly politikai és hatalmi befolyással van arra, hogy az ATM milyen irányokba fejlődjön.

### A B-ISDN ATM hivatkozási modell

Térjünk most vissza az ATM technológiára, főként arra, hogy miként használják majd (a jövőbeli) távbeszélőrendszerekben. Az ATM-en alapuló szélessávú ISDN-nek is van saját hivatkozási modellje, ami különbözik mind az OSI mind a TCP/IP modelltől. Ezt a modellt az 1.30. ábra szemlélteti. A modell három rétegből áll: a fizikai, az ATM és az ATM adaptációs rétegből. A legfelső réteg felett bármi lehet, amit csak a felhasználó akar.

A **fizikai réteg** a fizikai átviteli közeggel foglalkozik. Idetartoznak a feszültség-szintek, a bitidőzítések és még sok minden más. Az ATM nem ír elő szabályokat a fizikai közegre, hanem csak annyit mond, hogy az ATM cellákat elküldheti maga az ATM hálózat saját elektromos vagy optikai kábelein, de arra is van mód, hogy a cellákat becsomagoljuk egy másik adatátviteli rendszer csomagjának adatmezéjébe. Magyarán az ATM-et úgy tervezték, hogy független legyen az átviteli közegtől.

Az **ATM réteg (ATM layer)** a cellákkal és azok továbbításával foglalkozik. Definiálja a cella felépítését, és megadja a fejrész egyes mezőinek a jelentését. A virtuális áramkörök felépítése és lebontása szintén ennek a rétegnek a feladata, akárcsak a torlódásvédelem.



1.30. ábra. A B-ISDN ATM hivatkozási modell



Mivel a legtöbb alkalmazás nem akar a cellákkal közvetlenül foglalkozni (bár néhány alkalmazás megtehetné ezt), ezért az ATM réteg felett létrehozta még egy réteget, amely a felhasználó számára a cellánál nagyobb méretű csomagok elküldését teszi lehetővé. Az ATM interfész feldarabolja ezeket a csomagokat, az így kapott cellákat egyesével továbbítja, és a másik oldalon pedig újból összerakja őket egy csomagba. Ez a réteg az **ATM adaptációs réteg (ATM Adaptation Layer, AAL)**.

Szemben a korábbi kétdimenziós modellekkel az ATM modell egy háromdimenziós modell, amint ez az 1.30. ábrán is látható. A **felhasználói sík (user plane)** az adatok továbbításával, forgalomszabályozással, hibajavítással és más felhasználói funkciókkal foglalkozik. A **vezérlési sík (control plane)** feladata a kapcsolatmenedzsment. A rétegmenedzsment (layer management) és síkmenedzsment (plane management) síkok célja az erőforrások kezelése, illetve a rétegek közötti koordináció.

A fizikai és az AAL réteg két alrétetre bomlik, amelyek közül az alsó a szükséges rétegfeladatokat látja el, a felső (konvergencia alréteg) pedig az eggyel feljebb levő

OSI réteg	ATM réteg	ATM alréteg	Feladatok
3/4	AAL	CS	Szabványos interfész biztosítása (konvergencia)
		SAR	Szegmentálás és összerakás
2/3	ATM		Forgalomszabályozás Cellafejrész előállítás/kinyerése Virtuális áramkör/útvonal menedzsmentje Cellák multiplexelése/demultiplexelése
2	Fizikai	TC	Cellasebesség szétcsatolása Fejrész ellenőrző összegének előállítása és ellenőrzése Cella előállítása Cellák becsomagolása és kicsomagolása az elküldött borítékból Keret előállítása
1		PMD	Bitidőzítés Fizikai hozzáférés a hálózathoz

1.31. ábra. Az ATM rétegei és alrétégei, valamint azok feladatai

réteg számára biztosít megfelelő interfészt. Az egyes rétegek és alrétetek funkcióit az 1.31. ábrán látható táblázat foglalja össze.

A **fizikai rétegtől függő (Physical Medium Dependent, PMD) alréteg** a valódi, fizikai vezetékkel áll kapcsolatban. Ez az alréteg továbbítja a biteket mindkét irányba, és kezeli a bitek időzítését. Különböző hálózatok és kábelek esetén ez az alréteg más és más.

A fizikai réteg másik alrétége az **átviteli konvergencia (Transmission Convergence, TC) alréteg**. A cellákat a TC alréteg egy bitsorozat formájában továbbítja a PDM alrétetnek. Ezt könnyű megcsinálni. A másik oldalon a TC alréteg egy sima bitsorozatot kap az ottani PMD alrétetgtől, és azt kell cellák sorozatává átalakítania, majd továbbítani az ATM rétegnek. A TC alréteg minden olyan feladatot ellát, ami a bitsorozat alapján a cellák elejének és végének felismeréséhez szükséges. Az ATM modellben ez a funkció a fizikai rétegben található. Az OSI modellben és a legtöbb hálózatban viszont a keretezés, tehát egy bitfolyam átalakítása keretek vagy cellák sorozatára, az adatkapcsolati réteg feladata. Ezért ezt mi is az adatkapcsolati rétegnél fogjuk tárgyalni, és nem pedig a fizikai rétegnél.

Mint korábban már említettük, az ATM réteg foglalkozik a cellákkal, beleértve azok előállítását és szállítását is. Az ATM legérdekesebb tulajdonságai is ezzel a réteggel kapcsolatosak. Ez az alréteg az OSI modell adatkapcsolati és hálózati rétegeinek a keveréke, de még sincs alrétetekre osztva.

Az AAL réteg két alrétetre bomlik, a **szétbontás és összerakás (Segmentation And Reassembly, SAR) alrétetgre** és a **konvergencia alrétetgre (Convergence Sublayer, CS)**. Az alsó alréteg a forrásállomásban cellákra bontja a csomagokat, a célállomásban pedig újra összerakja azokat. A felső alréteg az ATM-es rendszereket alkalmassá teszi arra, hogy különböző alkalmazások számára különféle szolgáltatásokat nyújtson (pl. a fájlátvitel és a hálózati videózás különböző feladatokat jelent hibakezelés, időzítés stb. szempontjából).

### Az ATM jövője

Bizonyos mértékig az ATM olyan projekt, amit a telefontársaságok kezdeményeztek. Az Ethernet elterjedése óta ugyanis a számítástechnikai ipar egyszer sem szánta rá magát arra, hogy egy nagyobb sebességű hálózati technológiát szabványosítson. A telefontársaságok ezt a hiányt pótolták az ATM-mel, és 1991 októberében jó néhány más cég is csatlakozott hozzájuk az **ATM Forum** felállításakor. Az ATM Forum egy olyan ipari csoportosulás, amely az ATM jövőjét fogja irányítani.

Bár az ATM ígéretet tett arra, hogy hamarosan bárhova képes lesz gigabites sebességgel adatokat továbbítani, azonban ennek az ígéretnek a betartása nem lesz könnyű feladat. Az ATM ugyanis egy olyan nagy sebességű csomagkapcsolt technológia, amelyet telefontársaságok még nem nagyon ismernek. A telefontársaságok hálózatai (vonalkapcsolt hálózatok) teljesen más technológián alapulnak, ráadásul azok egy olyan masszív rendszert alkotnak, amely Alexander Graham Bell kora óta koncepcióját tekintve semmit nem változott. Szükségtelen elmondani, de ez a változás nem fog

gyorsan végbemenni, ugyanis forradalmi változásról van szó, nem pedig egy fejlődési folyamatról. Márpedig a forradalmak sosem mennek simán.

Az ATM világméretű elterjesztésének gazdasági vonatkozásait szintén figyelembe kell venni. A jelenlegi távbeszélőrendszerek jelentős részét ugyanis le kell majd cserélni. De vajon ki fogja mindezt finanszírozni? Mennyit akarnak majd fizetni a felhasználók a hálózati videózásért, amikor a szomszédos videokölcsonzóból néhány dollárért kivethetik ugyanazt a filmet? Végül az is alapvető kérdés, hogy hol érhetők majd el ezek az emelt szintű szolgáltatások. Ha a hálózat biztosítja ezeket a szolgáltatásokat, akkor abból a telefontársaságok profitálnak, ha viszont a hálózathoz csatlakoztatott számítógépek biztosítják, akkor az a gépek gyártóinak és üzemeltetőinek jelent hasznot. A felhasználóknak nincs miért aggódniuk, annál inkább a telefontársaságoknak és a számítógép-forgalmazóknak, ami bizonyára befolyásolni fogja majd az érdekeiket abban, hogy mi történjen az ATM-mel.

### 1.6.5. A szolgáltatások összehasonlítása

Lehet hogy az olvasó eltöpreng azon, hogy miért van olyan sok inkompatibilis és egymást átfedő szolgáltatás, mint például a DQDB, az SMDS, a frame relay, az ATM stb. Az alapvető oka ennek az, hogy 1984-ben feldarabolták az AT&T-t, és ezzel versenyhelyzetet teremtettek a távközlési iparban. A különböző érdekeltségekkel és technológiákkal rendelkező cégek ma már szabadon kínálhatnak bármilyen szolgáltatást, amire szerintük igény van, és sokan közülük ezt bosszúból teszik.

Visszatérve a fejezetben érintett szolgáltatásokhoz, célszerű megemlíteni, hogy a DQDB egy olyan nem kapcsolt, nagyvárosi hálózati technológia, amely 53 bájt hosszúságú cellák (amelyekben 44 bájt az adatmező) hosszú vezetéseken történő továbbítását teszi lehetővé egy adott városon belül. Az SMDS egy kapcsolt datagram technológia, ami 45 Mb/s-os sebességgel továbbítja a datagramokat a hálózatban. Az

Jellemző	DQDBM	SMDS	X.25	Frame relay	ATM AAL
Összeköttetés	Van	Nincs	Van	Van	Van
Normális sebesség (Mb/s)	45	45	.064	1.5	155
Kapcsolás	Nincs	Van	Van	Nincs	Van
Fix méretű adatmező	Van	Nincs	Nincs	Nincs	Nincs
Adatmező maximális hossza	44	9188	128	1600	Változó
Állandó virtuális áramkörök	Nincs	Nincs	Van	Van	Van
Többbesküldés	Nincs	Van	Nincs	Nincs	Van

1.32. ábra. Különböző hálózati szolgáltatások

X.25 egy régebbi összeköttetés alapú hálózati technológia, amely kisméretű, változó hosszúságú csomagok 64 kb/s-os sebességgel történő átvitelére alkalmas. A frame relay olyan szolgáltatás, amely virtuális bérelt vonalakon kb. 1,5 Mb/s-os adatátvitelt valósít meg. Végül az ATM célja pedig az, hogy cellakapcsolásra váltsa le a teljes vonalkapcsolt telefonhálózatot, és képes legyen mind adatokat, mind televíziós adásokat továbbítani. Az előbb felsorolt versenytársak közötti leglényegesebb különbségeket az 1.32. ábrán látható táblázatban foglaltuk össze.

## 1.7. A hálózatok szabványosítása

Számos hálózatépítéssel és hálózatüzemeltetéssel foglalkozó cég létezik, és mind-egyiknek saját elképzelése van arról, hogy hogyan kell a dolgokat csinálni. Koordináció nélkül teljes káosz uralkodna, és a felhasználók semmihez nem jutnának hozzá. Az egyetlen kiút a hálózatok szabványosítása.

A szabványok nemcsak a különböző számítógépek közötti kommunikációt teszik lehetővé, hanem bővítik a szabványhoz kapcsolódó termékek piacát is, ami végül tömegtermeléshez, gazdaságosabb gyártáshoz, VLSI implementációk megjelenéséhez vezet, és további olyan előnyökkel jár, amelyek az árakat csökkentik, a szabvány elfogadhatóságát pedig növelik. A következő alfejezetekben rövid bepillantást nyerünk a fontos, de alig ismert nemzetközi szabványosítás világába.

A szabványoknak két kategóriája van: a *de facto* és a *de jure*. A *de facto* (latinul „tényleges”) szabványok azok a szabványok, amelyek hivatalos leírás nélkül maguktól alakultak ki. Az IBM PC és leszármazottai például a személyi számítógépek *de facto* szabványa, ugyanis több tucat gyártó kezdte el igencsak hűen másolni az IBM gépeit. A UNIX az egyetemek számítástechnikai tanszékein használt operációs rendszerek *de facto* szabványa.

A *de jure* (latinul „törvényes”) szabványok ezzel szemben olyan hivatalos szabványok, amelyeket bizonyos szabványosítási szervezetek elfogadtak. A nemzetközi szabványosítási szervezeteket általában két nagy csoportra oszthatjuk. Az egyik csoportba azok tartoznak, amelyek államközi szerződések útján jöttek létre, a másik csoportba pedig az önkéntesen, nem szerződéses alapon létrehozott szervezetek tartoznak. A számítógép-hálózatok szabványosításának világában mindkét típusú szervezetről van jó néhány. A továbbiakban ezekről lesz szó.

### 1.7.1. Ki kicsoda a távközlés világában?

A világ telefontársaságainak jogi helyzete igencsak eltérő az egyes országokban. Az egyik véglet az Egyesült Államok, ahol közel 1500 önálló, magántulajdonban levő telefontársaság működik. Az AT&T 1984-ben történt feldarabolása előtt, a világ akkori legnagyobb telefontársaságaként egyedül uralta a piacot. Az amerikai telefonok 80%-át és az ország területének a felét ez a cég szolgálta ki, míg a fennmaradó területeken a többi (főleg vidéki) telefontársaság osztozott. A feldarabolódás óta az

AT&T továbbra is nagytávolságú szolgáltatásokkal foglalkozik, igaz, most már vannak versenytársai is. Az AT&T-ből kialakított hét Regionális Bell Üzemeltető Vállalat (Regional Bell Operating Company), és 1500 független cég végzi ma a helyi és a celluláris telefonhálózatok üzemeltetését. A független cégek némelyike, mint például a GTE, igen nagy cég.

Azokat a cégeket, amelyek a nagyközönség számára nyújtanak szolgáltatásokat, közszolgáltatóknak (common carriers) nevezzük. A szolgáltatásokat és azok árait egy olyan díjszabási könyvben (tariff) adják meg, amelyet egyrészt a Szövetségi Távközlési Bizottságnak (Federal Communications Commission), másrészt pedig az egyes államok közszolgáltatói bizottságának kell jóváhagynia. Az előbbi az amerikai államok közötti, valamint a nemzetközi forgalmat, míg az utóbbi az államokon belüli forgalmat felügyeli.

A másik végletet azok az országok jelentik, amelyek kormánya a távközlés területén monopóliummal rendelkezik, és egyedül uralja a levélküldést, a távírást, a távbeszélőrendszert, és sokszor a rádiót, valamint a televíziót is. A világ legtöbb országába ebbe a kategóriába esik. Vannak olyan esetek, amikor a távközlési felügyelőség egy külön állami cég, de van, amikor egyszerűen csak egy kormány szerv, amit rendszerint PTT-nek (Post, Telegraph & Telephone administration) hívnak. A fejlődés világszerte a liberalizáció és a szabadpiaci verseny irányába halad, nem pedig az állami monopólium felé.

Tekintettel az előbb említett különböző szolgáltatókra, nyilvánvalóan szükség van világméretű kompatibilitásra annak érdekében, hogy a különböző országokban élő emberek (illetve számítógépek) kapcsolatba kerülhessenek egymással. Ez az igény tulajdonképpen már régóta létezik. 1865-ben számos európai ország képviselével megalakult a mai Nemzetközi Távközlési Egyesülés (International Telecommunication Union, ITU) elődje. Az ITU feladata az volt, hogy szabványosítsa a nemzetközi távközlést, amely akkoriban még csak a távírást jelentette. Azonban már akkor is nyilvánvaló volt, hogy problémához fog vezetni az, ha az országok egyik fele a Morse-kódot használja, a másik fele meg valamilyen más kódot. Amikor a telefon nemzetközi szintű szolgáltatássá vált, az ITU magára vállalta a telefonrendszerek szabványosítását is. 1947-ben az ITU az ENSZ egyik tagjának lett.

Az ITU-nak három fő ágazata van:

1. Rádiókommunikációs ágazat (ITU-R).
2. Távközlési szabványosítási ágazat (ITU-T).
3. Fejlesztési ágazat (ITU-D).

Az ITU-R feladata a rádiófrekvenciák kiosztása a világszerte egymással versengő csoportoknak. Mi elsősorban az ITU-T ágazattal foglalkozunk majd, ami a távbeszélőrendszereket és az adatátviteli rendszereket felügyeli. 1956 és 1993 között az ITU-T a francia nevéből képzett betűszó alapján CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) néven volt ismert. 1993-ban a CCITT-t átszervezték, ennek köszönhetően csökkent a bürokratikus jellege, és az új szerepnek megfele-

ően új nevet kapott. A távbeszélőrendszerekkel és az adatátviteli rendszerekkel kapcsolatos ajánlásokat a CCITT, illetve az ITU-T adta ki. Még ma is léteznek CCITT ajánlások, mint például az X.25, de 1993 óta ezek már az ITU-T neve alatt futnak.

Az ITU-T tagsága öt különböző csoportba osztható:

1. Adminisztratív csoport (országos PTT-k).
2. Elismert magánszolgáltatók (pl. AT&T, MCI, British Telecom).
3. Regionális távközlési szervezetek (pl. az európai ETSI).
4. Távközlési eszközök forgalmazói és tudományos szervezetek.
5. Egyéb érdekelt szervezetek (pl. banki vagy légitársasági hálózatok).

Az ITU-T tagságát kb. 200 adminisztratív szervezet, 100 magánszolgáltató és több száz egyéb tag alkotja. Csak az adminisztratív tagoknak van szavazati joga, de a többi tag is részt vehet az ITU-T munkájában. Mivel az Egyesült Államokban nincs PTT, ezért valakinek képviselnie kell az állami érdekeket az ITU-T-ben. A választás az Egyesült Államok Külügyminisztériumára esett, valószínűleg azért, mert az ITU-T-nek különböző országokkal kell együttműködnie, és ezt a feladatot leginkább a külügyminisztérium tudja ellátni.

Az ITU-T feladata az, hogy műszaki ajánlásokat dolgozzon ki a telefon, távíró és adatátviteli interfészekre. Ezek az ajánlások gyakran válnak nemzetközi szabvánnyá, akár csak a V.24 esetében. A V.24, ami az Egyesült Államokban EIA RS-232 néven is ismert, az érintkezők kiosztását és jelentését specifikálja az aszinkron terminálok csatlakozásánál.

Fontos megjegyezni, hogy az ITU-T ajánlásai csak műszaki javaslatokat tartalmaznak. Az, hogy azokat egy ország elfogadja-e vagy sem, az csak az adott országon múlik. Gyakorlatilag bármelyik ország szabadon kiépíthet egy olyan távbeszélőrendszert, amely a többi országtól különbözik, azonban ebben az esetben számolni kell azzal, hogy elvágja magát a külvilágtól. Ez működhet mondjuk Albániában, de más országokban komoly problémát jelentene. Arra, hogy az ITU-T szabványait „ajánlás”-oknak nevezik, azért volt és van szükség, mert így a nacionalista erőket sok országban le lehetett csitítani.

Az ITU-T-ben az igazi munkát a Tanulmányi csoport (Study Group) végzi, amely esetenként közel 400 embernek ad munkát. Ahhoz, hogy minden munkát el tudjanak végezni, a Tanulmányi csoportot felosztották Munkacsoportokra, amelyeket tovább osztottak Szakértői csoportokra (Expert Team). A szakértői csoportokat még tovább osztották ad hoc csoportokra. Ha valami egyszer bürokratikus volt, az mindig is az marad...

Mindezek ellenére az ITU-T valóban működik. Jelenleg körülbelül 5000 oldalnyi ajánlást ad ki évente. Az ITU-T költségeit a tagok fedezik. A nagy és gazdag országok akár 30 hozzájárulási egységet is fizethetnek évente, míg a kicsi és szegény országoknak elegendő a hozzájárulási egység 1/16-át befizetni (egy hozzájárulási egység kb.

250 000 dollárnak felel meg). Az ITU-T jelentőségét bizonyítja az is, hogy a tagok rendszeresen fizetik a tagdíjat, annak ellenére, hogy a hozzájárulás teljesen önkéntes.

Azáltal, hogy lassan befejeződik a távközlés országos szintről globális méretűvé alakulása, a szabványoknak egyre fontosabb szerep jut, és ezért egyre több szervezet kíván részt venni a kialakításukban. Az ITU-ról további részleteket (Irmer, 1994) művében olvashatunk.

### 1.7.2. Ki kicsoda a nemzetközi szabványosítás világában?

A nemzetközi szabványokat a **Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (International Standards Organization<sup>2</sup>, ISO)** adja ki, amely egy 1946-ban alakult önkéntes, nem államközi szerződéseken alapuló szervezet. Az ISO tagságát 89 tagállam nemzeti szabványügyi szervezete alkotja. A tagok között megtalálható az ANSI (Egyesült Államok), a BSI (Nagy Britannia), az AFNOR (Franciaország), a DIN (Németország) és még további 85 szervezet.

Az ISO a legkülönbözőbb témákban ad ki szabványokat, a csavaroktól és a csavaranyáktól (szó szerint) kezdve a telefonpóznák bevonatáig mindent ideértve. Több mint 5000 szabványt adtak eddig ki, beleértve az OSI szabványokat is. Az ISO-nak közel 200 Műszaki Bizottsága (Technical Committee) van, amelyeket a megalakulásuk sorrendjében számoztak be. Ezek mindegyike külön szakterülettel foglalkozik. A TC1 bizottság például a csavarokkal és a csavaranyákkal foglalkozik, és a csavarok menetemelkedését szabványosítja. A TC97 bizottság szakterülete a számítástechnika és az információfeldolgozás. A Műszaki Bizottságok albizottságokra (subcommittee, SC), azok pedig munkacsoportokra (working group, WG) vannak felosztva.

Az igazi munkát világszerte több mint 100 000 önkéntes végzi a munkacsoportokban. Ezek az „önkéntesek” legtöbbször olyan cégek megbízásából dolgoznak egy ISO anyagon, amelyeknek a termékei éppen szabványosítás alatt állnak. Mások kormányhivatalnokként azon fáradoznak, hogy egy országukban elfogadott szabvány nemzetközi szabvánnyá váljon. Sok munkacsoportban egyetemi szakemberek is dolgoznak.

A távközlési szabványok kibocsátása során az ISO és az ITU-T gyakran együttműködik annak érdekében, hogy a két hivatalos szervezet szabványai lehetőleg egymással kompatibilisek legyenek.

Az Egyesült Államokat az ISO-ban az **Amerikai Országos Szabványügyi Intézet (American National Standards Institute, ANSI)** képviseli, amely szemben az elnevezéssel egy civil, non-profit szervezet. Tagsága gyártókból, közszolgáltatókból és más érdekelt szervezetekből áll. Az ANSI szabványait gyakran fogadja el nemzetközi szabványnak az ISO.

A szabványok elfogadása az ISO-ban mindig a lehető legszélesebb körű egyetértéssel alapul. A szabványosítási folyamat úgy indul, hogy valamelyik ország szabványügyi szerve egy adott szakterületen nemzetközi szabványosítást lát szükségesnek. Ilyenkor megalakul egy új munkacsoport, amelynek feladata egy **bizottsági javaslat (Committee Draft, CD)** kidolgozása. A bizottsági javaslatot körbeadják a különböző

<sup>2</sup> Igazság szerint az ISO valódi neve International Organization for Standardization.

tagszervezeteknek, amelyeknek 6 hónap áll a rendelkezésükre, hogy véleményezzék azt. Ha a nagy többség jónak találja, akkor egy átdolgozott dokumentumot, egy ún. **nemzetközi szabványtervezetet (Draft International Standard, DIS)** kell elkészíteni, amelyet ismét körbeadnak véleményezésre és szavazásra. Ennek a fordulónak az eredménye alapján elkészítik a **nemzetközi szabványt (International Standard, IS)**, amelyet aztán jóváhagynak és kiadnak. Nagy viták esetén a bizottsági javaslat és a nemzetközi szabványtervezet számos változtatáson mehet keresztül, mire végre megszavazzák, és emiatt az egész folyamat akár éveig is elhúzódhat.

Az **Országos Szabványügyi és Technológiai Intézet (National Institute of Standards and Technology, NIST)** az Egyesült Államok Kereskedelmi Minisztériumának hivatala. Ez korábban Országos Szabványügyi Hivatal (National Bureau of Standards) néven volt ismert. Ez a szervezet olyan szabványokat ad ki, amelyek az Egyesült Államok kormányának beszerzéseinél kötelező érvényűek. Ez alól csak a Hadügyminisztérium kivétel, amelynek saját szabványai vannak.

A szabványosítás világában van még egy meghatározó fontosságú szervezet, a **Villamos- és Elektronikai Mérnökök Szervezete**, ismertebb nevén az **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)**, amely a világ legnagyobb szakmai szervezete. Azon kívül, hogy számos folyóiratot jelentet meg, és minden évben rengeteg nemzetközi konferenciát szervez, az IEEE-nek van egy olyan szabványosítási csoportja, amely villamosmérnöki és informatikai témákban dolgoz ki szabványokat. Az IEEE 802-es szabványa például kulcsfontosságú a lokális hálózatok területén. Ezt a szabványt vette az ISO is alapul az ISO 8802 szabványhoz.

### 1.7.3. Ki kicsoda az Internet szabványosítási világában?

A világméretű Internetnek is megvan a maga szabványosítási mechanizmusa, amely lényegesen különbözik mind az ITU-T, mind az ISO mechanizmusától. A különbséget azzal a durva hasonlattal írhatjuk le, miszerint az ITU-T és az ISO szabványosítási értekezleteire az emberek öltönyben érkeznek, míg az Internet szabványosítási értekezleteire vagy farmerban vagy katonai egyenruhában.

Az ITU-T és az ISO értekezletein olyan vállalati ügyintézők és közalkalmazottak ülnek, akiknek a szabványosítás a munkájuk. A szabványosítást jó dolognak tartják, és ennek szentelik életüket. Ezzel szemben az internetes szakemberek alapvetően az anarchiát részesítik előnyben, bár néha egyetértésre is szükségük van ahhoz, hogy a dolgok előre haladjanak. Így akármilyen fájdalmas is, időnként szükség van szabványokra.

Amikor az ARPANET-et kiépítették, a DoD létrehozott egy informális bizottságot a hálózat felügyeletére. 1983-ban ezt a bizottságot átnevezték **Internet Koordinációs Testületnek (Internet Activities Board, IAB)**, és kissé kibővítették a hatáskörét is. Az lett a feladata, hogy az ARPANET és az Internet kutatóit többé-kevésbé ugyanabba az irányba terelje, akárcsak egy jó pásztor a nyáját. Az „IAB” betűszó jelentése később módosult, és ma az **Internet Architektúra Testületet (Internet Architecture Board)** jelöli.

Az IAB nagyjából tíz tagja létrehozott egy szakértői csoportot néhány fontos prob-

léma megoldására. Az IAB évente többször is összeül, hogy megvitassa az addigi eredményeket, és beszámoljon a DoD-nak és az NSF-nek arról, hogy melyik hálózat kapta a legtöbb támogatást a megelőző időszakban. Ha új szabványra volt szükség (pl. egy új forgalomirányítási algoritmusra), akkor az IAB tagok megvitaták ezt, és javaslatot terjesztettek elő a változtatásokra. Ezután a szoftverek lelkivilágát ismerő egyetemisták nekiláthattak az implementálásnak. Az eredményeket **műszaki jelentésekben**, ún. RFC-kben (**Request For Comments, RFC**) tették közzé. Az RFC-ket *on-line* módon tárolják, és bárki hozzáférhet, akit érdekel. Keletkezésük szerint időrendi sorrendben vannak beszámozva, és közel a 2000. évhez még mindig születnek ilyen jelentések.

1989-re az Internet olyan méreteket öltött, hogy ez a nagyfokú informális stílus tovább már nem állta meg a helyét. Akkoriban jó néhány forgalmazó kínált TCP/IP termékeket, és nem akartak változtatni azokon csak azért, mert tíz kutatonak jobb ötlete támadt. 1989 nyarán az IAB-t újból átszervezték. A kutatókat az **IRTF (Internet Research Task Force)** szervezetbe tömörítették, amely a mérnököket összefogó **IETF (Internet Engineering Task Force)** szervezettel együtt az IAB részlege lett. Az IAB tagságát kibővítették, és a kutatócsoportok szakemberein kívül más szervezetek képviselői is helyet kaptak benne. Kezdetben az újjászervezett IAB egy állandóan megújuló csoport volt, amiben egy képviselő 2 évig dolgozhatott, és az új képviselőket a régiek javaslata alapján nevezték ki. Később aztán megalakult az **Internet Társaság (Internet Society)**, amelyet az Internet iránt érdeklődő szakemberek hoztak létre. Az Internet Társaság hasonló szerepet tölt be, mint az ACM és az IEEE. Választott tisztségviselők irányítják, és azok jelölik ki az IAB képviselőket.

Az IAB kettéválasztásának célja az volt, hogy az IRTF-ben a hosszú távú kutatási célokra, míg az IETF-ben a rövid távú mérnöki kutatási célokra összpontosítsanak. Az IETF-et további munkacsoportokra osztották fel, és mindegyiknek saját feladatokat adtak. A munkacsoportok elnökeiből álló vezetőtestület eleinte sokszor összeült, hogy a mérnöki fejlesztéseket irányítsa. A munkacsoportok többek közt új alkalmazásokkal, felhasználói információkkal, OSI integrációval, forgalomirányítással és címezéssel, adatbiztonsággal, hálózatmenedzsmenttel és szabványokkal foglalkoztak. Időnként olyan sok munkacsoport dolgozott (néha több mint 70), hogy külön szakterületek jöttek létre, és csak a szakterületek elnökei ültek össze a vezetői értekezleteken.

Az eddigieken kívül az ISO mintájára kialakult egy sokkal formálisabb szabványosítási folyamat is. Ahhoz, hogy valamiből **szabványtervezet (Proposed Standard)** legyen, az alapelképzést nagyon világosan el kell magyarázni egy RFC-ben, és szakmai berkekben kellő érdeklődésnek kell lennie iránta. Ez biztosítja azt, hogy csak alaposan átgondolt javaslatokkal álljanak elő. Ahhoz hogy a szabványtervezetből **előzetes szabvány (Draft Standard)** legyen, 4 hónapig legalább két különböző helyen alapos tesztelésnek kell alávetni egy működő implementációt. Ha az IAB meggyőződött arról, hogy az elképzelés jó és a szoftver működik, akkor az elképzelést ismertető RFC-t **Internet Szabványnak (Internet Standard)** nyilvánítja. Néhány Internet Szabvány DoD szabvány (MIL-STD) is lett, ami által kötelező érvényűvé vált a DoD beszállítói számára. David Clark egyszer a következő híressé vált megjegyzést tette az Internet szabványosítására: „döcögő egyetértés és futó programok”.

## 1.8. Röviden a továbbiakról

Ez a könyv a számítógépes hálózatok elméletét és gyakorlatát tárgyalja. A legtöbb fejezet az elmélet áttekintésével kezdődik, amelyet néhány konkrét példa bemutatásával folytatunk. Két hálózati példa kísér minket végig a könyvön, az egyik az ATM, a másik az Internet. Bizonyos szempontból a kettő kiegészíti egymást, mivel az ATM inkább az alsó rétegeket érinti, míg az Internet inkább a felsőket. Lehetséges, hogy a jövőben az Internet nagyrészt ATM gerinchálózatokon fog működni, szóval a kettő elválaszthatatlan lesz egymástól. E kettőn kívül még más példák is bemutatásra kerülnek ott, ahol az szükséges.

A könyv szerkezete az 1.21. ábrán látható hibrid modellt követi. A 2. fejezetben alulról fölfelé haladva felépítjük a protokollhierarchiát. Bemutatjuk az adatátvitel elméleti hátterét, ami magában foglalja az analóg és digitális átvitelt, a multiplexelést, a kapcsolást, a telefonhálózatok múltját, jelenét és jövőjét. Ez az anyag rész a fizikai réteget tárgyalja, bár igazából inkább az architektúrális kérdésekkel foglalkozik, mint a fizikai réteg hardver vonatkozásaival. A fizikai rétegre számos példát mutatunk be, köztük a SONET-et és a celluláris rádiót.

A 3. fejezet az adatkapcsolati rétegről és annak protokolljairól szól, amit egyre összetettebb példákon keresztül mutatunk be. Az adatkapcsolati réteg protokolljainak elemzéséről szintén szólnunk. Ezek után néhány valós protokollt mutatunk be. Ezek közt szerepel a HDLC (amit kis és közepes sebességű hálózatok használnak), a SLIP, a PPP (amit az Internet is használ) és az ATM (amit a B-ISDN használ).

A 4. fejezet a közeghozzáférési alréteget, az adatkapcsolati réteg egyik alrétegét tárgyalja. A legfontosabb kérdés itt az, hogy ki használhatja következőnek a hálózatot akkor, amikor a hálózatot egyetlen osztott sín alkotja, mint a legtöbb LAN vagy műholdas hálózat esetén. Számos példa szerepel itt a LAN-ok, az optikai szál hálózatok és a műholdas hálózatok területéről. A LAN-ok összekapcsolására használt hidakról is ebben a fejezetben lesz szó.

Az 5. fejezet a hálózati réteggel foglalkozik, különös tekintettel a forgalomirányításra, a torlódásvédelemre és a hálózatok összekapcsolására. Mind a statikus, mind pedig a dinamikus forgalomirányítási algoritmusok bemutatásra kerülnek, de az adatszóró forgalomirányításról is lesz szó ebben a fejezetben. Bizonyos részletességgel elemezni fogjuk az egyszerűbb forgalomirányítási és torlódásvédelmi módszerek hatásait. A különböző típusú hálózatok összekapcsolása számos problémát vet fel, ezeket szintén itt tárgyaljuk majd. Az Internet és az ATM hálózati rétegét részletesen is be fogjuk mutatni.

A 6. fejezet a szállítási réteggel foglalkozik. A legnagyobb hangsúlyt itt az összeköttetés alapú protokollokra helyezzük, mivel a legtöbb alkalmazás ezt használja. A szállítási réteg szolgálataira és azok implementációjára részletesen is bemutatunk egy példát. Mind az Internet szállítási protokolljait (a TCP és az UDP), mind pedig az ATM szállítási protokolljait (AAL 1–5) részletesen ismertetjük.

Az OSI modell viszony rétegeről és megjelenítési rétegeről nem lesz szó ebben a könyvben, mivel szélesebb körben alig használják ezeket.

A 7. fejezet az alkalmazási réteggel foglalkozik, annak protokolljaival és az alkal-

mazásokkal. Az alkalmazásoknál többek közt szó lesz az adatbiztonságról, az elnevezésekről, az elektronikus levelezésről, a hálózati hírcsoportokról, a hálózatmenedzsmentről, a World Wide Web-ről és a multimédiáról.

A 8. fejezet egy magyarázatokkal ellátott irodalomjegyzéket tartalmaz fejezetenkénti bontásban. Ezt azoknak szántuk, akik a későbbiekben még szeretnének a hálózatokkal foglalkozni. E fejezet második részében pedig név szerinti sorrendben felsoroljuk azokat a műveket, amelyekre könyvünkben hivatkoztunk.

## 1.9. Összefoglalás

Az üzleti élet és a magánszemélyek számára egyaránt hasznos számítógép-hálózatokat sokféle szolgáltatáshoz lehet felhasználni. A vállalatoknál közös szerverre csatlakozó személyi számítógépekből álló hálózatok rugalmasságot és jó teljesítmény/ár arányt biztosítanak. A magánszemélyek pedig a hálózat révén különböző információkhoz és szórakozási lehetőségekhez juthatnak.

A hálózatoknak négy nagy csoportja van: a lokális, a nagyvárosi és a nagy kiterjedésű hálózatok, valamint az internet. Ezek közül mindegyiknek megvan a maga fizikai jellemzője, technológiája, sebessége és helye. A lokális hálózatok épületen belül működnek, a nagyvárosi hálózatok egy városnyi területet fednek le, a nagy kiterjedésű hálózatok pedig egy egész országot vagy földrészt hálózhatnak be. A LAN-ok és a MAN-ok nem kapcsolt hálózatok (azaz nincsen bennük router), a WAN-ok viszont kapcsolt hálózatok.

A hálózati szoftvereket olyan protokollok, azaz szabályok alkotják, amelyek segítségével a folyamatok kommunikálni tudnak egymással. A protokollok lehetnek összeköttetés alapúak vagy összeköttetés nélküliek. A legtöbb hálózat támogat valamilyen protokollhierarchiát, ami azt jelenti, hogy minden réteg szolgáltatásokat nyújt a felette álló rétegnek, és elrejt az alacsonyabb rétegek működésének részleteit. A protokollkészletek tipikusan az OSI vagy a TCP/IP modellen alapulnak. Mindkét modellben megtalálható a hálózati, a szállítási és az alkalmazási réteg, a többi rétegnél viszont már különbségek vannak.

A legismertebb hálózatok közé tartozik a Novell NetWare-je, az ARPANET (már nem működik), az NSFNET, az Internet és számos gigabites kísérleti hálózat. A hálózati szolgáltatások közül a DQDB-t, az SMDS-t, az X.25-öt, a frame relay-t és a széles-sávú ISDN-t érdemes megemlíteni, amelyek mind beszerezhetőek a számos forgalmazó valamelyikétől. A piac majd eldönti, hogy ezek közül melyik fut be és melyik nem.

## Feladatok

1. A jövőben, amikor már mindenkinek az otthonában lesz egy olyan terminál, amely a számítógép-hálózathoz csatlakozik, lehetővé válnak az azonnali népszavazások egy fontos törvényjavaslattal kapcsolatban. Végül is a parlamentet fel le-

hetne oszlatni, hiszen mindenki közvetlenül is ki tudná nyilvánítani az akaratát. Egy ilyen közvetlen módon gyakorolt demokráciának az előnyei mindenki számára nyilvánvalóak. Vitassuk meg a hátrányait is!

2. A lokális hálózatok egyik lehetséges változata egy olyan nagyméretű időosztásos rendszer, amelyben minden felhasználónak van egy terminálja. Ismertessük két előnyös tulajdonságát egy lokális hálózatot használó kliens-szerver rendszernek!
3. Egy két pont közötti összeköttetéseken alapuló alhálózatban öt routert kell összekapcsolni. A tervező az egyes routerek közé nagy sebességű, közepes sebességű vagy kis sebességű vonalakat tehet, de arra is van lehetősége, hogy ne kösse össze azokat. Ha egy számítógépnek 100 ms-ra van szüksége ahhoz, hogy kiépítsen és megvizsgáljon egy adott topológiát, akkor mennyi ideig tart az összes végigvizsgálása annak érdekében, hogy megtaláljuk azt az egyet, amelyik a leginkább megfelel a kívánt terhelésnek?
4.  $2^n - 1$  routert egy olyan központosított bináris fatopológiába rendezünk, amelynek minden csomópontjában van egy router. Az  $i$ -edik router úgy tud kommunikálni a  $j$ -edik routerrel, hogy a fa gyökeréhez küld egy üzenetet. Ezt követően a fa gyökere az üzenetet leküldi a  $j$ -edik routernek. Találjunk egy közelítőleg helyes képletet arra, hogy nagy  $n$  esetén egy üzenet átlagosan hány csomópontot érint a fában, ha azt feltételezzük, hogy a router párok közötti kommunikáció egyenlő valószínűségű.
5. Az adatszóró alhálózatok nagy hátránya, hogy kihasználatlan marad a sáv szélesség egy része, amikor egyszerre több hoszt is ugyanahhoz a csatornához akar hozzáférni. Az egyszerűség kedvéért tegyük fel, hogy a rendelkezésre álló időt diszkrét időrésekre osztjuk fel, és ugyanazt az időrést mind az  $n$  hoszt  $p$  valószínűséggel akarja egyszerre használni. Az időrések mekkora hányada lesz kihasználatlan az ütközések miatt?
6. Mik a szolgálatelérési pontok címei az FM rádiós műsorszórásban?
7. Mi a leglényegesebb elvi különbség az összeköttetés alapú és az összeköttetés nélküli kommunikáció között?
8. Adott két megbízható összeköttetés alapú szolgálatot biztosító hálózat. Az egyik bájtfolyamokat, a másik pedig üzenetsorozatokat továbbít megbízhatóan. Azonos-e a két hálózat? Ha igen, akkor miért különböztetjük meg őket? Ha pedig nem, akkor mondjuk meg, hogy mi a különbség a kettő között!
9. Mi a különbség a megerősített és a megerősítetlen szolgálat között? A következő szolgálatok közül melyik megerősített, melyik megerősítetlen, melyik mindkettő, illetve van-e olyan szolgálat, amelyik egyik sem a kettő közül?
  - (a) Összeköttetés létesítése.

- (b) Adatátvitel.
- (c) Összeköttetés lebontása.
10. Mit jelent az „egyeztetés” (negotiation) a hálózati protokolloknál? Mutassunk rá példát!
11. Mondjunk két okot arra, hogy miért érdemes protokollrétegeket használni!
12. Mondjunk két olyan dolgot, ami az OSI hivatkozási modellben és a TCP/IP hivatkozási modellben ugyanaz! Ezek után mondjunk két olyat is, ami különbözik!
13. A Különleges Festők nevű cég igazgatójának az az ötlete támad, hogy a helyi sörfőzdével együttműködve kifejleszthetnének egy láthatatlan sörösdobozt (környezetvédelmi okokból). Az igazgató megkéri a jogi osztályt, hogy tanulmányozza a tervet, a jogi osztály pedig továbbítja azt a mérnöki csoporthoz. Ezt követően a mérnökök az eredményről tájékoztatják a saját jogi osztályaikat, amelyek ezután telefonon tisztázzák egymás közt a jogi kérdéseket. Végül a két cég igazgatója megvitatja egymással a terv pénzügyi vonatkozásait. Vajon ez a példa többretegű protokollnak számít-e az OSI modell értelmében?
14. A legtöbb hálózatban az adatkapcsolati réteg feladata az, hogy átviteli hiba esetén a hibás keretek újraadásáról gondoskodjon. Ha egy keret meghibásodásának valószínűsége  $p$ , és a nyugtázó keretek sosem vesznek el, akkor átlagosan hányszor kell elküldeni egy keretet?
15. Melyik OSI réteg foglalkozik a következőkkel?
- (a) A továbbítandó bitsorozat tördelése keretekre.
- (b) Az útvonal kijelölése az alhálózatban.
16. Beágyazzák-e a TPDU-k a csomagokat vagy másképpen továbbítják? Vitassuk meg a kérdést!
17. Adott egy rendszer, aminek  $n$  rétegű protokollhierarchiája van. Az alkalmazások  $M$  bájt hosszúságú üzeneteket állítanak elő. Minden rétegben egy  $h$  bájt hosszúságú fejrész adódik az üzenethez. Mekkora hányadát foglalják le a hálózat sávszélességének a fejrészek?
18. Mi a leglényegesebb különbség a TCP és az UDP között?
19. Melyikhez hasonlít a Novell NetWare jobban, az X.25-höz vagy az Internethez? Indokoljuk meg a választ!

20. Az Internet mérete 18 hónaponként nagyjából megduplázódik. Bár senki nem tud pontos értéket mondani, egyes becslések szerint 1996 januárjában közel 7 milliárd hoszt kapcsolódott az Internetre. Ezeknek a számoknak az alapján próbáljuk meg kiszámítani, hogy 2008-ra várhatóan hány hoszt kapcsolódik majd az Internetre!
21. Miért tervezték az SMDS-t összeköttetés nélkülire, és a frame relay-t pedig összeköttetés alapúra?
22. Tegyük fel, hogy Bundás névre hallgató bernáthegyi kutyánkat arra képeztük ki, hogy az unicumosüveg helyett egy 8 mm-es Exabyte kazettákat tartalmazó dobozt cipeljen a nyakában. (A balesetet esetünkben most az jelenti, hogy megtelik a diszkünk.) A kazetták mindegyike 7 gigabájtos. Akárhol is vagyunk, a kutya 18 km/h sebességgel jut el hozzánk. Mekkora az a távolság, amelyen Bundás nagyobb sávszélességet biztosít, mint egy 155 Mb/s-os ATM vonal?
23. Amikor egyik számítógépről a másikra viszünk át egy fájlt, akkor (legalább) két nyugtázási stratégia lehetséges. Az első változatban a fájlt csomagokra osztjuk fel, és azokat a vevő egyenként nyugtázza, de az egész átviteli folyamatra nem ad nyugtát. A másik változatban a vevő a csomagokra nem ad nyugtát, viszont az egész fájlt átvitelét nyugtázza, amikor az teljesen megérkezett. Vitassuk meg a két változatot!
24. Tegyük fel, hogy az 1.28. ábrán látható SMDS csomagot be kell illeszteni az OSI protokollhierarchiába. Melyik rétegbe tennénk?
25. Adjuk meg egy előnyös és egy hátrányos tulajdonságát a bérelt vonalon alapuló frame relay-nek.
26. Miért használ az ATM kisméretű, fix hosszúságú cellákat?
27. Adjuk meg két előnyét és két hátrányát annak, hogy a hálózati protokollokat nemzetközileg szabványosítják!
28. Amikor egy rendszer egy rögzített és egy elmozdítható részből épül fel (mint például a lemez meghajtó és a mágneslemez), fontos, hogy az ilyen rendszert szabványosítsuk, ugyanis csak így érhető el, hogy a különböző gyártók által forgalomba hozott rögzített és elmozdítható részek együtt is működőképesek legyenek. Soroljunk fel három olyan dolgot a számítástechnika területén kívül, amelynél nemzetközi szabvány létezik! Ezek után soroljunk fel három olyat is, amelynél nem létezik ilyen szabvány!