

Andrew S. Tanenbaum

Számítógép- hálózatok

Tartalomjegyzék

Előszó a magyar kiadáshoz	15
Előszó	17
1. fejezet. Bevezetés	21
1.1. A számítógép-hálózatok használata	22
1.1.1. Üzleti alkalmazások	23
1.1.2. Otthoni alkalmazások	26
1.1.3. Mozgó felhasználók	30
1.1.4. Társadalmi vonatkozások	33
1.2. Hálózati hardver	36
1.2.1. Lokális hálózatok	37
1.2.2. Nagyvárosi hálózatok	39
1.2.3. Nagy kiterjedésű hálózatok	40
1.2.4. Vezeték nélküli hálózatok	42
1.2.5. Otthoni hálózatok	45
1.2.6. Összekapcsolt hálózatok	47
1.3. Hálózati szoftver	48
1.3.1. Protokollhierarchiák	48
1.3.2. A rétegek tervezési kérdései	53
1.3.3. Összeköttetés alapú és összeköttetés nélküli szolgálatok	54
1.3.4. Szolgálatprimitívek	56
1.3.5. A szolgálatok kapcsolata a protokollokkal	59
1.4. Hivatkozási modellek	60
1.4.1. Az OSI hivatkozási modell	60
1.4.2. A TCP/IP hivatkozási modell	64
1.4.3. Az OSI és a TCP/IP hivatkozási modell összehasonlítása	67
1.4.4. Az OSI hivatkozási modell és protokolljainak értékelése	69
1.4.5. A TCP/IP hivatkozási modell értékelése	72

1.5.	Hálózati példák	73	
1.5.1.	Az Internet	73	
1.5.2.	Összeköttetés alapú hálózatok: az X.25, a kerettovábbító és az ATM		84
1.5.3.	Az Ethernet	90	
1.5.4.	Vezeték nélküli LAN-ok: 802.11	93	
1.6.	A hálózatok szabványosítása	96	
1.6.1.	Ki kicsoda a távközlés világában?	97	
1.6.2.	Ki kicsoda a nemzetközi szabványosítás világában?	99	
1.6.3.	Ki kicsoda az Internet szabványosítási világában?	101	
1.7.	Mértékegységek	103	
1.8.	Röviden a továbbiakról	104	
1.9.	Összefoglalás	105	
	Feladatok	107	
2.	fejezet. A fizikai réteg	112	
2.1.	Az adatátvitel elméleti alapjai	112	
2.1.1.	Fourier-analízis	112	
2.1.2.	Sávkorlátozott jelek	113	
2.1.3.	A csatorna maximális adatátviteli sebessége	116	
2.2.	Vezetékes átviteli közegek	117	
2.2.1.	Mágneses hordozó	117	
2.2.2.	Sodrott érpár	118	
2.2.3.	Koaxiális kábel	119	
2.2.4.	Fényvezető szálak	120	
2.3.	Vezeték nélküli adatátvitel	127	
2.3.1.	Az elektromágneses spektrum	128	
2.3.2.	Rádiófrekvenciás átvitel	131	
2.3.3.	Mikrohullámú átvitel	132	
2.3.4.	Infravörös és milliméteres hullámú átvitel	135	
2.3.5.	Látható fényhullámú átvitel	135	
2.4.	Kommunikációs műholdak	137	
2.4.1.	Geoszinkron műholdak	138	
2.4.2.	Közepes röppályás műholdak	142	

2.4.3.	Alacsony röppályás műholdak	142
2.4.4.	A műholdak és a fényvezető szálak összehasonlítása	145
2.5.	A nyilvános kapcsolt telefonhálózat	146
2.5.1.	A távbeszélőrendszer felépítése	147
2.5.2.	Távközlési politika	150
2.5.3.	Az előfizetői hurok: modemek, ADSL- és vezeték nélküli megoldások	152
2.5.4.	Trönkök és multiplexelés	166
2.5.5.	Kapcsolási módok	177
2.6.	A mobiltelefon-rendszer	183
2.6.1.	Első generációs mobiltelefonok: analóg beszédátvitel	184
2.6.2.	Második generációs mobiltelefonok: digitális beszédátvitel	189
2.6.3.	Harmadik generációs mobiltelefonok: digitális beszéd- és adattovábbítás	198
2.7.	Kábeltelevízió	201
2.7.1.	Közösségi antennás televízió	202
2.7.2.	Internet a kábelhálózaton	203
2.7.3.	A spektrum kiosztása	204
2.7.4.	Kábelmodemek	206
2.7.5.	A kábeles és az ADSL-összeköttetések összehasonlítása	208
2.8.	Összefoglalás	210
	Feladatok	211
3.	fejezet. Az adatkapcsolati réteg	218
3.1.	Az adatkapcsolati réteg tervezési szempontjai	218
3.1.1.	A hálózati rétegnek nyújtott szolgálatok	219
3.1.2.	Keretezés	222
3.1.3.	Hibakezelés	226
3.1.4.	Forgalomszabályozás	226
3.2.	Hibajelzés és -javítás	227
3.2.1.	Hibajavító kódok	228
3.2.2.	Hibajelző kódok	230
3.3.	Elemi adatkapcsolati protokollok	234
3.3.1.	Korlátozás nélküli szimplex protokoll	239

3.3.2.	Szimplex megáll-és-vár protokoll	240
3.3.3.	Szimplex protokoll zajos csatornához	242
3.4.	Csúszóablakos protokollok	246
3.4.1.	Egybites csúszóablakos protokoll	248
3.4.2.	Az n visszalépést alkalmazó protokoll	251
3.4.3.	Szelektív ismétlést alkalmazó protokoll	257
3.5.	Protokollok helyességvizsgálata	263
3.5.1.	Véges állapotú automata modellek	263
3.5.2.	Petri-háló modellek	266
3.6.	Példák adatkapcsolati protokollokra	269
3.6.1.	HDLC – magas szintű adatkapcsolat-vezérlés	269
3.6.2.	Az Internet adatkapcsolati rétege	272
3.7.	Összefoglalás	277
	Feladatok	278

4. fejezet. A közegelési alrteg 283

4.1.	A csatornakiosztás problémája	284
4.1.1.	Statikus csatornakiosztás LAN-ok és MAN-ok esetén	284
4.1.2.	Dinamikus csatornakiosztás LAN-ok és MAN-ok esetén	285
4.2.	Többszörös hozzáférésű protokollok	287
4.2.1.	ALOHA	287
4.2.2.	Vivőjel-érzékeléses többszörös hozzáférésű protokollok	292
4.2.3.	Ütközésmentes protokollok	295
4.2.4.	Korlátozott versenyes protokollok	298
4.2.5.	Hullámhosszosztásos többszörös hozzáférési protokollok ...	301
4.2.6.	Vezeték nélküli LAN-protokollok	304
4.3.	Ethernet	308
4.3.1.	Ethernet-kábelezés	308
4.3.2.	Manchester-kódolás	312
4.3.3.	Az Ethernet MAC-protokollja	313
4.3.4.	A kettes exponenciális visszalépéses algoritmus	316
4.3.5.	Az Ethernet teljesítménye	317
4.3.6.	Kapcsolt Ethernet	319

4.3.7. Gyors Ethernet	321
4.3.8. Gigabites Ethernet	324
4.3.9. Az IEEE 802.2 szabvány: logikai kapcsolatvezérlés	328
4.3.10. Visszatekintés az Ethernetre	329
4.4. Vezeték nélküli LAN-ok	330
4.4.1. A 802.11 protokollkészlete	331
4.4.2. A 802.11 fizikai rétege	332
4.4.3. A 802.11 MAC alrétegének protokollja	334
4.4.4. A 802.11 keretszerkezete	338
4.4.5. Szolgáltatások	339
4.5. Szélessávú vezeték nélküli hálózatok	341
4.5.1. A 802.11 és a 802.16 összehasonlítása	342
4.5.2. A 802.16 protokollkészlete	343
4.5.3. A 802.16 fizikai rétege	344
4.5.4. A 802.16 MAC alrétegének protokollja	346
4.5.5. A 802.16 keretszerkezete	348
4.6. BLUETOOTH	349
4.6.1. A Bluetooth felépítése	350
4.6.2. Bluetooth-alkalmazások	351
4.6.3. A Bluetooth protokollkészlete	352
4.6.4. A Bluetooth rádiós rétege	354
4.6.5. A Bluetooth alapsávi rétege	354
4.6.6. A Bluetooth L2CAP rétege	355
4.6.7. A Bluetooth keretszerkezete	355
4.7. Kapcsolás az adatkapcsolati rétegben	357
4.7.1. Hidak 802.x és 802.y hálózatok között	359
4.7.2. Helyi hálózatok összekapcsolása	361
4.7.3. Feszítőfás hidak	363
4.7.4. Távoli hidak	365
4.7.5. Ismétlők, elosztók, hidak, kapcsolók, routerek és átjárók	365
4.7.6. Virtuális LAN-ok	368
4.8. Összefoglalás	376
Feladatok	378

5. fejezet. A hálózati réteg	384	
5.1. A hálózati réteg tervezési kérdései	384	
5.1.1. Tárol-és-továbbít típusú csomagkapcsolás	384	
5.1.2. A szállítási rétegnek nyújtott szolgálatok	385	
5.1.3. Az összeköttetés nélküli szolgálat megvalósítása	386	
5.1.4. Az összeköttetés alapú szolgálat megvalósítása	388	
5.1.5. A virtuális áramkör és a datagram alapú alhálózatok összehasonlítása	389	389
5.2. Forgalomirányító algoritmusok	391	
5.2.1. Az optimalitási elv	393	
5.2.2. Legrövidebb útvonal alapú forgalomirányítás	394	
5.2.3. Elárasztás	397	
5.2.4. Távolságvektor alapú forgalomirányítás	398	
5.2.5. Kapcsolatállapot alapú forgalomirányítás	401	
5.2.6. Hierarchikus forgalomirányítás	407	
5.2.7. Adatszóró forgalomirányítás	409	
5.2.8. Többesküldéses forgalomirányítás	411	
5.2.9. Forgalomirányítás mozgó hosztok esetében	413	
5.2.10. Forgalomirányítás ad hoc hálózatokban	416	
5.2.11. Csomópontkeresés egyenrangú (peer-to-peer) hálózatokban	422	
5.3. Torlódásvédelmi algoritmusok	426	
5.3.1. A torlódásvédelem alapelvei	428	
5.3.2. Torlódásmegelőző módszerek	430	
5.3.3. Torlódásvédelem virtuális áramkör alapú alhálózatokban ...	431	
5.3.4. Torlódásvédelem datagram alapú alhálózatokban	433	
5.3.5. Terhelés eltávolítása	436	
5.3.6. Dzsitterszabályozás	438	
5.4. A szolgálat minősége	439	
5.4.1. Követelmények	439	
5.4.2. Jó szolgálatminőséget biztosító megoldások	441	
5.4.3. Integrált szolgáltatások	452	
5.4.4. Differenciált szolgáltatások	455	
5.4.5. Címkekapcsolás és MPLS	458	
5.5. Hálózatok összekapcsolása	461	

5.5.1.	Miben különböznek a hálózatok?	462
5.5.2.	Hogyan lehet összekapcsolni a hálózatokat?	463
5.5.3.	Egymás után kapcsolt virtuális áramkörök	465
5.5.4.	Összeköttetés nélküli hálózatok kapcsolódása	466
5.5.5.	Alagút típusú átvitel	468
5.5.6.	Forgalomirányítás összekapcsolt hálózatokban	469
5.5.7.	Darabokra tördelés	470
5.6.	Hálózati réteg az Interneten	474
5.6.1.	Az IP-protokoll	476
5.6.2.	IP-címek	480
5.6.3.	Az Internet vezérlő protokolljai	492
5.6.4.	OSPF – belső átjáró protokoll	498
5.6.5.	BGP – külső átjáró protokoll	502
5.6.6.	Többesküldés az Interneten	505
5.6.7.	Mobil IP	506
5.6.8.	IPv6	508
5.7.	Összefoglalás	517
	Feladatok	518
6. fejezet.	A szállítási réteg	526
6.1.	A szállítási szolgálat	526
6.1.1.	A felső rétegeknek nyújtott szolgálatok	526
6.1.2.	Szállítási szolgálati primitívek	528
6.1.3.	Berkeley TCP-primitívek	531
6.1.4.	Csatlakozó-programozási példa: egy internetes állományszerver	533
6.2.	A szállítási protokollok elemei	537
6.2.1.	Címzés	538
6.2.2.	Összeköttetés létesítése	542
6.2.3.	Az összeköttetés bontása	547
6.2.4.	Forgalomszabályozás és puffereelés	551
6.2.5.	Nyalábolás	555
6.2.6.	Összeomlás utáni helyreállítás	556

6.3.	Egyszerű szállítási protokoll	558
6.3.1.	A példa szolgálati primitívjei	558
6.3.2.	A példa szállítási entitása	560
6.3.3.	A példa mint véges állapotú gép	568
6.4.	Az Internet szállítási protokolljai: az UDP	570
6.4.1.	Bevezetés az UDP-be	571
6.4.2.	Távoli eljárás hívás	572
6.4.3.	Valós idejű szállítási protokoll	574
6.5.	Az Internet szállítási protokollja: a TCP	578
6.5.1.	A TCP bemutatása	578
6.5.2.	A TCP szolgálati modell	579
6.5.3.	A TCP-protokoll	581
6.5.4.	A TCP-szegmens fejrésze	582
6.5.5.	TCP-összeköttetés létesítése	585
6.5.6.	TCP-összeköttetés lebontása	586
6.5.7.	TCP-összeköttetés-kezelés modellje	587
6.5.8.	TCP átviteli politika	589
6.5.9.	A TCP torlódáskezelése	593
6.5.10.	A TCP időzítéskezelése	596
6.5.11.	Vezeték nélküli TCP és UDP	598
6.5.12.	Tranzakciós TCP	601
6.6.	Teljesítőképesség	602
6.6.1.	A számítógép-hálózatok teljesítőképesség-problémái	603
6.6.2.	A hálózati teljesítőképesség mérése	606
6.6.3.	Rendszertervezés a teljesítőképesség növelésére	609
6.6.4.	Gyors TPDU-feldolgozás	612
6.6.5.	Gigabites hálózatok protokolljai	616
6.7.	Összefoglalás	619
	Feladatok	620
7. fejezet.	Az alkalmazási réteg	626
7.1.	DNS – a körzeti névkezelő rendszer	626
7.1.1.	A DNS-névtér	627

7.1.2.	Erőforrás-nyilvántartás	629
7.1.3.	Névszerverek	633
7.2.	Elektronikus levél	635
7.2.1.	Architektúra és szolgáltatások	637
7.2.2.	A felhasználói ügynök	639
7.2.3.	Üzenetformátumok	641
7.2.4.	Üzenettovábbítás	649
7.2.5.	Végső kézbesítés	652
7.3.	A Világháló (World Wide Web)	658
7.3.1.	A Web felépítésének áttekintése	659
7.3.2.	Statikus dokumentumok a Weben	677
7.3.3.	Dinamikus webdokumentumok	691
7.3.4.	HTTP – a hipertext átviteli protokoll	700
7.3.5.	Teljesítménynövelés	706
7.3.6.	A vezeték nélküli Web	712
7.4.	Multimédia	723
7.4.1.	Bevezetés a digitális hang világába	723
7.4.2.	Hangtömörítés	725
7.4.3.	Hangközvetítés	728
7.4.4.	Internetes rádió	732
7.4.5.	IP-n keresztül történő hangátvitel	735
7.4.6.	Bevezetés a mozgóképekhez	742
7.4.7.	Mozgókép-tömörítés	745
7.4.8.	Hálózati videózás	753
7.4.9.	MBone – Digitális adatszóró gerinchálózat	760
7.5.	Összefoglalás	764
	Feladatok	765
8.	fejezet. Hálózati biztonság	772
8.1.	Kriptográfia	775
8.1.1.	Bevezetés a kriptográfiába	776
8.1.2.	Helyettesítő kódolók	778
8.1.3.	Keverő kódolók	780

8.1.4.	Egyszer használatos bitminta	781
8.1.5.	Két alapvető kriptográfiai elv	786
8.2.	Szimmetrikus kulcsú algoritmusok	788
8.2.1.	DES – az adattitkosítási szabvány	790
8.2.2.	AES – a fejlett titkosítási szabvány	793
8.2.3.	Titkosítási módok	797
8.2.4.	Egyéb kódolók	802
8.2.5.	Kriptoanalízis	803
8.3.	Nyilvános kulcsú algoritmusok	804
8.3.1.	RSA	805
8.3.2.	Más nyilvános kulcsú eljárások	807
8.4.	Digitális aláírások	807
8.4.1.	Szimmetrikus kulcsú aláírások	808
8.4.2.	Nyilvános kulcsú aláírások	809
8.4.3.	Üzenet pecsétek	811
8.4.4.	A születésnap támadás	815
8.5.	A nyilvános kulcsok kezelése	817
8.5.1.	Tanúsítványok	818
8.5.2.	X.509	819
8.5.3.	Nyilvános kulcs infrastruktúrák	821
8.6.	A kommunikáció biztonsága	824
8.6.1.	IPsec	824
8.6.2.	Tűzfalak	829
8.6.3.	Virtuális magánhálózatok	831
8.6.4.	Vezeték nélküli biztonság	833
8.7.	Hitelességvizsgáló protokollok	838
8.7.1.	Osztott titkos kulcson alapuló hitelességvizsgálat	839
8.7.2.	Osztott kulcs létesítése: A Diffie–Hellman-féle kulcscsere .	843
8.7.3.	Hitelességvizsgálat kulcsszétosztó központ alkalmazásával	845
8.7.4.	Hitelességvizsgálat Kerberos alkalmazásával	848
8.7.5.	Hitelességvizsgálat nyilvános kulcsú titkosítással	850
8.8.	Az e-levelek biztonsága	851
8.8.1.	PGP – elég jól biztosított személyiségi jog	852
8.8.2.	PEM – megnövelt személyiségi jogokat biztosító levél	856

8.8.3. S/MIME	857
8.9. A Web biztonsága	857
8.9.1. Fenyegetések	858
8.9.2. Biztonságos névkezelés	859
8.9.3. SSL – a biztonságos csatlakozóréteg	866
8.9.4. A hordozható kódok biztonsága	870
8.10. Társadalmi kérdések	873
8.10.1. A személyiségi jogok védelme	873
8.10.2. Szólásszabadság	876
8.10.3. A szerzői jogok	880
8.11. Összefoglalás	883
Feladatok	884
9. fejezet. Ajánlott olvasmányok és irodalomjegyzék	891
9.1. Javaslatok a továbbolvasáshoz	891
9.1.1. Bevezetés és általános művek	892
9.1.2. A fizikai réteg	893
9.1.3. Az adatkapcsolati réteg	896
9.1.4. A közegelési alréteg	896
9.1.5. A hálózati réteg	898
9.1.6. A szállítási réteg	900
9.1.7. Az alkalmazási réteg	900
9.1.8. Hálózati biztonság	902
9.2. Irodalomjegyzék	904
Tárgymutató	921

