

5 Andmeedastus

Elektrivõrkude paiknemine laial territooriumil eeldab toimivat ja töökindlat andmeedastust. Mõõteandmed ja signaalid on vaja reaalajas toimetada kohtadelt (alajaamadest) juhtimiskeskustesse ja vastupidi, edastada juhtimiskeskustest antavad korraldused seadmetele (lülitid, releekaitse- ja automaatikaseadmed). Üldisemalt on vaja andmeedastust tööjaamade ja terminalide vahel, arvutite koht- ja kaugvõrke, hajustöötlust ja muud.

5.1 Andmeside

Andmesideks nimetatakse andmete kogumist, edastamist ja väljastamist sidekanalite kaudu nii analoog- kui ka digitaalkujul. Andmeside võimalikkuse põhilised eeldused on järgmised:

- füüsiline sideliin (link)
- andmekandja (kanal, meedia)
- ühine kontekst
- identifitseeritud vastuvõtja.

Kui füüsiline sideliin ja andmevahetuskanal on kindlaks määratud, siis ülejäänud (konteksti ja vastuvõtja identifitseerimine) kuulub sideprotokollide (5.3) valdkonda.

5.1.1 Põhimõisted

Informatsiooni võib esitada **analoog-** või **digitaalkujul**. Kuigi analoogkuju on voolule, pingele ja muudele pidevatele suurustele loomulikum, edastatakse ja töödeldakse tänapäeval andmeid peamiselt digitaalkujul. Analoogsuuruste digitaalkujule teisendamiseks kasutatakse impulss-koodmodulatsiooni. Olenevalt sellest mitme bitiga (8, 12, 16 jne) analoogsuurus edastatakse, jagatakse tema muutumisvahemik kas $2^8 = 256$, $2^{12} = 4096$, $2^{16} = 65536$ jne võrdseks nummerdatud vahemikuks ja analoogsuuruse väärtusena edastatakse vahemiku järjekorranumber, millesse suurus sattus mõõtmise hetkel. Sellist analoogsignaali digitaalseks muundamist nimetatakse signaali kvantimiseks.

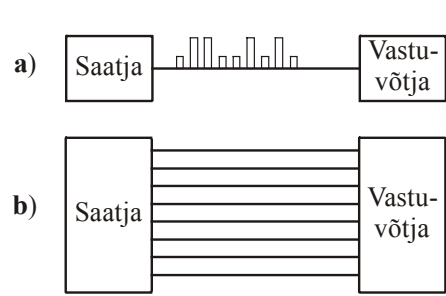
Digitaalkujul andmed on kodeeritud. Enim kasutatav on ASCII-märgistik (*American Standard Code for Information Interchange*), mis on tabelis 5.1 (tabelis puuduvad koodid 00...31 vastavad teenindusmärkidele). Kuna ASCII põhitableis puuduvad mitteinglise kirjamärgid ja rakendustes vajalikud erimärgid, siis on välja töötatud rohkesti põhitablei teisendeid, mis erinevad peamiselt koodidele 128...255 vastavate märkide poolest (tabel 5.1 vastab versioonile *Baltic*).

Rahvusvaheline standard ISO 10646 määritleb universaalse märgistiku UCS (*Universal Character Set*), mis koondab ühtsesse süsteemi maailma kõigis teadaolevates keeltes ja tegevusvaldkondades (tüpograafia, füüsika, matemaatika, semiootika, graafika jm) kasutatavad märgid. Formaalselt määrab standard 31-

bitise koodi, mille 16 bitine alamhulk moodustab maailma erikeelsete arvutikasutajate tähetabeli BMP (*Basic Multilingual Plane*) nulltasandi. Väljaspool nulltasandit kodeeritud sümbolid on väga spetsiifilised (nt hieroglüüfid) ja mõeldud kasutamiseks mingi eriala spetsialistidele.

Tabel 5.1 ASCII-märgistik

	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176	192	208	224	240
00		0	@	P	`	p	€			°	À	Š	ą	š
01	!	1	A	Q	a	q		‘		±	Ī	ž	ì	ń
02	“	2	B	R	b	r	‘	’	¢	²	Ā	Ń	ā	ņ
03	#	3	C	S	c	s		“	£	³	Ć	Ó	ć	ó
04	\$	4	D	T	d	t	„	”	¤	´	Ä	Ö	ä	ö
05	%	5	E	U	e	u	...	•		μ	Å	Õ	å	õ
06	&	6	F	V	f	v	†	—	ı	¶	Ę	Ö	ę	ö
07	‘	7	G	W	g	w	‡	—	§	·	Ë	×	ë	÷
08	(	8	H	X	h	x			Ø	ø	Č	U	č	u
09	)	9	I	Y	i	y	%	™	©	¹	É	Ł	é	ł
10	*	:	J	Z	j	z			℞	‡	Ž	Ś	ż	ś
11	+	;	K	[	k	{	<	>	«	»	È	Ū	è	ū
12	,	<	L	\	l	|			¬	¼	Ğ	Ū	ğ	ü
13	-	=	M	]	m	}		—	-	½	Ų	Ž	ų	ž
14	.	>	N	^	n	~	˘	˙	®	¾	Ī	Ž	ī	ž
15	/	?	O	_	o	,			Æ	æ	Ļ	β	ļ	ū



Joonis 5.1 Jada- (a) ja rööpedastus (b)

Digitaalandmeid edastatakse jada- või rööpkujul. **Jadaedastusel** (järjestik-edastusel) antakse bitt edasi pideva voona üks bitt korraga, kasutades ühtainsat ühendusliini (joonis 5.1). **Rööpedastuse** korral kantakse kõik andmerühma bitid (1...8 baiti) üle korraga, iga bitt mööda eraldi juhet. Liideste füüsilist teostust arvutis nimetatakse jada- või rööppordiks. Rööpedastuse eeliseks on suurem töökiirus,

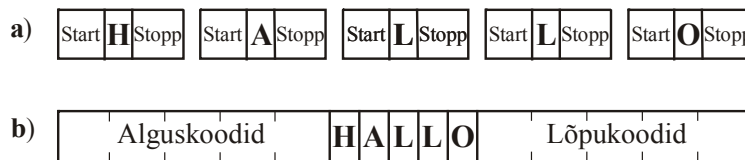
kuid selle tegevusulatus on väike. Praktiliselt kasutatakse rööpedastust ainult arvuti kesk- ja välisseadmete vahel.

Sidekanali **läbilaskevõimet** (ka edastus- või töökiirus) jadaedastusel mõõdetakse bittide arvuga sekundis bit/s (*bps*). Teiseks mõõtühikuks on bood (*baud*), mis võrdub signaali sideliinil eksisteerimise aja pöördväärtusega. Boodi täpsem määratlus sõltub rakendusest, võrdues kas elementaarsignaalide või ühikintervallide arvuga sekundis. Analoogetheraali läbilaskevõimet iseloomustab tema **ribalaius**. Claude Shannon näitas 1948. aastal, et piiratud ribalaiusega W ning etteantud signaali S ja häire N võimsuse suhtega sidekanali läbilaskevõime C on

$$C = W \log(1 + S/N) / \log 2$$

Näiteks 4000 Hz ribalaiusega telefoniliini läbilaskevõime signaali ja müra suhtel 1000 on 40 kbit/s. Kui sagedusriba kasutatakse ainult ühe signaali edastamiseks, siis nimetatakse seda **põhiribaedastuseks**. Mitme signaali korraga ülekandmisel on tegemist **lairibaedastusega**. Lairibaedastuse näiteks on kaabeltelevisioon, mida saab kasutada suure hulga TV-kanalite edastamiseks analoogkujul ja selle kõrval ka andmesideks.

Kvanditud signaali moonutusteta ülekandmiseks vajaliku kanali läbilaskevõime määrab Nyquisti seadus, mille põhjal sagedusega f muutuva analoogsignaali täielikuks taastamiseks peab andmeid saatma sagedusega $2f$. Näiteks inimhääle (< 4 kHz) moonutusteta ülekandmiseks tuleb saata kvanditud signaale sagedusega 8 kHz. Kui inimhäält kvanditakse 8 bitiga, vajatakse kanalit läbilaskevõimsusega $8 \cdot 8 = 64$ kbit/s. Muusika (< 20 kHz) moonutusteta ülekandmiseks 8-bitise kvantimisega on vaja digitaalkanalit läbilaskevõimega 320 kbit/s.

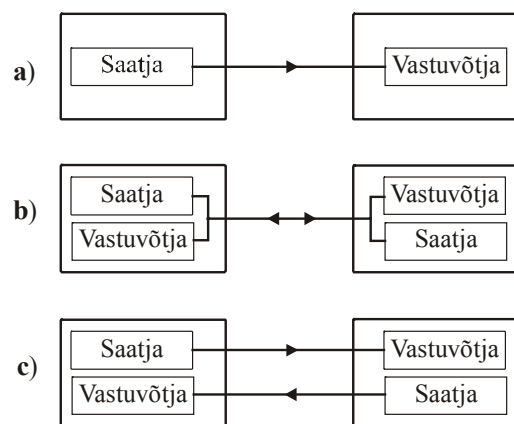


Joonis 5.2 Sõna HALLO asünkroon- (a) ja sünkroonedastus (b)

Jadaedastuse korral tuleb vastuvõtjale teatada sõnumi algus ja bittide asukoht. Eristatakse asünkroonset ja sünkroonset andmeedastust. **Asünkroonedastusel** moodustab iga andmerühm (bait) ajastuselt iseseisva üksuse. Ülekantavad bitid saadetakse välja üksteise järel, markeerides start- ja stoppbiti abil iga andmerühma alguse ja lõpu (joonis 5.2). Meetodi eeliseks on, et andmeid võib edastada mis tahes ajahetkel, puuduseks edastuse aeglus. **Sünkroonedastusel** kantakse ühesuguses rütmis ühekorraga üle suuremaid bitirühmi, mida nimetatakse kaadriteks. Andmevahetus saatja ja vastuvõtja vahel kooskõlastatakse välise sünkroniseerimissignaali abil. Saade lõpeb ühe kaadri lõpuga ja algab uuesti järgmise kaadriga. Sünkroonedastusel võib rakendada efektiivset veakontrolli, kusjuures vea avastamisel vigase kaadri ülekannet tavaliselt korratakse. Meetodi eeliseks on suur töökiirus ja töökindlus, puuduseks aga kulukus ja keerukus. Sünkroonedastuse alaliigiks on Manchesteri kodeering, mis tagab edastatava koodi isesünkroniseerimise (lisaasünkroonsignaali ei vajata).

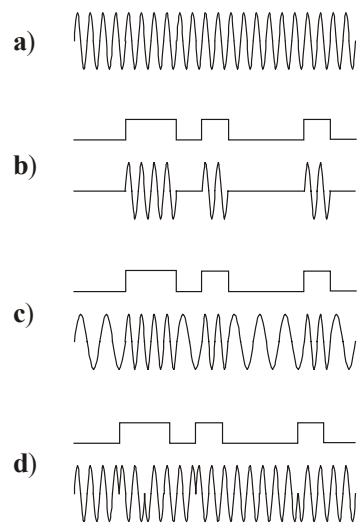
Andmeid kantakse sidekanalis üle kas ühes või mõlemas suunas. **Simpleks-edastusel** toimub ülekanne ainult ühes suunas (joonis 5.3). **Pooldupleksedastus** on küll kahesuunaline, kuid sõnumeid ei saa saata ja vastu võtta ühel ajal. Kiireim ja efektiivsem on **täisdupleksedastus**, kus sõnumi saatmine ja vastuvõtt võib toimuda korraga.

Esialgu kasutati andmevahetusel sama meetodit mis hariliku telefonikõne võtmisel. Kõigepealt valiti vastuvõtja number ja loodi saatja ja vastuvõtja vahel püsiahel ning siis edastati sõnum. Selline ahellülitus on aga üsna ebaefektiivne ja aegaviitev.



Joonis 5.3 Simpleks- (a), pooldupleks- (b) ja täisdupleksedastus (c)

Hiljem töötati välja **sõnumi kommuteerimise** (*message switching*) ja **pakettkommuteerimise** (*packet switching*) põhimõtted. Esimesel juhul saadetakse sõnum ühest mälu- ja varustatud sõlmest teise andmesidevõrku juhtiva programmi vahendusel, kuni sõnum jõuab lõpuks adressaadini. Pakettedastus on sõnumiedastuse erikuju, mille puhul sõnum jaotatakse sobiva pikkusega standardseteks plokkideks ehk pakettideks (tavaliselt 128 või 256 baiti), mis saadetakse võrgu ühest sõlmest teise. Võrku juhtiv



Joonis 5.4 Kandesignaal (a), amplituud- (b), sagedus- (c) ja faasimodulatsioon (d)

tarkvara otsib edastuse käigus kahe sõlme vahel kõige optimaalsema tee (marsruudi).

Igale sidekanalile vastab sagedusriba kandesageduse piirkonnas. Selleks et teadet edasi anda, tuleb kandesignaali moduleerida infot sisaldava signaaliga. Moduleerivaid ja demoduleerivaid seadmeid nimetatakse **modemiteks**. Moduleerimist on kolm põhiliki (joonis 5.4), lisaks nende kombinatsioonid. **Amplituudmodulatsiooni** korral muudetakse moduleeriva signaaliga kandesageduse amplituudi. Signaali amplituudi muutmine, nivoo pikkuse varieerimine ja üleminekutele kindla tähenduse andmine võimaldab digitaaltehnikas kasutada mitmesuguseid kodeerimise meetodeid. Näiteks Manchesteri kood määratakse nii, et biti 0 kestuse esimesel poolajal on signaalil kõrge nivoo (+) ja teisel poolajal madal nivoo (-), biti 1 puhul aga vastupidi.

Amplituudmodulatsioon on võrdlemisi aldis häiringutele. Töökindlam on **sagedusmodulatsioon**, kus muutuvaks suuruseks on kandelaine sagedus. Digitaaltehnikas nimetatakse sagedusmodulatsiooni ka sagedusmanipulatsiooniks või diskreet-

sagedusmodulatsiooniks. Siin vastavad väärtustele 0 ja 1 erinevad sagedused. Suurema arvu sageduste kasutamine võimaldab üle minna grupikodeerimise meetoditele. Näiteks saab nelja erineva sagedusega kodeerida arve 0, 1, 2 ja 3 ehk kahebitise grupi 00, 01, 10 ja 11. Grupikodeerimine avas uusi võimalusi kanalite läbilaskevõime suurendamiseks, eriti vea korrigeerimisega protokollide kasutamisel raadiokanalites, mis on tundlikud häiretele.

Nüüdisaegsetes modemites kasutatakse **faasimodulatsiooni**, kus moduleeriv signaal mõjutab kandesageduse faasi. Grupikodeerimine faasimodulatsiooniga osutus suhteliselt lihtsaks ja praegu kasutatakse juba kaheksa 45° faasinihkega moduleerimise viisi 8PSK (*Eight Phase Shift Keying*), mis oluliselt suurendab raadiokanalite läbilaskevõimet. Võimalik on ka faasi- ja amplituudmoduleerimise kombineerimine ehk **kvadratuurne amplituudmodulatsioon** (*Quadrature Amplitude Modulation, QAM*), mida kasutatakse lühilaine- ja satelliitsides ja mis on ka üks grupikodeerimise viise. Moduleeritava grupi laiendamiseks võib lisada nii sageduse kui faasi muutmise. Uusim kodeerimisviis on **trelliskoodmodulatsioon**, kus ülekantav info muudetakse tüüpsignaalidest koostatud *n*-mõõtmeliste vektorite jadaks sagedusamplituudruumis, mida modemid kodeerivad ja dekodeerivad.

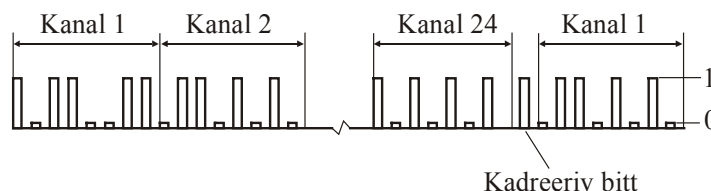
Tabel 5.1 Modemistandardid

Standard	Ratitiseerimise aeg	Kiirus (bit/s)	Modulatsioon
V.21	1964	200	Diskreetsagedus
V.22	1980	1200	Diskreetfaas
V.22 bis	1984	2400	Kvadratuuramplituud
V.23	1964	1200	Diskreetsagedus
V.26	1968	2400	Diskreetfaas
V.26 bis	1972	2400	Diskreetfaas
V.26 ter	1983	2400	Diskreetfaas
V.27	1972	4800	Diskreetfaas
V.27 bis	1976	4800	Diskreetfaas
V.27 ter	1976	4800	Diskreetfaas
V.29	1976	9600	Kvadratuuramplituud
V.32	1984	9600	Kvadratuuramplituud
V.32 bis	1991	14400	Trelliskood
V.32 ter		19200	Trelliskood
V.34	1994	28800	Trelliskood

Modemite juures on oluline nende töökiirus ja eri modemite ühilduvus. Töökiirus ulatub 144 kbit/s ja enam. Modemite ühilduvus tagatakse liideste ja sideprotokollide (5.3) standardiseerimisega. Modemite standardid määravad moduleerimise, vea korrigeerimise, andmete pakkimise meetodid ja muud

omadused. Näitena modemite arengust tavatelefonivõrgus PSTN (*Public Switched Telephone Network*) on tabelis 5.1 toodud Rahvusvahelise Elekterside Liidu standardid

Selleks et ühe sidekanali kaudu üle kanda mitme kaugterminali andmeid, kasutatakse multipleksimist. **Sagedusmultipleksimisel** jaotatakse kasutada olev sagedusriba mitme alamkanali vahel nii, et igaühel on erinevad kandesagedused. Sagedusmultipleksimine sobib ennekõike analoosignaale. Mitme digitaal-signaali üheaegseks edastamiseks samas ülekandekanalisis kasutatakse **aegmultipleksimist**. Joonisel 5.5 esitatud näite kohaselt edastatakse järjestikku esimese kanali 8 bitti, siis teise kanali 8 bitti ja nii edasi, kuni viimase 24 kanalini välja. Järgneb üks kadreerimisbitt ja siis kordub kõik uuesti, alates esimesest kanalist. Nende kahe meetodi ühendamisel saadakse rida laiendatud spektriga moduleerimismeetodeid, mis põhinevad kanalite ortogonaliseerimisel (sõltumatuks muutmisel) diskreetse Fourier' teisendusega nii sageduse kui aja suhtes. Meetodeid on kahte tüüpi. Esimestes kasutatakse kindla järjnevusega laiendatud spektrit, s.t spektri jaotus on ette määratud ja müra mõju kõrvaldatakse igas spektriosas eraldi. Teistes muudetakse kasutatavat spektrit pseudojuhuslikult ja vea avastamise korral korratakse saadet teisel sagedusel. Selline meetod muudab kanalid raskesti pealtkuulatavaks, mistõttu nende kasutamise pärusmaa oli algselt militaristlik. Ka seab meetod kõrgeid nõudmisi saate- ja vastuvõtuaparatuurile, mis peavad suutma teha reaajas kaheparameetrilist Fourier' teisendust, omama eriti stabiilseid ostsillaatoreid ja väikese lineaarsusveaga võimendeid.



Joonis 5.5 Aegmultipleksimise põhimõte

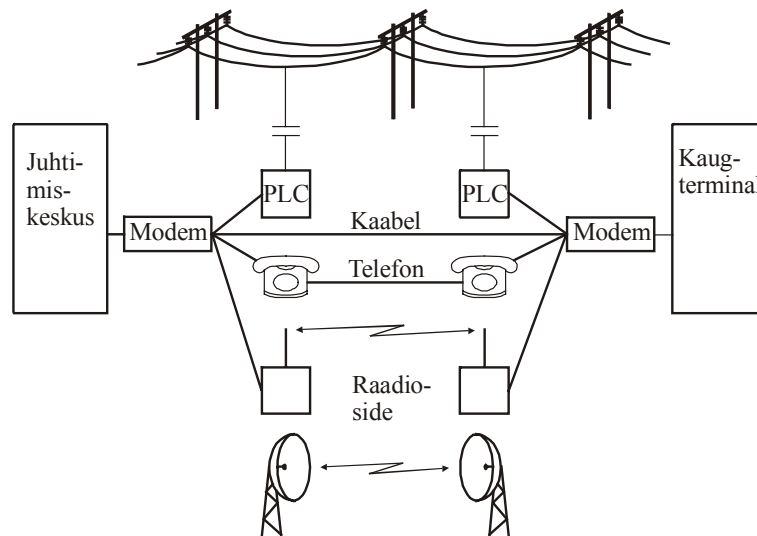
Andmeedastuse juurde kuulub veaavastus ja -parandus ning andmete tihendamine (pakkimine). Ennekõike püütakse tuvastada füüsilisi vigu, mis võivad tuleneda saatja ja vastuvõtja ebaõigest sünkroniseerimisest. Loogilistest veaavastusmeetoditest on lihtsaim paarsuse kontroll, kus teate saatmisel lisatakse igale sõnale täiendav bitt nii, et ühtesid oleks paarisarv. Kui see vastuvõtmisel nii ei ole, on tegemist veaga ja sõnumi saatmist tuleb korrata. Ka võib edastatavaid märke või sõnu kodeerida nii, et need erinevad omavahel enam kui ühe biti jagu. Kui selline erinevus, mida nimetatakse Hammingi distantsiks, on suurem kui üks, tekib vea korral mitteettenähtud kood. Galois' lõplike gruppide algebral põhinevad Reedi-Solomoni veaparanduskoodid, mida kasutatakse andmete salvestamisel, mobiil-, lühilaine- ja satelliitsides, traadita arvutivõrkudes, digitaalraadios ja -televisioonis ning suure kiirusega modemites. Kõige täiuslikum on **tsükkelkoodikontroll** (*Cyclic*

Redundancy Check, CRC), mis põhineb asjaolul, et edastatavaid sõnu võib vaadelda kui (kahend)arve ja nendega teha aritmeetilisi tehteid. Kui sõnumi saatmisel teisendada neid mingi polünoomiaalse funktsiooni kohaselt, näiteks tõsta sõnadele vastavad arvud ruutu, siis vastuvõtmisel tuleb arvutada pöördfunktsioon. Kui mõne sõna puhul seda teha ei saa (tulemuseks ei ole täisarv), on tegemist veaga. Vigu võib sel juhul ka parandada ilma sõnumit kordamata. Tõsi, niisugune teisendus suurendab edastatava sõnumi pikkust. Andmete pakkimine taas vähendab sõnumi pikkust. Olenevalt pakkimismeetodist ja andmete iseloomust võib sõnum lüheneda kuni neli korda.

Sideseadmete omavaheline suhtlemine toimub kindlate reeglite, **sideprotokollide** alusel (5.3). Sideprotokollid toimivad nii andmeedastuse füüsilisel kui loogilisel tasemel, määrates ära seadmete ühilduvuse, sõnumi struktuuri, sõnumi saatmise ja vastuvõtmise korra, moduleerimisviisi, sidevõrgu struktuuri, vigade tuvastamise ja parandamise meetodi jms.

5.1.2 Sideliinid ja -võrgud

Andmeside aluseks on sideliinid ja -võrgud. Elektrivõrkude operatiivjuhtimisel on kasutusel nii traadiga kui ka traadita side raadiolainete vahendusel. Põhilisteks sideliinideks on (joonis 5.6)

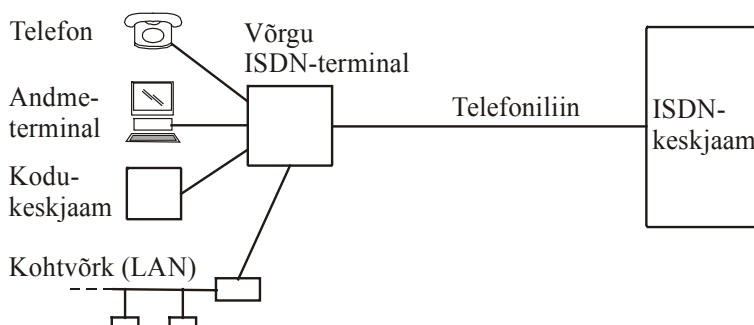


Joonis 5.6 Sideliinid

- vaskjuhtmetest keerdpaar (tavaline telefoniliin)
- koaksiaalkaabel
- valguskaabel (kiudoptiline kaabel)
- kõrgsagedusside
- traadita andmeside (kohtvõrgud)

- mobiiltelefon
- raadioside
- paketttraadiovõrk
- mikrolaineside
- satelliitside.

Tavalist numbrivalimisega telefonivõrku kasutatakse näiteks jaotusvõrgu tasemel sidepidamiseks tarbijatega. Vastavate modemite töökiirus ulatub 64 kbit/s ja enam. Probleemiks on sideme loomine, mis võib kesta kümneid sekundeid ka siis, kui liin on vaba. Lisavõimaluseks on kõrgsageduse (*Data Over Voice, DOV*) kasutamine, mis ületab telefonisageduse (3400 Hz). Selline sagedus ei häiri telefoniühendust. Vajalikud on vastavad modemid, saavutatav töökiirus on 9600 bit/s ja enam. Sideme loomine toimub DOV-modemi korral praktiliselt viiteta. Operatiivjuhtimise muudel eesmärkidel (nt juhtimiskeskuse ja alajaama vahelise sideme loomisel) on võimalik rakendada ka pakettkommuteerimise põhimõtteid, kus sõnum jaotatakse plokkideks ja edastatakse momendil vaba marsruuti pidi. Saavutatav töökiirus on piisav (kuni 128 kbit/s), kuid nõuab sidevõrgus sellekohast tehnikat. Avaliku telefonivõrgu otsene rakendamine operatiivjuhtimise eesmärgil on võimalik sideliinide (juhtmepaaride) jäiga ühendamisega, mis tagab viivitusetu



Joonis 5.7 ISDN-liini põhimõtteskeem

sideme.

Telefonivõrgu rakendamise uueks tehnikaks on integraalvõrk ISDN (*Integrated Services Digital Network*), kus kasutatakse aegmultipleksimist ja efektiivset impulsskoodmodulatsiooni. ISDN-liinide eripära seisneb selles, et digitaalsel baasil kujundatakse ühtne teenusvõrk kõne, pildi ja andmete edastamiseks. Selliste liinide eeliseks on suurem edastuskiirus ja läbilaskevõime ning võimalus kõne ja andmete samaaegseks edastamiseks. ISDN-liini põhimõtteskeem on joonisel 5.7. Edastuskiirus sõltub kaasatud telefoniliinide arvust arvestusega 64 kbit/s iga telefoniliini kohta. Tavaliselt rakendatakse kahte telefoniliini, mis annab edastuskiiruseks 128 kbit/s. Eri kanalite signaale on võimalik multipleksida. Euroopa standardi CEPT/E1 ühik koosneb 32 kanalist läbilaskevõimega $64 \cdot 32 = 2,048$ Mbit/s,

kusjuures kahte kanalit ei kasutata andmeedastuseks, vaid kaadri sünkroniseerimiseks ja kanali teenindamiseks. USA standardi T1 ühik koosneb 24 kanalist + 8 kbitti kanali teenindamiseks, s.o $24 \cdot 64 + 8 = 1,544$ Mbit/s. Standardid jätkuvad neljakordse ühiku astmetena.

Arvutite kohtvõrkudes kasutatakse sageli koaksiaalkaablit, mille läbilaskevõime ületab tunduvalt vaskjuhtmetest keerdpaari näitaja, ulatudes 100 Mbit/s. Ka tegevusraadius on koaksiaalkaabli korral suurem, ulatudes 500 meetrini vaskjuhtme 100 m asemel. Kasutusel on kaht tüüpi koaksiaalkaabel – peenike (läbimõõt 5 mm) ja jäme (1 cm). Esimese tegevusraadius on 185, teise 500 meetrit.

Valguskaablis levivad digitaalandmed optilist kiudu (valgusjuhti) pidi moduleeritud valgusimpulssidena. Sideks kasutatakse laserikiirgust lainepikkusega 600...1600 nm. Valguse kasutamine sideks on võimalik selle tõttu, et valguskius toimub valguslainete täielik sisepeegeldus. Sisepeegeldus saavutatakse valguskiumaterjalist väiksema murdumisnäitajaga materjali kasutamise kiu ümbrisena. Kiu läbimõõt ei ületa mõndasada μm , ümbris on umbes 10 korda jämedam. Kaablis võib olla palju valguskiude. Mehaanilise tugevuse saavutamiseks valatakse kiud plastkattesse või pannakse nad alumiiniumtorusse, mis ilmastikumõjude vähendamiseks täidetakse vetthülgava pastaga. Valguskiuna kasutatakse plasti, klaasi sujuvkiudu või monomoodkiudu. Plastikuga kaabel võimaldab kasutada kõiki lainepikkusi, kuid ilma võimenduseta saab ühendada seadmeid kuni 50 m kauguseni. Klaasi sujuvkiu korral võib kasutada teatud piirkonda lainealast, kusjuures seadmete vahekaugus võib ulatuda mõne kilomeetrini. Monomoodkiud eeldab fikseeritud lainepikkusega laserikiirgust, kuid seadmete vahekaugus võib ulatuda poolesaja kilomeetrini. Sumbuvuse vähendamiseks peab valguskiu läbimõõt olema kooskõlas sideks kasutatud valguse lainepikkusega.

Valguskaablite paigutamiseks olemasolevatele elektriliinidele on praktiliselt kolm moodust:

- valguskaablit sisaldava piksekaitsetrossi kasutamine
- valguskaabli kerimine ümber õhuliini juhtme
- valguskaabli monteerimine õhuliini mastidele.

Tänapäeval valmistatakse erineva ehitusega mitmekiulist valguskaablit sisaldavaid piksekaitsetrosse. Tehniliselt on see parim lahendus, sest nii on valguskaabel hästi kaitstud mehaaniliste ja ilmastikumõjude eest. Pikselööride termilist mõju vähendab juhtme pinnaefekt ja valguskiu ümbrise halb soojusjuhtivus. Valguskaabli kerge kaal ja väikesed mõõtmed ei muuda oluliselt piksekaitsetrossi kaalu ja mõõtmeid ega põhjusta ka täiendavaid jäitest või tuulest tingitud koormusi. Tõsi, valguskaabli vigastusi on raske parandada, kuid tavaliselt on kaablis kiude rohkem kui üks, mistõttu vigastatud kiud on asendatav ja valguskaabli remondi võib ühitada liini remondiga. Lisakulutusi põhjustavad iga poolesaja kilomeetri järel vajalikud optilised võimendid. Omaette monteeritavad

valguskaablid on plastkattega ja vajavad toetust. Tavaliselt riputatakse nad terastrossile. Paigaldamisel peab arvestama ka tuulest ja jäitest tingitud lisakoormustega.

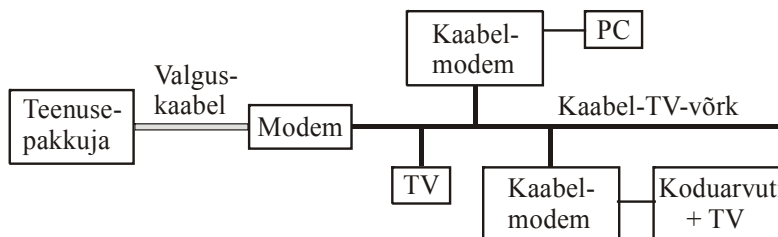
Valguskaablite laialdast kasutamist elektrisüsteemides soosib

- suur läbilaskevõime, mis ulatub kuni 2 Gbit/s
- häirekindlus, kuna kiudoptilised materjalid on head dielektrikud ja info kandjaks on valgus, ei põhjusta elektromagnetiline induksioon moonutusi edastatavas info
- valguskaablitega ühendatud sideseadmed on galvaaniliselt eristatud, mistõttu nende maandamise probleemid on lihtsamad
- kiudoptilisi süsteeme kasutatakse laialdaselt avalikes sidesüsteemides, nende komponendid on kergesti kättesaadavad ja arendus jätkub
- olemasolevad õhuliinid sobivad valguskaablite paigaldamiseks.

Valguskaablite puudusteks on

- valgust juhtiva klaaskiu rabedus, mistõttu nad ei talu suuri tõmbe-, painde- ja väände jõude
- kaablite kokkuühendamine on suhteliselt keeruline ja nõuab suurt täpsust ning eriseadmeid
- sidemediumi vahetus (valguskaabli üleminek metalljuhtmeks) nõuab optoelektrilisi muundureid.

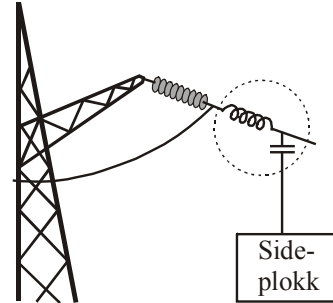
Andmeedastuseks kasutatakse edukalt ka kaabeltelevisioonivõrke, mis on teostatud valgus- ja koaksiaalkaablite baasil. Nende väga lai ülekanderiba (50...860 MHz) on olulisel määral kasutamata. Puuduseks on, et kaabeltelevisioonivõrgud olid algselt kavandatud vaid ühesuunaliseks tööks ja need on vaja kohandada kahepoolse digitaalside jaoks. Joonisel 5.8 on sellise võrgu ehitus. Teenusepakkujaks võiks näiteks olla jaotusvõrgu juhtimiskeskus, mis lisaks arvestite kauglugemisele võib juhtida tarbija koormust, pakkuda valveteenust jms.



Joonis 5.8 Kaabeltelevisiooni rakendamine andmesideks

Sideotstarbeks võib kasutada ka elektriliine. Sellise kõrgsagedusside (*Power Line Carrier, PLC* või *Distribution Line Carrier, DLC*) kandesignaali sagedus on 3...150 kHz. Jõusagedus (50 Hz) ja kandesagedus eraldatakse filtriga (joonis 5.9). Kõrgsagedusside töökiirus on kuni 32 kbit/s. Ka töökindlus on üldjuhul kõrge, kuid side ei toimi, kui elektriliin on rikkis või remondis. Jaotusvõrgus võib kõrgsagedussidet rakendada muuhulgas tarbijate elektriarvestite kauglugemiseks.

Siin on eeliseks täiendava sideliini puudumine, sest side toimub tavaliste elektrijuhtmete kaudu. Nüüdisaegsed digitaalsignaali kodeerimisviisid, näiteks ortogonaalse sagedusjaotusega multipleksimine, võimaldavad edukalt võidelda võrgus esineda võiva laia- ja kitsaribalise või impulssmüraga. Firma *Siemens* sideseade DCS-3000 võimaldab teha kuni 32 seadmest koosneva kõrgsagedussidevõrgu, kus üks seade on konfigureeritud ülemaks ja ülejäänud alluvateks.



Joonis 5.9 Kõrgsagedusside filter

Arvutite kohtvõrkudes kasutatakse traadita andmesideks infrapuna- või laserikiirgust ja raadiosidet. Infrapunaside võib olla nii otsenähtavusega saatja ja vastuvõtja vahel kui ka hajus- või peegelduskiirgusega. Laserside vajab otsenähtavust. Neid sideliike kasutatakse ajutiste ja mobiilsete ühenduste loomiseks. Edastuskiirus on väga suur, tavaliselt 10 Mbit/s. Raadioside põhiribas meenutab tavalisi ringhäälingusaateid, edastuskiirus on suurusjärgus 5 Mbit/s. Lairibaedastusel on kiirus küll madalam, kuid see-eest on kasutada suur arv kanaleid. Traadita side sobib muuhulgas ühenduse loomiseks kahe kohtvõrgu vahel, mille kaugus on kuni 5 km.

Raadioside eeliseks on operatiivsus, pole vaja numbrit valida ega ühendust oodata, nupule vajutades või sündmusest ajendatuna võib teate hetkega edastada. Ainus viide on saatele või vastuvõtule häälestumise aeg, mis tavaliselt jääb alla sekundi. Raadioside seadmed on mõeldud erinevateks töötingimusteks ja nad on hõlpsasti teisaldatavad. Eestis on vaja kõigi raadioseadmete paigaldamiseks ja kasutamiseks Sideameti litsentsi. Austraalias, Lääne-Euroopas ja USA-s on hajutatud spektriga raadiomodemid litsentsivabad. Muud seadmed on litsentsivabad, kui nende väljundvõimsus vastab lubatule, milleks on kas 2 või 5 W. Selliste saatjatega saab sidet pidada kuni 50 km kaugusele, kasutatavad sagedusribad on väga erinevad ja olenevad tootjamaast. Turul pakutavate toodete sageduse ülemine piir on 2,5 GHz, sidekiirused ulatuvad kuni 512 kbit/s ja on enamasti isekohanduvad sideoludega, s.t häirete korral väheneb sidekiirus astmeliselt. Ribalaius on programmeeritav vahemikus 2,5...25 kHz. Raadiosidele on iseloomulik, et saade ja vastuvõtt toimuvad erinevatel sagedustel. Väljundvõimsus on valitav kas 2 või 5 W. Mõnel tootel on gradatsiooniliselt kuni 10 taset.

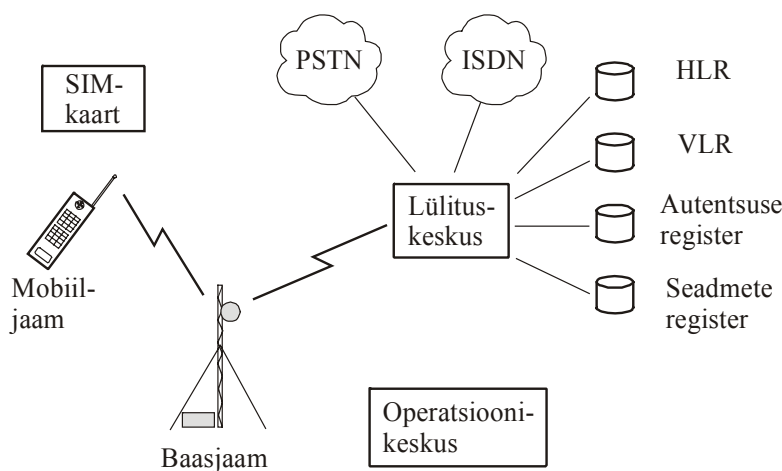
Satelliitside on praegu raadiosidest oluliselt kallim, selle hind on teenuse pakkujast, kelle satelliit piirkonna kohal asub. Kasutatav sagedusala on kümned või sajad gigahertsid. Tavaliselt pakutakse kaht liiki teenust VSAT ja TSAT. VSAT-teenus on sobiv kaugvõrgu suure läbilaskevõimega ühenduste loomiseks. VSAT-teenuse korral renditakse 64 kbit/s või selle kordne kanal ja andmed saadetakse kaugterminalist satelliidi võrgujaoturisse, mis suunab nad teist kanalit mööda adressaadile. Terminali antenn on 1,8...2,2 m ja keskuse antenn 6 m läbimõelduga.

Teenuse maksumus oleneb paigaldatud terminalide arvust ja kanalite läbilaskevõimest, kuid ei olene terminalide asukohast ega ülekantud info mahust. TSAT-teenus on mõeldud firmasisesse andmehõivesüsteemi loomiseks. Põhimõte on sama mis VSAT-il, kuid sidekiirused on väiksemad (2400...16800 bit/s), mistõttu ka antennid on väiksemad (terminal 55...90 cm, keskus 120 cm) ja seadmed odavamad. Nii keskuses kui terminalides saab satelliitside seadmetega ühendada Hayes'i modemi abil kuni 64 ümberlülitatavat liini.

Mobiiltelefonivõrk GSM (*Global System for Mobile Communication*) koosneb kolmest osast (joonis 5.10):

- mobiiljaamad (telefonid), mida kannavad kliendid
- baas(tugi)jaamade süsteem, mille moodustavad raadiokanalite fikseeritud otspunktid ja mis juhivad sidet mobiiljaamadega
- raadiovõrk, mille kõige olulisema osa moodustab kanalite ümberlülitamise keskus ja mis loob ühenduse võrgu kasutajate vahel.

Süsteemi tööd jälgib käidu- ja hoolduskeskus.



Joonis 5.10 Mobiiltelefonivõrk

Mobiiljaam koosneb kaasaskantavast seadmest, milles asub vahetatav SIM- (*Subscriber Identity Card*) kaart. Ilma selle kaardita, mis ühtlasi on ka mobiiljaama turvalukk, jaam ei toimi. SIM-kaarti saab kaitsta lubamatu kasutamise eest salasõna või kasutajat määrava numbriga (*Personal Identity Number, PIN*). SIM-kaardil on ka salajane kasutaja autentsuse võti ja muukraud (šifreeringu genereerimise ja autentsuse kontrolli algoritmid). Igal mobiiljaamal on oma rahvusvaheline seadme identifitseerimise kood (*International Mobile Equipment Identity, IMEI*) ja krüpteerimise algoritm. Side tugijaamaga määrab U_m -liidese spetsifikatsioon, mis algselt tugines ISDN-ile. U_m -liides on aegmultipleksimise süsteem, mis määrab GSM-andmete formaadi, kasutatud sagedused, sidevigade korrigeerimise protseduurid ja multipleksimise formaadi. Tugijaam koosneb vastuvõtjast ja kontrollierist.

Vastuvõtja hoolitseb side korraldamise eest mobiiljaamadega ja olenevalt kohalikest oludest (vajalikest sidekanalite arvust) võib tugijaamas olla vastuvõtjaid ka rohkem kui üks. Vastuvõtjad ühendatakse tugijaama ühe kontrolleriiga, mis peab sidet kanalite ümberlülitamise keskusega. Keskus on GSM-süsteemi tähtsaim osa, mis toimib nagu tavaline PSTN- või ISDN-keskjaam. Keskus tagab kogu vajaliku funktsionaalsuse, klientide registreerimise, autentsuse kontrolli, asukoha määramise, helistamise toimingud, saadetiste ülekande kusagil uitavatele klientidele, fikseerib side kasutamise aja, teeb vajalikud arveldused jm. HLR (*Home Location Register*) ja VLR (*Visitor Location Register*) koos keskusega kindlustavad kliendi otsimise ja helistamise toimingud. Seadmete identifitseerimise register ja autentsuse kontrolli keskus tagavad võrgu turvalisuse. Autentsuse kontrolli keskus on kaitstud andmebaas, kus hoitakse kõiki SIM-kaartide võtmete koopiad. Seadmete registris hoitakse hetkel kehtivat klientide nimekirja ja nende identifitseerimise koodi. Mobiiljaamast loetud šifreeritud koodide dekrüpteerimise tulemuse võrdlemine andmebaasis talletatuga identifitseerib kliendi.

GSM-võrgu teenused leiavad üha laiemat kasutamist ka energeetikas. Näiteks jaotusvõrgu lüliteid juhitakse harva, mistõttu pole otstarbekas kasutada püsi-sideliini. Mõeldav on paigutada trafopunktidesse nüüdisaegne multifunktsionaalne arvesti, mis jälgib ka elektri kvaliteeti. Avastanud ebanormaalsuse, helistab GSM-jaam dispetšikeskusesse ning edastab mõõteriistas salvestatud andmed, analüüsib neid ja teeb ettenähtud lülitused. GSM-sidet kasutatakse veel tuulejaamade juhtimiseks, varuosade tellimiseks, kliendi teenindamiseks hulgilaos jne. Paljude dispetšisüsteemide tarnijate (ABB, *Netcontrol*, *Siemens* jt) sidekorraldus toetab GSM-sidet. Väiksemate andmehulkade ülekandmiseks võib ära kasutada SMS (*Short Message Service*) teenust, mis toimib pakattedastuse põhimõttel. Nüüdisaegse teise põlvkonna GSM mobiilside vahetab peatselt välja järgmine, kolmandasse põlvkonda kuuluv UMTS-süsteem (*Universal Mobile Telecommunications System*). Ühtlasi tõuseb edastuskiirus senisest 10 kbit/s 2 Mbit/s, mis peale kõne- ja andmeside võimaldab edastada ka audio- ja videoinformatsiooni. Erinevate sidemeediate omadusi on kokkuvõtlikult iseloomustatud tabelis 5.2.

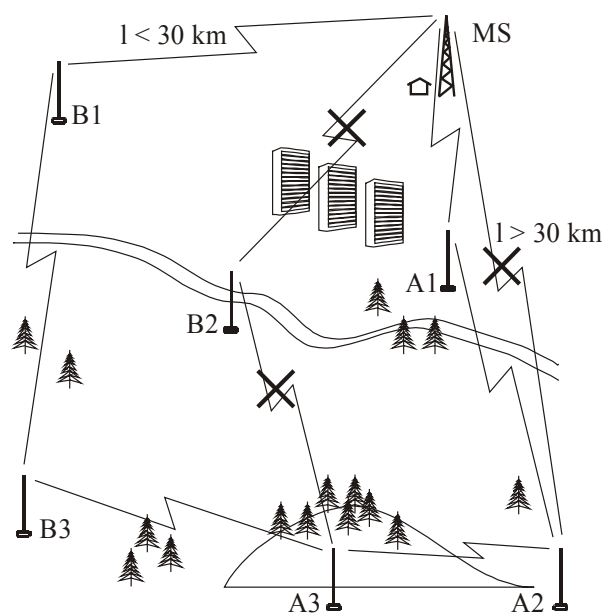
Tabel 5.2 Sidemeediate omadused

Meedia	Hind	Paigaldamine	Läbilaskevõime [Mbit/s]	Sumbuvus [km]	Häirekindlus
Varjestamata paar	Madal	Lihtne	100	0,1	Halb
Varjestatud paar	Mõõdukas	Lihtne	155	0,1	Hea
Koaksiaalkaabel	Mõõdukas	Lihtne	500	1	Hea
Kiudoptika	Kõrge	Keerukas	2000	60	Täielik
Raadiokanal, väike	Mõõdukas	Lihtne	1...10	0,025	Halb
Raadiokanal, suur	Mõõdukas	Keerukas	1...10	100	Halb
GSM	Mõõdukas	Mõõdukas	2...6	25	Hea
Mikroline-kanal	Mõõdukas	Mõõdukas	1...10	100	Halb

Satelliitside	Kõrge	Keeruline	1..10	Glob.	Halb
Infrapunane	Madal	Lihne	1...16	0,1	Hea

Sidevõrk tegeleb analoog- ja digitaalinfo ülekandmisega. Sideliinidele, modemitel ja multiplexeritele lisaks sisaldab sidevõrk kanali teenindamise seadmeid (*Channel Service Units/Digital Service Units CSU/DSU*), mis valmistavad ette elektriimpulsse võrku saatmiseks. Nad hoolitsevad selle eest, et signaalil oleks õige tugevus, formaat ja madal müranivoo. Sidevõrgu eriliigiks on andmesidevõrk (andmevõrk), mis edastab ainult digitaalinfot. Andmevõrk koosneb sõlmedest (jaamadest), mis on omavahel ühendatud sideliinide abil. Kui arvuti asub vähemalt kahes sõlmes, siis nimetatakse seda **arvutivõrguks**. Andmeside võib toimuda järgmiste võrkude kaudu:

- avalikud ja eraõiguslikud telefonivõrgud
- spetsiaalsed andmesidevõrgud, mis võimaldavad ainult digitaalandmete edastamist
- integraalvõrgud (*ISDN*), mis võimaldavad käsitleda nii analoog- kui digitaal-andmeid ja mida võib realiseerida tavalise telefonivõrgu baasil
- kaabeltelevisioonivõrgud.



Joonis 5.11 Paketraadiovõrgu tööpõhimõte

toimub side kaugterminaliga A3 tavaliselt marsruudil MS-A1-A2-A3. Juhul kui side sellel marsruudil on häiritud, on võimalik kasutada ka tagavaramarsruuti MS-B1-B3-A3 või MS-B1-B2-B3-A3.

Paketraadiovõrk sobib ühenduse pidamiseks jaotusvõrgu kaugterminalidega, mille vahendusel toimub andmehõive ja lülitite kaugjuhtimine.

Kasutatakse raadiosidet sagedusega 400...520 MHz. Pakettkommuteerimise põhimõtete kohaselt saadetakse sõnum ühest sidevõrgu sõlmest teise etteantud marsruuti pidi. Sõlmede (lülituspunktide) vaheline kaugus on kuni 30 km sõltuvalt maastiku iseärasustest. Raadiovõrku juhivad peajaam (*Master Station, MS*). Joonisel 5.11 toodud näite kohaselt

5.1.3 Sidepidamise ja andmekogumise viisid

Andmete edastamine kohtadelt (nt kaugterminalidest) kesksüsteemi ja vastupidi toimub sideliinide mitmesuguse konfiguratsiooniga lülituste vahendusel (joonis 5.12). Tegemist on püsiliinidega, mis on ette nähtud ainult elektrivõrgu operatiivjuhtimiseks. Ka kommuteeritava võrgu korral on võimalik moodustada virtuaalne privaatvõrk, mis on muudest avaliku võrgu sõlmedest loogiliselt isoleeritud. Arvutivõrkudes (5.2) on kesksel kohal mitmesuguse otstarbega serverid. Töökindluse tagamiseks sideliin dupleeritakse kas teise sama tüüpi liiniga või mõne odavama sidekanaliga. Tagavarakanaliks võib näiteks olla kommuteeritav telefoni-võrk.

Sidevõrgu sõlmed on kas **võrdõiguslikud** (*peer-to-peer system*), kuuluvad **ülem-alluv-süsteemi** (*master-slave system*) või **kirjasta-telli-süsteemi** (*publish-subscribe*). Ülem-alluv-süsteemis toimub sõnumite ülekande ainult võrgu ühe komponendi (*master*) initsiatiivil. Teistes süsteemides võivad ülekannet alustada kõik osapooled.

Elektrivõrgu seisundi jälgimiseks kogutakse andmed kohtadelt (alajaamadest) piirkondlikku juhtimiskeskusesse. Võimalik on andmete regulaarne (perioodiga 10 s ja enam) küsitlemine ehk **pollimine** või spontaanselt algatav edastamine. Pollimine on omakorda kas täielik skaneerimine või valikuline edastamine, kus edastatakse vaid suurused, mille väärtused on muutunud viimase pollimistsükli jooksul. Kuna mõõdetavad suurused muutuvad pidevalt, seatakse nendele vastavusse juurdekasvu läviväärtus, mille ületamist loetakse andmete muutumiseks.

Olenevalt sideliini tüübist, tema läbilaskevõimest, alajaamade tähtsusest ja asukohast, edastatavast infomahust, kasutatavatest sideprotokollidest jms on võimalikud mitmed sidepidamise ja andmekogumise viisid. Ülem-alluv-sidepidamisviisi korral

on enam levinud kakspunktside või mitmikühendus tsüklilise või osalise küsitlusega ning spontaanne side vastavalt vajadusele. Kakspunktside kasutatakse seadmete juhtimiseks, mis edastavad massiliselt olulist infot. Ülemal on alluvaga

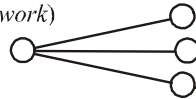
Kakspunktühendus (*point-to-point line*)



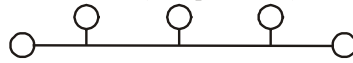
Jadaühendus (*series line*)



Tähtvõrk (*star network*)



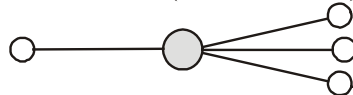
Mitmikühendus (*multipoint line*)



Kombineeritud ühendus (*combined line*)



Kommuteeriv võrk (*switched network*)



Arvutivõrk (*computer network*)



Joonis 5.12 Sidelülitused

tavaliselt püsiühendus, mida võidakse vajadusel dubleerida. Dispetšjuhtimise põhifunktsioonide täitmiseks on sellise liini sideprotokoll üks lihtsamaid. Juhtimisega kaasnevate sündmuste reaktsioonikiiruse mõttes on lahendus parim, kuid majanduslikult kallis.

Pool- või täisduplekssidega mitmikühendust kasutatakse andmekogumiseks vähetähtsatest ja väiksema infomahuga alajaamadest raadioside abil hajali, kuid üksteisest mitte väga kaugel asuvatest alajaamadest või traatsidega ühes suunas paiknevatest alajaamadest. Ka siin on üldjuhul tegemist püsiühendustega. Alajaama seadmeid küsitletakse mingis kindlas järjekorras. Kui mõne seadmega pärast protokollis määratud katsete arvu ühendust ei saada, katkestatakse tema küsitlemine ja olenevalt tsükli pikkusest jäetakse ta küsitluses kas mõned korrad vahele või pöördatakse tema poole uuesti enne tsükli lõppu. Sideprotokoll määrab, missugustel tingimustel teatatakse kesksüsteemi sidehäiretest, kuidas toimitakse side katkemisel, missugused on prioriteetsed teated jne. Juhtimiskorralduse saabudes katkestatakse küsitlus ja täidetakse juhtimiskäsk. Olenevalt alajaama seadmete tasemest edastavad nad kas kõik küsitluse hetkel olemas olevad andmed või küsitluse vaheajal toimunud sündmused ja muutuste läviväärtuse ületanud mõõtmised. Kui edastatakse vaid muutused, väheneb küsitlustsükli pikkus.

Valikulist küsitlust teeb ülem harva. Sarnaselt *Ethernet*'i (5.2.1) klientide võrgule juurdepääsu meetodiga tuleb sidesoov alajaama seadmetelt, kui neil on midagi edastada. See meetod vähendab oluliselt sideliiklust ja võimaldab tunduvalt suurendada ühe liiniga ühendatud kaugterminalide arvu, parandades sideliini efektiivsuse ja hinna suhet. Teisalt on kasutatav protokoll oluliselt komplitseeritum ja kallim. Spontaanse side korral luuakse ühendus alajaama seadmetega vaid vajadusel andmete edastamise ajaks. Algatus sideks võib tulla nii ülemalt kui alluvalt. Tavaliselt kasutatakse sellist sidepidamisviisi lülituste tegemiseks jaotusvõrgu lahtuskohtades, rikkeindikaatorite näitude ning häire- ja kvaliteedi-meerikute lugemiseks jm.

Ülem-alluv-süsteem töötab hästi, kui võrgu kõik sõlmed vajavad tsentraliseeritud informatsiooni, mille näiteks võiks olla alajaamade releekaitseadmete konfigureerimise andmebaas allalaaditavate konfiguratsioonifailidega. Kui aga klientidele vajalikke andmeid genereeritakse ka teistes sõlmedes, tuleb need saata ülemale ja alles seejärel on nad klientidele kättesaadavad. Sellega kaasneb viivitus info edastamisel ja klientide teadmatus uuendatud info olemasolust. Selle puuduse kõrvaldamiseks on loodud kirjasta-telli-süsteem, milles iga õigusi omav klient võib ennast registreerida tellijaks ja olla ka ise kirjastaja. Klient saab kirjastajalt tellitud materjali kohe, kui see on valminud. Tellimuste süsteemi haldab spetsiaalne tarkvara, mille tähtsamaks funktsiooniks on tegelemine ühendustega, häiretega ja muutustega võrgus. Rakendused küsivad andmeid ja tarkvara toimetab need kohale. Kirjasta-telli-süsteem sobib eriti hästi hajutatud süsteemides andmevahetuseks reaajas isegi väiksema usaldatavusega edastamisviiside korral, kuna ta kasutab paremini võrguressursse kui ülem-alluv-süsteem.

5.2 Arvutivõrgud

Arvutivõrk on vahend arvutite omavaheliseks ühendamiseks, nii et oleks võimalik andmeid vastastikku vahetada ja arvutiresursse ühiselt jagada. Tänapäeval on kõigile tuntud Interneti võrgustik. Arvutivõrkudele pandi alus 60. aastatel suur-arvutitel põhinevates ajajaotusega süsteemides. Esiialgu oli eesmärk kasutada suurarvutite riist- ja tarkvara suurtelt kaugustelt. 70. alguses lisati elektronposti funktsioon, mis kujuneski arvutivõrgu kõige populaarsemaks teenuseliigiks. Järgnes kohtvõrkude loomine, mis muutusid eriti populaarseks koos personaalarvutite ilmumisega. 80. keskel kasvas ülikoolidele ja teadusasutustele mõeldud kaugvõrk globaalseks Internetiks.

5.2.1 Arvutivõrkude liigitus

Arvutivõrkude kaheks põhiliigiks on võrdõigusvõrgud ja serveripõhised võrgud. Võrdõigusvõrgus (joonis 5.13 a) on kõik arvutid (tööjaamad) võrdsete õigustega, puudub eriline peaarvuti (server). Neid võrke nimetatakse ka töörühmadeks ning neis ei ole harilikult üle kümne arvuti. Võrguhaldusega tegeleb iga kasutaja iseseisvalt oma arvutil.

Suurema kasutajate arvu korral muutub töö võrdõigusvõrgus vähetootlikuks. Sel juhul lülitatakse võrku sihtotstarbeline serveriarvuti, mis tavalise tööjaama funktsioone ei täida (joonis 5.13 b). Serverid võivad täita erinevaid ülesandeid. Näiteks *Windows NT* võrgus kasutatakse järgmise otstarbega servereid:

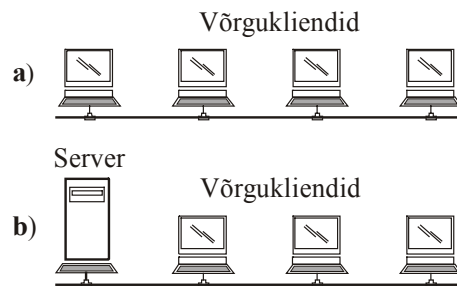
- faili- ja prindiserverid
- rakendusprogrammide serverid, mis muuhulgas peavad üleval andmebaase
- postiserverid
- sideserverid.

Servervõrgu tööks vajatakse sellekohast operatsioonisüsteemi ja ka eriülesannetega isikut – võrguhaldurit, kelle ülesandeks on

- kasutajate töö juhtimine ja andmekaitse
- ressurssidele ligipääsu tagamine
- rakendusprogrammide ja andmebaaside toe loomine
- tarkvara paigaldamine ja moderniseerimine.

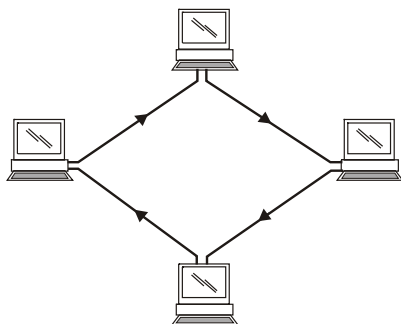
Arvutivõrke võib liigitada ka geograafilise ulatuse järgi:

- **kohtvõrk** (Local Area Network, LAN)
- **regionaalvõrk** ehk **linnavõrk** (Metropolitan Area Network, MAN)
- **laivõrk** (Wide-Area Network, WAN).

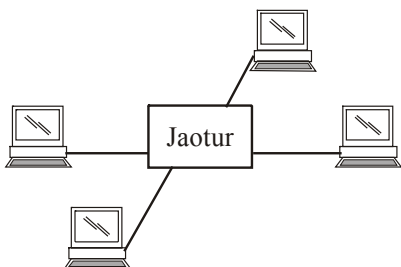


Joonis 5.13 Võrdõigusvõrgu (a) ja servervõrgu (b) põhimõtteskeem

Kohtvõrk asub enamasti ühes hoones või hoonestikus ja rajaneb kaabelliinidele. Regionaalvõrkude tegevusraadius on kuni 100 km. Kasutusel on nii kaabelside kui traadita side näiteks mobiiltelefonide vahendusel. Laivõrk hõlmab suurt geograafilist ala. Selle oluliseks erinevuseks on vahendusfunktsioone täitvad võrgusõlmed, mis kohtvõrkudes puuduvad.



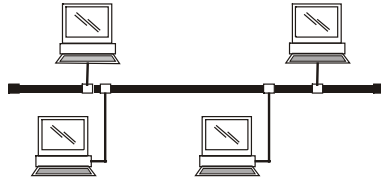
Joonis 5.14 Ringvõrk



Joonis 5.15 Tähtvõrk

Arvutivõrke võib liigitada veel võrgutopoloogia, protokollistiku, sidekanalite poole pöördumise viisi ja muude tunnuste järgi. Võrgutopoloogiaks nimetatakse võrgukomponentide omavahelise ühendamise füüsilist ja loogilist viisi. Peamised variandid on ring-, täht-, siin- ja puuvõrk. Ringvõrgus (joonis 5.14) on iga seade ühendatud kahe teise seadmega nii, et moodustub ring. Puudub keskne failiserver või muu juhtarvuti. Sõnumid saadetakse ringlusesse, kuni leiavad sihtkoha. Seda tüüpi arvutivõrke kasutatakse kaugvõrkudes hajutatud andmetötluse tarbeks, kus põhilised arvutustööd tehakse kohapeal, ent programme, andmekogumeid ja muid ressursse jagatakse ühiselt. Ringvõrgu puuduseks on vähene töökindlus, sest ühe jaama väljalangemisel katkeb kogu ahel. Seetõttu kasutatakse ringtopoloogiat kahe rööbitise ja vastassuunalise ringi näol. Normaalolukorras edastatakse andmeid põhiringis. Kui selles tekib rike, võtab teine ring esimese funktsioonid üle.

Tähtvõrgus (joonis 5.15) on kõik tööjaamad ühendatud keskse jaoturiga. Juhitakse perioodilise küsitluse (pollimise) teel, mis teeb kindlaks, kas mõnel tööjaamal on vajadus andmeid väljastada. Tähtvõrk on tavapäraseks vahendiks suure arvu personaalarvutite ühendamisel suurarvutiga, milles hoitakse näiteks kesket andmebaasi.



Joonis 5.16 Siinvõrk

Siinvõrk (joonis 5.16) on võrgustruktuur, kus igal võrguseadmel on oma sideprotokoll ja keskne juhtarvuti puudub. Teele saadetud sõnumid rändavad mööda ühissiini, mille iga seade kontrollib, kas sõnum kuulub temale. Siinvõrku kasutatakse siis, kui kokku on ühendatud väike arv mini- või mikroarvuteid, mis vahetavad omavahel

ainult faile. Siinvõrgu keerukamaks vormiks on puuvõrk, mille aluseks on ka ühissiin, kuid selle külge on ühendatud lisaahelad nõnda, et kahe jaama vahel esineb ainult üks ühendus. Kasutatakse veel hulknurkvõrke, milles iga sõlme vahel on rohkem kui üks ühendus, samuti mainitud struktuuride kombinatsioone.

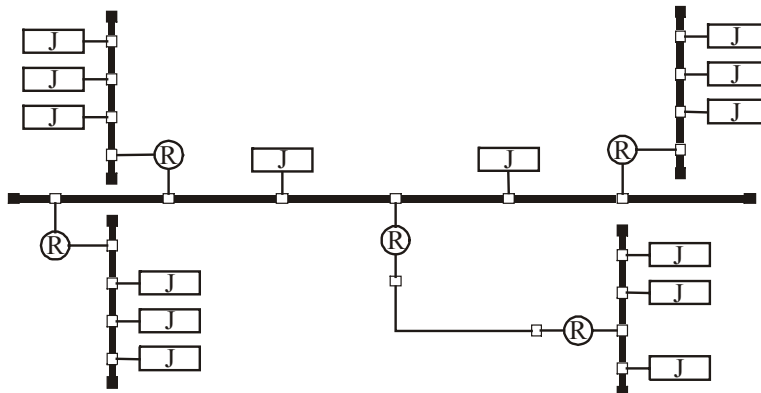
Arvutivõrgu ülesehitamisel võib rakendada erinevaid meetodeid vältimaks mitme arvuti üheaegset pöördumist (saadet) meediumi poole. Võib eristada juhuslikke (konkureerivaid) ja determineeritud pöördumisviise. Esimesel juhul võivad mitu saatjat alustada tööd korraga ja neil tuleb konkureerida saateõiguse saamiseks. Kui arvutid üheaegselt tööst tingitud sõnumite kokkupõrke avastavad, katkestavad nad saatmise ja mõne aja möödudes püüavad seda uuesti alustada. Determineeritud pöörduse korral on saate alustamisaeg süsteemis eelnevalt määratletud ja sõnumite kokkupõrke oht puudub.

5.2.2 Kohtvõrgud

Kohtvõrguks nimetatakse kohalikku, piiratud alal asuvat arvutivõrku, mis enamasti rahuldab ühe kindla töörühma tarbeid. Kohtvõrkude kasutuselevõttu võib põhjendada järgmiste asjaoludega:

- välisseadmete (printer, plotter, massmälu jm) ühiskasutus
- vajalike rakendusprogrammide ja andmebaaside säilitamine ainult ühisel võrguserveril
- andmevahetus tööjaamade vahel.

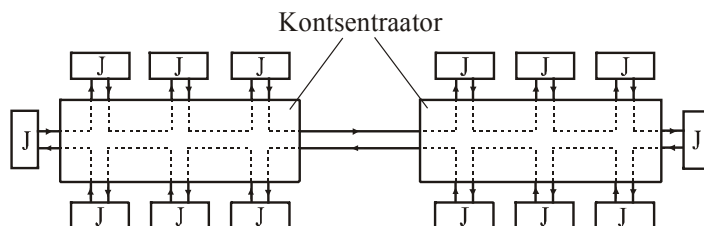
Üheks esimeseks üldise tunnustuse saanud kohtvõrguks on kujunenud 70. alguses loodud *Ethernet*. Traditsioonilises *Ethernet*'i võrgus kasutatakse põhiriibaedastust ja tema topoloogiaks on siinvõrk (joonis 5.17). Pöördumisviis on juhuslik – sõnumi võib väljastada mis tahes hetkel, kuid kahe arvuti samaaegse pöördumise korral sõnumi edasiandmine katkestatakse. Andmed esitatakse nn Manchesteri kodeeringus, mis tagab isesünkroniseerivuse. Tavaline *Ethernet*'i töökiirus on 10 Mbit/s.



Joonis 5.17 Etherneti topoloogia

Joonisel 5.17 on viis liinilõiku (segmenti), mis on kokku liidetud järgurite (*repeater*) R abil. Tööjaamade tähis on J. Eristatakse peenikese ja jämeda koaksiaalkaabliga, vasest keerdpaariga ja valguskaabliga lahendusi. Võrgu suurim pikkus ulatub 2500 meetrini, liidetavate arvutite arv on kuni 1024. Edastuskiirus, mis standardselt on 10 Mbit/s, tõuseb kiire *Ethernet*'i kasutamisel 100 Mbit/s. Praegu räägitakse juba *Ethernet*'ist läbilaskevõimega 1 Gbit/s.

Determineeritud pöördumisviisiga kohtvõrgu tüüp on *Token Ring*, mille IBM töötas välja 1984. aastal. See võrk kasutab meediumi poole pöördumiseks lubamarkerit (*token*), erilist paketti, mis ringleb võrgus ühelt arvutilt teisele. Ükski arvuti ei saa saadet enne alustada, kuni temani pole jõudnud vaba lubamarker. Kui luba on saadud, siis täidab arvuti sõnumi oma andmetega ja saadab edasi võrgusiinile, kusjuures teised arvutid saadet sel ajal alustada ei saa. Seega on lubamarkeriga võrgus põrkeolukorra tekkimine välistatud.



Joonis 5.18 *Token Ring*'i kohtvõrgu topoloogia

Token Ring'i topoloogiaks on näiliselt täht, kuna füüsiliselt ühendatakse kõik tööjaamad keskse konsentraatoriga (joonis 5.18). Loogiliselt on siiski tegemist ringvõrguga. Ühe konsentraatoriga võib ühendada kuni 8 arvutit. Konsentraatorite üldarv võib ulatuda 33 ja nendega saab ühendada kuni 260 arvutit. *Token Ring*'i töökiirused on kuni 4, 16 või 100 Mbit/s.

Tabel 5.3 Kohtvõrkude karakteristikud

	<i>100Base-T</i>	<i>100VG-AnyLAN</i>
Info edastamise kiirus	100 Mbit/s	100 Mbit/s
Võrgu ulatus	200...370 m	4000 m
Läbilaskevõime 100 m kaugusel	80%	95%
Läbilaskevõime 2500 m kaugusel	Pole võimalik	80%
Võrgunõude protokoll	CSMA/CD	DPAM
Varjestamata paar	100 m	150 m
Valguskaabel	400 m	2000 m

Hewlett-Packard ja *IBM* on sünteesinud *Ethernet*'i ja *Token Ring*'i parematest omadustest *100VG-AnyLAN* võrgutehnoloogia, milles on säilitatud *Ethernet*'i kaadri formaat, kuid meediumi poole pöördumiseks kasutatakse prioriteetidega determineeritud protokoll *DPAM* (*Demand Priority Access Method*), mis

elimineerib koormatud *Ethernet*'ile tüüpilised nõudluse kokkupõrked ja lubamarkeri ringlemisest tingitud nõudmise teenindamise viited. Teadete kaadri ühildatavuse tõttu *Ethernet*'iga ja *Token Ring*'iga on kõik need võrgud ühendatavad lihtsate sildadega. Tabelis 5.3 on võrreldud *Ethernet*'i *100Base-T* ja *100VG-AnyLAN* omadusi.

Koht- ja laivõrkude vahevormiks on linnavõrk (regionaalvõrk). Tüüpiline linnavõrk koosneb mitmest kohtvõrgust, mis on ühendatud valguskaablite abil. Linnavõrk on enamasti varustatud kaugedastuseks vajalike komponentidega ja protokollidega, mis võimaldavad kõnet ja andmeid ühel ajal üle kanda. Kasutusel on lubamarkeri pöördusviis ja kahekordne ringtopoloogia. Võrk ulatub kuni 100 km ja tööjaamade arv võib olla kuni 500. Suurim töökiirus on 100 Mbit/s.

5.2.3 Laivõrgud

Laivõrgud moodustavad suuri heterogeenseid süsteeme. Maailma suurimaks laivõrguks on avalik telefonivõrk PSTN – viietasemeline hierarhiline tähttopoloogiaga võrk. Globaalseks laivõrguks on ka Internet. Kohtvõrgus on igal tööjaamal ja serveril oma sõlmeaadress, mis on füüsiliselt omistatud tema võrguadapterile. Pakettide edastamine kohtvõrgus nõuab ainult allik- ja sihtkohasõlmede aadresse. Paketi saatmiseks kohtvõrgust väljapoole tuleb lisada võrguaadress.

Suurtes arvutivõrkudes on olulisel kohal sideprotokollid, eriti kui füüsiliselt erisuguste sidekanalite kaudu ühendatakse kokku eri tüüpi kohtvõrke. Sideprotokollistik on tavaks jagada seitsmeks protokollikihtiks, kus madalamal tasemel on füüsiline kiht ja kõrgemal rakenduskiht. Lähemalt vaadeldakse sideprotokolle paragrahvis 5.3.

Laivõrkude moodustamisel kasutatakse järgmisi seadmeid:

- järgur (*repeater*)
- jaotur (*hub*)
- sild (*bridge*)
- ruuter (*router*)
- lüüs (*gateway*).

Võrgu laiendamise seadmed toimivad OSI-mudeli (5.3) erinevatel tasemetel. Füüsilisel tasandil toimivad järgurid ning passiivsed, intelligentsed või aktiivsed jaoturid. Jaotur on võrgu osasid ühendav seade, millel on mitu porti. Kui andmepakett saabub mingisse porti, kopeerib jaotur selle kõigisse teistesse portidesse ja nõnda näevad kohtvõrgu kõik osad kõiki pakette. Passiivsed jaoturid edastavad vaid andmeid. Intelligentsed jaoturid võimaldavad süsteemi administraatoril jälgida andmesiiret ja konfigureerida porte. Aktiivsed ehk lülitavad jaoturid teavad oma portidega ühendatud seadmete aadresse ja, lugenud saadetiselt aadressaadi, suunavad paketi õigesse porti. Tänapäeva jaoturid toetavad nii traditsioonilist 10 Mbit/s *Ethernet*'i porte kui ka kiire *Ethernet*'i (100 Mbit/s) porte. Järgur taastab

signaali kuju, mis on moondunud sumbumise tõttu pikas kaabelliinis, ja edastab selle võrgu teistele segmentidele. Järgurid töötavad protokollistiku madalaimas, füüsilises kihis. Nad ei täida teisendamise ega filtreerimise funktsioone, mis tähendab, et ühendatavad võrgusegmentid peavad kasutama sama protokollit ja pöördumisviisi. Võimalik on siiski kasutada erinevaid füüsilisi kandjaid, näiteks üleminekut koaksiaalkaablilt valguskaablile. Võimalikud on mitmepordilised järgurid, mis töötavad kui kontsentraatorid.

Sild võib nagu järgurgi ühendada võrguelemente või üksikuid kohtvõrke. Sildade võimalused on järguritega võrreldes laiemad, sillad töötavad protokollistiku lülikihisis. Sillad võimaldavad suurendada võrgu mõõtmeid ja selles töötavate tööjaamade arvu. Eri tüüpi võrke (nt *Ethernet* ja *Token Ring*) saab ühendada. Silla üheks funktsiooniks on juhtida andmete pakettedastust. Pärast paketi vastuvõtmist selgitatakse välja, kuhu ja millist marsruuti mööda pakett tuleb edasi saata. Kui paketi adressaat ja allikas asuvad võrgu samas segmentis, siis paketti järgmisse segmenti ei edastata. See vähendab võrgu koormust. Silla abil on võrgu ühe osa kliendile kättesaadavad teise osa ressursid, näiteks printer vms.

Ruuterid, mis töötavad protokollistiku võrgukihisis, on suutelised pakette ümber adresseerima. Nad võivad kasutada andmeid marsruutide seisundi kohta ja selle alusel aeglastest või vigastest sidekanalitest mööda minna. Parima marsruudi lõplik valik toimub eri marsruutide kättesaadavust ja ühenduse kogumaksumust võrreldes. Ruuter on võimeline välja filtreerima leviteateid (teate samaaegne saatmine kõigile jaamadele) ja ebakorrektsid teateid, mis aitab võrgu koormust vähendada. Kuna ruuterid peavad läbi viima iga paketi keeruka töötuse, on nad sildadest aeglasemad. Seetõttu kasutatakse ka sildruuterit, mis ühendab silla ja ruuteri parimad omadused. Protokollist olenevalt võib selline seade töötada kas sillana või ruuterina.

Lüüsid on võrgu laiendamise tippvahendid. Nad toimivad OSI-mudeli kolmes ülemises kihis ja ühendavad erinevaid süsteeme, millel on erinevad sideprotokollid, andmestruktuurid ja -vormingud, keeled ning erinev arhitektuur. Lüüs tagab keskkondade koostöö, pakkides andmeid ümber ja teisendades neid vastavalt sihtsüsteemi nõuetele. Lüüside abil luuakse heterogeenseid võrke. Lüüsid on siiski kallid, pole universaalsed ja nende töökiirus on väike. Neid kasutatakse andmete teisendamiseks ja protokollide muundamiseks, et vahetada andmeid seadmetega, mis omavahel suhelda ei suuda. Lüüse tuntakse ka protokollikonverterite nime all.

Laivõrk on niisiis sidevõrk, mille seadmed paiknevad hajali suurel territooriumil ja ühendusteks on kas telefoniliinid, raadiokanalid, lühilaine- või satelliitside. Laivõrgu selgrooks on suure läbilaskevõimega (vähemalt 1 Mbit/s) kakspunkttüüpi sidekanalid, mille otstes olevad ruuterid suhtlevad kohtvõrkudega, multipleksivad ülekantavat infot, kontrollivad side võimalikkust sihtpunktiga, optimeerivad sideseansse ja teenindavad kanalit. Kanali teenindamise seadmed valmistavad ette elektriimpulsse võrku saatmiseks. Nad hoolitsevad, et signaalil oleks õige tugevus,

formaati ja madal müranivoo. Suhtlemiseks kohtvõrkudega on kaks tehnoloogiat – kaadri retransleerimine ja asünkroonne ülekanne. Kaadri retransleerimine on sisuliselt erinevate infovoogude asünkroonne multipleksimine kasutusvalmis teenuseks ja teda vaadeldakse kui alternatiivi sünkroonsele ajajaotusega multipleksimisele. Tema eelis on see, et eelnevalt on teada süsteemi garanteeritud läbilaskevõime ja infohulk, mida süsteem on võimeline ummikute korral töötleva, ning koormatud kanali võime suurendada oma läbilaskevõimet vähekoormatute arvel. Enne infopaketi ülekandmist peab sihtpunktiga olema loodud loogiline ühendus. Asünkroonne tehnoloogia on näiteks multipleksimine fiiberoptilises kanalis. Multipleksimine toimub laserikiirguse lainepikkuse muutmise abil, mis võimaldab sidekiirusi kuni 20 Mbit/s. Ka siin peab ühendus sihtpunktiga olema loodud enne ülekande algust.

Globaalseks laivõrguks on **Internet**, mis võimaldab vahetada elektronposti, kasutada rahvusvahelisi multimeedia andmebaase, teha kaugtööd, tegeleda kaugõppimisega, -ostmisega ja -pangandusega. Interneti kasutatavamad teenused on

- veeb
- FTP
- elektronpost
- uudisvõrk
- Gopher
- Telnet.

Veeb (*World Wide Web, WWW*) on Interneti multimeediateenistus, mis sisaldab tohutul hulgal HTML-keele abil loodud hüpertekstdokumente. Hüpertekst on omavahel suvalisel viisil seotud teksti, piltide, heli ja video esitusmeetod. HTML-keeles tükeldatakse tekst eriliste märgiste abil, mis määravad, kuidas teksti kujutada selle lugemisel. Veebi lugemisevahendiks on **brauserid**. Brauserite abil saab vahetada ka elektronposti, külastada uudisgrupe, teisaldada faile ja teha palju muud. Tuntumateks brauseriteks on *Netscape Navigator* ja *MS Internet Explorer*.

FTP (*File Transfer Protocol*) on protokoll, mis lubab kasutajal laadida arvutifaile ja -dokumente teisest arvutist. Andmefailid säilitatakse FTP-serverites, kust neid saab tervikkujul kohaliku serverisse ja tööjaama ümber kirjutada. Edastada võib nii teksti- kui kahendfaile (näiteks tarkvara). FTP-teisaldust toetavad ka brauserid.

Elektronpost (e-post, meil) on Interneti kõige populaarsem teenuseliik. Elektronposti vahetus eeldab, et teate saatjal on olemas oma elektronposti aadress, mis sisaldab postisaatja identifikaatorit, millele järgneb @-märk (kommertsmärk) ja seejärel sihtarvuti aadress, näiteks *ae@ttu.ee*.

Uudisvõrk (*Network News Transfer Protocol, NNTP*) on Interneti protokoll, mis on ette nähtud uudismaterjalide levitamiseks. Selle üheks rakendusvaldkonnaks on Usenet, kuhu kuulub muuhulgas suur hulk pidevalt tegutsevaid uudisgrupe. Ligipääsuks uudisvõrku tuleb käivitada brauserites leiduv programm.

Gopher on täiustatud failiteisaldusvahend, millel on ka oma teabeotsisüsteem.

Gopher on olnud WWW eelkäija ja on selle poolt nüüdisajal tagaplaanile surutud, kuigi tema serverid jätkavad tegevust.

Telnet on Interneti protokoll, mille abil saab arvutit kasutada eemal asuva arvuti kaugterminalina. Seansi ajal sellise kaugarvutiga (hostiga) tundub, nagu oleksid klaviatuur ja kuvar ühendatud kaugarvuti külge. Telnet-programmi saab käivitada ka brauseritest.

Igal Interneti ressursil on ühtlustatud asukohanäitaja (aadress) URL (*Uniform Resource Locator*), milles näidatakse kasutatav pöördusmeetod (protokoll), serveriarvuti (hosti) nimi ja ressursiaadress (failitee ja -nimi). Vajalik on ka domeenaadress, milleks on organisatsiooni või riigi tähis. Pöördusmeetodiks on ennekõike

- [http](#): (*Hypertext Transmission Protocol, HTTP*), mis on sama kui TCP/IP ja on ette nähtud veebidokumentide vahetamiseks
- [ftp](#): – failiteisenduseks FTP-protokolliga
- [tlenet](#): – Telneti kauglugemisprotokoll.

Pöördusmeetodi nimi eraldatakse kahekordse kaldkriipsuga, serveriarvuti ja ressursiaadress ning muud aadressi osad punktidega. Näiteks

<http://www.microsoft.com>

<ftp://ftp.netscape.com>

<http://www.ttu.ee>.

Intranet on firmasisene lähivõrk, kus kasutatakse Internetiga ühilduvaid protokolle ja programme.

5.2.4 Võrguturve

Arvutivõrkude tööd juhib võrguoperatsioonisüsteem. Selle võrgu tööga seotud tarkvara koosneb kliendarvuti (tööjaama) ja serveri võrgutarkvarast. Kliendi võrgutarkvara tähtsam osa on redirektor, mis tuvastab arvutikasutajalt saadud nõudluse ja teeb kindlaks, kas see puudutab vaid arvuti kohtsiini või on vaja suunata serveri operatsioonisüsteemile. Serveri ressursside ühiskasutamiseks tuleb kehtestada kindel kord (prioriteetide süsteem) kasutajate järjestamiseks ja koordineerida nende juurdepääsuõigust. Sellega tegeleb võrguhaldur.

Arvutivõrkude ilmumine tõi kaasa ka tõsised probleemid, sest avatud võrkude kaudu on võimalik andmete hävitamine ja muutmine, volitamata juurdepääs ning arvutisüsteemi töö häirimine mitmel muul viisil. Võrgu ressursside ja andmete kaitseks rakendatakse paroolikaitset (ressursikaitset) ning kaitset personaalse juurdepääsuõiguse kaudu. Personaalne juurdepääsuõigus seisneb selles, et igale kasutajale omistatakse kindel kogum juurdepääsuõigusi, mis sätestavad õigused failide lugemiseks, salvestamiseks ja kustutamiseks, programmide käivitamiseks ning enda ressurssidele ligipääsu keelamiseks. Lisaks paroolikaitsele on ka muid meetodeid võrguturbe parandamiseks.

- Revisjon tähendab täheldatud sündmuste kandmist serveri logiraamatusse.

Fikseeritakse näiteks katsed võrku siseneda (sisse logida), lülitumine teatavatele ressurssidele, failide ja kataloogide muutmine, paroolide muutmine jm.

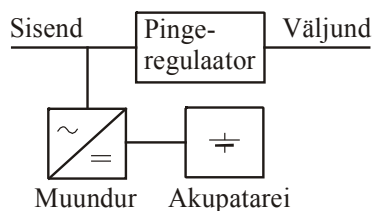
- Kettata arvutid-tööjaamad on mõeldud samade ülesannete täitmiseks mis tavalised arvutid, kuid andmete salvestamist kohalikule ketasmälule nad ei võimalda. Nad on seotud serveriga ja sisenevad võrku eriliste käivitusmälude abil, mis paiknevad võrgukaardil.
- Andmete krüpteerimine on andmete teisendamine kujule, mis teeb nende lugemise kõrvalistel isikutel ülimalt raskeks. Kasutusel on salajase ja avaliku võtmega krüpteerimine. Salajase võtme puhul on võtmesõna salastatud ja seda peavad teadma nii saatja kui ka vastuvõtja. Kasutusel on 56- ja 128-bitised võtmesõnad. Avaliku võtmega krüpteerimismeetodi puhul on šifreerimisvõti avalik, kuid dešifreerimisvõti salastatud.
- Arvutiviirus on parasiitprogramm, mis paljundab end arvutisüsteemis, lülitades teiste programmide koosseisu. Nakatud programmid põhjustavad mitmesuguseid kahjustusi, alates suhteliselt tagasihoidlikest ja lõpetades süsteemi täieliku hävitamisega. Viiruste avastamiseks ja kõrvaldamiseks on välja töötatud palju programme, kuid need võitlevad nakkuse tagajärgedega, mitte põhjustega. Parimaks viirustevastase võitluse meetodiks on siiski volitamata juurdepääsu keelamine arvutitele ja arvutivõrgule.

Sisevõrku kaitstakse välise rünnaku eest välisvõrgule juurdepääsu punktis **tulemüüri**ga, s.o turvaprotseduure korraldava, spetsiaalseid vahendusprogramme kasutava arvutiga, proksiserveriga, mis muudab arvutitele ja andmetele juurdepääsu kaudseks ja kaalutletuks. Tavaliselt koosnevad proksiserverid kahest moodulist:

- turvamoodulist, mis kindlustab FTP, HTTP, TELNET, RLOGIN jt protokollide kasutajate autentsuse, tagab saadetise turvalisuse ja ühtlustab koormuse
- inspeksioonimoodulist, mis tegutseb lüli- ja võrgukihi vahel ja tegeleb juurdepääsu kontrolliga, kliendi ja sideseansi info autentimise ja dekrüpteerimisega, nende registreerimisega ja vajadusel alarmeerimise ja saadetise hülgamise või edasisaatmisega.

Andmekadu tekib ka juhuslike kahjustuste tagajärjel. Andmekao vältimiseks on välja töötatud mitmeid meetodeid ja vahendeid, nagu andmevarundus dubleerivale salvestile, katkematu toite allikad ja tõrkekindlad (reserveeritud) süsteemid. Andmete perioodiline varundamine on andmekao vältimise kõige lihtsam ja kindlam viis. Kriitilisi andmeid tuleks varundada iga päev, nädal või kuu sõltuvalt sellest, kui sageli neid muudetakse või uuendatakse. Varundamise nüüdisaegseks võimaluseks on salvestusseadmete võrk SAN (*Storage Area Network*). Võrgu keskmeks on salvestuse allsüsteem RAID-ketastega (*Redundant Arrays of*

Inexpensive Disks), mille mahud võivad ulatuda sadade terabaitideni ja mis tagab soovitud töökindluse taseme ning katkematu juurdepääsu andmetele. Side traditsiooniliste salvestusseadmetega (CD ROM, kõvakettad) toimub sillaga ja kiudoptilise kanaliga, mille läbilaskevõime on kuni 200 Mbit/s.



Joonis 5.19 Katkematu toiteallika skeem

Tõrkekindlates süsteemides on andmekao vastuabinõuks varundamine (dubleerimine), mispuhul samu andmeid paigutatakse erinevatele füüsilistele andmekandjatele. Üheks võimaluseks on andmete täielik kopeerimine (peegeldamine) teisele sama suurele kettale. Seega on alati olemas kaks koopiat samadest andmetest, mis paiknevad füüsiliselt eri ketastel. Peegeldamist võib kombineerida andmeplokkide paarsuskontrolliga või muude veakontrolli meetoditega.

Katkematu toite allikad (*Uninterruptable Power Source, UPS*) reserveerivad võrgutoidet ja parandavad (stabiliseerivad) pinge kvaliteeti. Seade põhineb akupatareil ja muunduril, mis muudab vahelduvvoolu alalisvooluks ja vastupidi. Kasutusel on erinevaid skeeme, millest üks on joonisel 5.19.

5.3 Sideprotokollid

Andmeside esmaülesanne on ühendada omavahel kaks või enam informatsiooni vahetavat seadet. Kuna seadmed peavad oskama üksteisega suhelda, nõuab andmevahetus kindlate reeglite, protokollistiku täitmist. Kahe sama tüüpi arvuti ühendamisel on sideprotokoll suhteliselt lihtne. Keerukaks muutub sideprotokoll eri tüüpi arvutite kokkuühendamisel ja andmeedastusel füüsiliselt erisuguste sidekanalite kaudu. Probleemid seonduvad eriti nn avatud süsteemidega, millega võib liita põhimõtteliselt mis tahes tootja seadmeid.

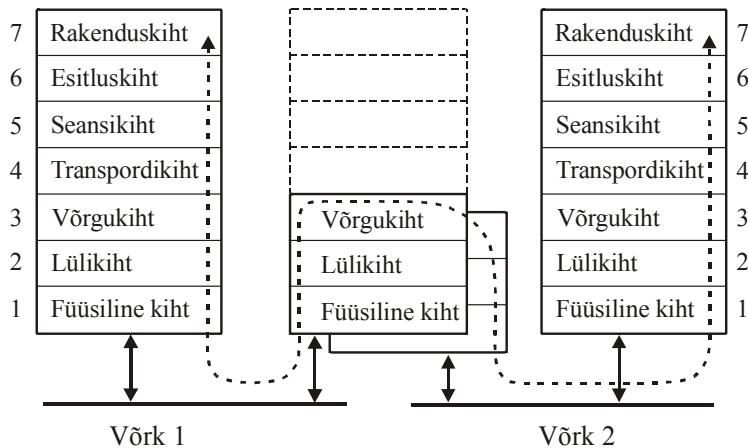
5.3.1 Avatud süsteemide ühendamine

Andmeside arenedes muutus infovahetus komplitseeritumaks ja suhtlusviisid mitmekesisemaks ning tekkis olukord, kus eri firmade seadmetega oli raske või lausa võimatu infot vahetada. Ülesande hõlbustamiseks töötas ISO (*International Organisation for Standardization*) 80. aastatel välja avatud süsteemide ühendamise seitsmekihilise arhitektuuri, mida tänapäeval tuntakse OSI-mudelina (*Open System Interconnection*), kus keeruka sidevõrgu funktsioonid eraldatakse seitsmeks protokollikihi (joonis 5.20):

- *füüsiline kiht* määratleb ülekande elektriliselt ja mehhaaniliselt (pordid, juhtmed, järgurid jms)
- *lülikiht* formeerib kaadrid ja edastamisteenused võrgukihile, teeb tsükkelkontrolli ja edastusteenuseid järgmisele kihile
- *võrgukiht* korraldab võrkudevahelise loogilise sideme ja koondab kaadrid

datagrammideks – andmeid ja piisavat marsruutimisteavet sisaldavaiks iseseisvaiks edastamisüksusteks

- *transpordikiht* koondab datagrammid segmentideks ja edastab need järgmisele tasemele, hoolitsedes töökindluse ja andmete õigsuse eest
- *seansikiht* loob saatja ja vastuvõtja vahel ühenduse, kannab üle andmed, korrigeerib vead ja seansi lõppedes vabastab ühenduse
- *esitluskiht* teisendab andmed rakendustele mõistetavasse ja eelnevalt kokkulepitud formaati, pakib suured andmehulgad ja vajadusel ka šifreerib need
- *rakenduskiht* kasutab eriprogramme, et pakkuda failihalduse, trükkimise, teadete edastamise, andmebaaside haldamise ja muid teenuseid.



Joonis 5.20 Avatud süsteemide OSI-mudel

Iga protokoll sisaldab reegleid ja protseduure, mis võrgutöös on vajalikud kindla ülesande teostamiseks. Põhimõtteks on, et iga kiht täidab selgelt määratletud tegevusi, mis kasutavad ära madalama kihi teenused ja pakuvad omakorda teenuseid kõrgemale kihile. Andmete tegelikule ülekandele vastavad kihid 1...3. Kihis 4 (transpordikiht) kogutakse ja kontrollitakse sõnum, mis üldjuhul koosneb mitmest paketist. Kõrgemates kihtides sõnumit enam ühest sõlmest teise ei edastata. Kasutusel on ka lihtsustatud OSI-mudel, kus kihid 3...6 puuduvad. Nendele vastavad tegevused täidetakse seitsmendas kihis. Igale protokollikihile vastab harilikult üks kindel protokoll, kuid on ka selliseid protokolle, mis vastavad korraga mitmele kihile. Tabelis 5.4 on näitena toodud mõned protokollid ja nendes kasutatavad OSI-mudeli kihid.

Protokolli TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) kasutatakse enamikus *Unix*-süsteemides ja Internetis. TCP on transpordikihi ja IP võrgukihi pakettedastusprotokoll. Samasse komplekti kuuluvad ka elektronposti teenus SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), failiedastusprotokoll FTP (*File Transfer*

Protocol) ja transpordikihi protokoll UPD (*User Datagram Protocol*), mis Lisab IP-le multipleksimise võimaluse. Protokollid IPX/SPX (*Internetwork Packet eXchange/ Sequenced Packet eXchange*) kuuluvad võrguoperatsioonisüsteemile Novell NetWare (IPX – võrgukihi protokoll, SPX – transpordikihi protokoll). X.25 on andmete pakattedastuse protokoll OSI-mudeli kolmele alumisele kihile, mida kasutatakse suurvõrkude liidest. Algselt oli X.25 CCITT (*Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique*) poolt soovitatud andmeside protokoll tavatelefonivõrgus PSTN. Protokoll NetBIOS on IBM-i poolt väljatöötatud võrguoperatsioonisüsteemi liides rakendusprogrammidele ja NetBEUI selle laiend transpordikihi. Füüsilise kihi protokollid on otseselt seotud võrgu füüsilise teostusega, mistõttu võib rääkida ka *Ethernet*'i, *Token Ring*'i jms protokollidest.

Tabel 5.4 Sideprotokollid

Rakenduskiht					
Esitluskiht		NetBIOS	NCP, SAP, RIP	FTP, TELNET, SMTP, NFS	
Seansikiht					
Transpordikiht	ISDN	NetBEUI	SPX	TCP	UDP
Võrgukiht	X.25		IPX	IP	
Lülikiht	X.25		LSL/MLID		
Füüsiline kiht					

5.3.2 Sideprotokoll ELCOM-90

Tervikliku andmesidesüsteemi loomisel nii elektrisüsteemi ulatuses (põhivõrk, jaotusvõrgud) kui erinevates rakendustes (dispetšisüsteem, tugisüsteemid) on põhiprobleemiks andmevahetus erinevate tootjate seadmete ja rakendusprogrammide vahel. ELCOM-90 (*European Electrical Communication Standard*) on elektritootjate ja võrguettevõtete juhtimiskeskuste vahelise andmeside protokoll info vahetamiseks erinevate firmade poolt tarnitud dispetšisüsteemide (SCADA), tugisüsteemide (EMS, DMS) ning energia haldus- ja arveldussüsteemide vahel. ELCOM-i initsiaatoriks on olnud Norra Elektrienergia Uurimise Instituut, mis töötas välja protokolliga algvariandi ELCOM-83. Tänapäevaks on ELCOM-90 saanud rahvusvaheliselt tunnustatud *de facto* standardiks, mis kasutab andmeedastuseks TCP/IP või X.25 sideprotokolle. ELCOM-90 pakub andmevahetuse teenust ISO-mudeli kõrgemas rakenduskihis. ELCOM-90 standard koosneb andmevahetuse kindlustamise osast (*ELCOM provider*) ja kasutajaelementidest, mis integreerivad ELCOM-sidet kasutava rakenduse (SCADA, EMS jm) andmevahetust kindlustava osaga. Mõlemad on protokollis hästi määratletud ja täielikult kirjeldatud. Andmevahetust kindlustav osa tagab kas püsiva või dünaamilise side, side vabastamise või katkestamise, info ülekandmise, andmete turvamise, sidehäirete registreerimise ning neist teatamise jms.

Kasutajaelementidest on kõige olulisem rakenduse programmeerimise liides API

(*Application Programming Interface*), mille abil luuakse rakendusprogrammidele võimalus kasutada ELCOM-90 teenuseid. Liidese abil saab edastatava info jagada gruppideks, omistades neile tüübi ja numbri. Grupid kooskõlastatakse saatja ja vastuvõtja vahel. Grupi määratlus toetab gruppi kuuluvate objektide lisamist või kustutamist. Vajadusel on võimalik küsida saatjalt grupi konfiguratsiooni.

Andmed edastatakse kas nõudmisel, spontaanselt või tsükliliselt. Andmete ülekande initsialiseerimine võimaldab kasutajal andmeid saada, kusjuures nõudes võib indeksitega määratleda ka mingi grupi alamhulga. Andmetega kaasneb alati nende usaldatavuse tunnus. Kui andmebaasi poole pöördumisel tekkis viga, edastatakse nõudjale andmete väheusaldatavuse tunnus. Kui nõutakse ajaloolisi andmeid, antakse andmetega kaasa nende esmase salvestamise aeg. Mitme koopia olemasolul võib kasutaja küsida neid kõiki, esimesena edastatakse neist vanim. Järgmisi ülekande nõudeid ei võeta täitmisele enne, kui eelmisele nõudele on saadud vastus kas seansi eduka lõpu või seansi katkestamise kohta.

Etteantud objektide olekute või mõõtmiste läviväärtusi ületavad muutused käivitavad spontaanse andmeedastuse. Võimalikud on ELCOM-ipoold andmete edastamise prioriteedid, kuid tavaliselt jäetakse sündmuste olulisuse üle otsustamine sellele rakendusele, millele teated edastatakse.

Tsükliline andmeedastus toimub etteantud ajaintervalli järgi. Näiteks võib rakendus vajada andmeid mingi suuruse trendipildi kuvamiseks iga 10 sekundi või iga minuti järel. Kuigi tsükli pikkusel pole põhimõttelist tähtsust, eristavad mõned rakendused (nt *Xpower*) lühiajalist (alla 50 s) ja pikaajalist tsüklit. Vajadus sellise eristamise järele võib tekkida serverite koormatuse hindamisel.

Erivajadustega teenus on ELCOM-90 juhtimiskäskude ja sätete edastamine, kui seda peab tegema juhtimiskäsku andva süsteemi suhtes väline süsteem. Variandid: juhtimise võimalikkust kontrollitakse enne täitmist, juhtkorraldus täidetakse pärast kontrollimist, juhtkorraldus täidetakse kohe ja juhtimisest loobutakse pärast selle võimalikkuse kontrolli. Võib ette näha ka viite juhtimise täideviimiseks ja juhtimise tulemuslikkusest teatamise. Sätete korral eristatakse digitaal- ja analoogsuursi, millest viimastele saab määrata läviväärtusi.

ELCOM-90 jagab andmed 8 tüübiks:

- mõõtmised – 32-bitised liikuva komaga arvud
- diskreetsed suurused – 16-bitised täisarvud
- olekud (2 bitti) – sees, väljas, vahepealne, võimatu
- lülite liigid – lati- või liinilülid, sektsioonide- või süsteemidevahelised lülid, möödaviiklülid jms
- binaarkäsud – sisse, välja
- analoogsätted – sama, mis mõõtmised
- digitaalsätted – sama, mis diskreetsed suurused
- tekstikujulised teated – kasutusel 8-bitine ASCII kood.

Andmetega käib alati kaasas päritolu näitav kood – mõõdetud, estimeeritud, käsitsi

sisestatud, arvatatud jm. Juhtimiste või sätetega võivad kaasneda teated: “Objekt on RTU poolt blokeeritud”, “Kohaliku seadmega puudub ühendus”, “Juhtkorraldusel on lubamatu väärtus” jm.

5.3.3 Sideprotokollide standard IEC 60870

Dispetšisüsteemis on andmeedastuse põhiülesanne kaugmõõtmine ning lülitite ja muude seadmete kaugjuhtimine. Sageli kuulub andmeedastusel kasutatav tarkvara ja osa riistvarast ühele valmistajale, kes rakendab enda protokolle. Kuna see piirab vaba konkurentsi, sundides elektrivõrku kasutama vaid ühe valmistaja tooteid, on viimasel aastakümnel püütud andmesidet ja sideprotokolle standardiseerida, muuhulgas ka IEC (*International Electrotechnical Commission*) toimet.

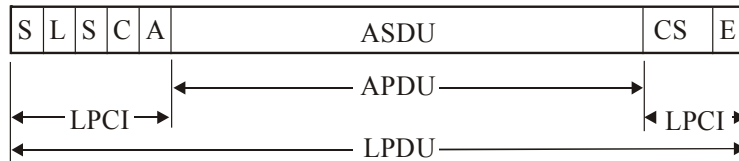
IEC 60870 standardiseeria käsitleb kaugjuhtimisseadmeid ja -süsteeme. Seeria IEC 60870-5 on pühendatud andmeedastusele. IEC on loonud suhteliselt lihtsa järjestikside protokollide standardi elektrisüsteemide sidevajadusteks kaugjuhtimise, releekaitse, energia arvestuse ja muudel otstarvetel. IEC 60870-5 sidestandard koosneb üldosast rahvusvahelise standardi staatuses ja eriosadest, mis täpsustavad infoteenuseid ja standardi kasutamise üksikasju erinevates andmehõive valdkondades. Standard optimeerib andmesidet elektrisüsteemide juhtimisele tüüpilistes olukordades, kus juhtimiskäsule nõutakse võimalikult lühikest reageerimisaega ja kasutatavad sideliinid on suhteliselt väikese läbilaskevõimega (kuni 64 kbit/s) sissehelistamisega liinid või püsiliinid. Standard on üles ehitatud EPA-mudelile (*Enhanced Performance Architecture*), mis oma kolme (füüsilise, lüli- ja rakenduse) kihiga katab OSI seitsmekihilise mudeli. IEC 60870-5-1 käsitleb füüsilist kihti ja lülikihi MAC (*Media Access Control*) allkihti. IEC 60870-5-2 katab lülikihi LLC (*Logical Link Control*) allkihi ja võrgukihi. IEC 60870-5-3, 4 põhjal on tänapäevaks kujunenud laivõrgu protokoll IEC 60870-5-104. IEC 60870-5-5 kirjeldab rakenduse kihti, milles protokollid IEC 60870-5-101, 102 ja 103 kirjeldavad andmehõive erinevaid valdkondi: IEC 60870-5-101 telejuhtimise ja infovahetuse põhiülesandeid, IEC 60870-5-102 integreeritud summade (arvestinäidud) ülekannet elektrivõrkudes, IEC 60870-5-103 andmevahetust digitaalkaitsete, alajaama juhtimissüsteemide ja dispetšisüsteemide vahel.

Iga andmehõivesüsteemi paigaldatud seade täidab talle omast ülesannet, mida nimetatakse rakendusülesandeks. Nendeks võivad olla mõõtmiste lugemine, salvestamine ja teisendamine, seadmete juhtimine, alarmi genereerimine mingi sündmuse toimumisel jms. Andmevahetus erinevate rakendusülesannete vahel toimub sideprotokolli kohaselt. Standard määrab rakendusülesannete funktsioonid, milleks on

- seadme initsialiseerimine
- andmete kogumise viis
- andmete tsükliline edastamine
- sündmuste kogumine ja töötlus
- üldküsitus

- kellade sünkroniseerimine
- käskude edastamine
- parameetrite laadimine
- integreeritud summade ülekandmine
- testimisprotseduur
- faili ülekanne (lihtsamad juhud)
- side loomiseks kulunud aja määramine.

Rakendusülesande sideteade LPDU (*Link Protocol Data Unit*) koosneb rakenduse väljundandmetest APDU (*Application Protocol Data Unit*) ja lülikihi poolt lisatud juhtkoodidest LPCI (*Link Protocol Control Information*). Lülikiht korraldab sideteate saatmise asünkroonside oktettidena, millest igaüks sisaldab ühte stardibitti (0), kaheksat andmebiti, ühte paarsuse bitti ja ühte stoppbitti (1). EPA mudel lubab rakenduse andmetele ASDU (*Application Service Data Unit*) lisada ka juhtkoode APCI (*Application Protocol Control Information*), kuid näiteks IEC 60870-5-101 neid ei kasuta. Kokku võttes on sõnumikaadri joonisel 5.21 näidatud struktuur.



Joonis 5.21 Standardi IEC 60870 kohane sõnumikaadri struktuur

Tähised kaadri päises ja lõpuosas:

- S – šabloon alguse tunnus
- L – ASDU pikkus koos juhtsümboli ja aadressivälja pikkusega
- C – juhtsümbol
- A – aadressiväli (üks või kaks baiti)
- CS – kontrollsumma
- E – lõpu tunnus.

Kaadri selline struktuur tagab side küllalt suure häiringukindluse. Kaadri ülekandes võib tekkida avastamatu viga alles nelja üheaegse bitivea esinemisel. Protokoll soovib, et sidekiirusteni kuni 1200 bit/s tuleks füüsilises kihis kasutada sümmeetrilist ja mäluta FSK (*Frequency Shift Keying*) modulatsiooni, mis sobib nii helisageduslikele analoogkanalitele kui ka kõrgsagedus- ja raadiokanalitele.

Rakendus edastab andmeid, mis jagatakse kolme suurde rühma:

- jälgitavad suurused, mida on parkümmend erinevat liiki (ühe- ja kahebitised olekud ajamärkidega ja ilma; mõõtmised normaliseeritud, skaleeritud, liikuva komaga lühikujul, ajamärkidega ja ilma; bitijadad; integreeritud summad aja-

- märkidega ja ilma; parameetrite jadad; vastuseteated jms)
- juhtimiskorraldused ja sätted (ühe- ja kahebitised, bitijadad, küsitluskäsud, lugemis- ja salvestamiskäsud, sünkroniseerimiskäsud, testimiskäsud, käivituskäsud, parameetrite edastamiskäsud jm)
- parameetrite aktiveerimisandmed.

Igale rühmale on võimalik määrata terve rida atribuute, mis iseloomustavad üht või teist andmetüüpi ja määravad edastatava andmeliigiga kaasneva info.

IEC-standardite peamine eesmärk on klassifitseerida elektrisüsteemi juhtimisega kaasnevad ülesanded ja edastatav info, et luua juhtimis- ja kaitseseadmeid tarnivatele firmadele tingimused, kus nende tooted saaksid ja suudaksid infot vahetada, andes sellega kasutajale vabamad käed eesmärkide realiseerimisel. Praegu töötatakse välja tuleviku standardit IEC 61850 (*Communication Networks and Systems in Substations*), mis tegeleb alajaamas avatud side loomise ja selleks vajalike seadmete elutsükli ohjamisega ja mis üritab integreerida tootmisprotsessi automaatse juhtimise saavutusi elektrisüsteemi juhtimise kogemustega.

5.3.4 Andmeedastusele esitatavad nõuded

Dispetšisüsteemide sidenõuded on esitatud rahvusvahelistes soovituses IEC 57 ja IEC 65. Andmesidekiiruseks alajaamadega soovitatakse 9600 bit/s. Erinevate dispetšisüsteemide vaheline andmeedastuskiirus on suurusjärgus 2 Mbit/s (reservkanalil 125 kbit/s). Info ülekande kvaliteeti iseloomustatakse keskmise bitiveateguriga (ülekanal moondunud infobittide suhtarv), mis peaks olema

- ülekanal $< 10^{-4}$
- mõõtmisel $< 10^{-6}$
- seisundi muutumisel $< 10^{-10}$
- juhtimisel $< 10^{-12}$.

Süsteemi talitluskõlblikkus, mis sõltub veel seadmete töökindlusest, reservsüsteemide olemasolust, rikete likvideerimise kiirusest jms, peaks soovitude kohaselt olema 99,8...99,9%.

Bitiveategurite väärtused mõningate andmekandjate korral on järgmised:

- kkommuteeritavad ühendused $10^{-3} \dots 10^{-5}$
- traatpüsiühendus 10^{-6}
- raadiolingid $10^{-3} \dots 10^{-8}$
- kõrgsagedusside 10^{-3} .

Lisaks andmeedastusele esitatavatele üldistele nõudmistele, nagu sidekanali läbilaskevõime, töökindlus, turvalisus, süsteemi avatus jms, tuleb tähelepanu pöörata tehnoloogilistele vajadustele. Elektrivõrkude operatiivjuhtimisel on andmeedastust vaja kaugmõõtmiseks ja -juhtimiseks. Eraldi võib vaadelda kommertseesmärkidel (sh elektriturg) tehtavat arvestite kauglugemist. Jaotusvõrgu tasemel lisanduvad veel koormuste juhtimine ja koormusuuringute tarbeks vajalikud mõõtmised.

Reaalajas andmevahetuse korral on eriti oluline sideprotokollide võime teha

kompromisse töökindluse ja edastusviivituse vahel. Iga sideprotokoll, mis on loodud tagama andmete garanteeritud edastust sidevõrgus vähem kui 100% töökindlusega, teeb aeg-ajalt katset saata andmeid katkenud liini kaudu. Iga selline katse nõuab aega ja nii võib garanteeritud edastuse taotlus minna vastuollu ajakriitiliste funktsioonide poolt määratud ajajaotusega (nt liini diferentsiaalkaitse tööks vajalike andmete edastamine andmesidevõrgu kaudu jm). Kompromisside tegemine nõuab hoolikat olukorra analüüsi. Enamasti võib hüljata võrgus pidama jäänud mõõtmised ja kasutada viimast uuendust. Teisest küljest, kui automaatselt täidetakse mingit juhtimiskäskude jada (nt automaatse pingeregulaatori rikkert tingitud paralleeltrafode lahkujooksu kõrvaldamine), peab sideserver võtma vastu iga käsu õiges järjekorras. Seda tagab vaid garanteeritud edastus. Kaitsete tööks vajalik andmeedastus võib vajada mingit vahepealset toimimisviisi. Näiteks kui proovitakse luua sidet 200 ms jooksul ja see ei õnnestu, siis minnakse edasi, lootes, et reservkaitse või põhikaitse järgmine aste saab talle vajaliku info. Kahjuks ei luba olemasolevad sideprotokollid kasutajal alati määrata talle vajalikku andmeedastusstrateegiat. Näiteks üritab protokoll TCP mitu minutit ära saata toppama jäänud paketti, keeldudes vastu võtmast järgmist saadetist enne, kui eelmine on edukalt edastatud. Seega ei suuda TCP kindlustada etteantud ajajaotust. Edukaks andmevahetuseks reaajas peab võrgu tarkvara suutma hallata prioriteete, juhtima mälu- ja ajajaotust ning olema võimeline vajadusel piirama juurdepääsu süsteemi ressursidele. Tarkvara töö peab olema täielikult sündmustest juhitud, et oleks välditud pollimise ebaotstarbekus ja tagatud prioriteetidele vastav juurdepääs võrgule, sest suure hulga sündmuste töötlemisel leidub tõenäoliselt alati erinevate prioriteetidega järjekordi, mis vajavad võrgu teenuseid ühel ajal.

5.4 Veebipõhine andmeedastus

Interneti toimimine on küllaltki sarnane andmeedastusega elektrivõrgu operatiivjuhtimiseks kasutatavates arvutivõrkudes. See viib mõttele rakendada Interneti vahendeid ka elektrivõrkude juhtimisel. Tõsi, kasutada õnnestub vaid tarkvara, sest Interneti riistvara (sidekanalid ja serverid) on operatiivjuhtimiseks liiga aeglane ja ebakindel. Ennekõike annab Interneti vahendite rakendamine majanduslikku kokkuhoidu, sest sadadesse miljonitesse ulatuvate kasutajate tõttu on nende toodete turuhind mitu suurusjärku odavam kui spetsialiseeritud vahendite hinnad. Ka uuenevad Interneti vahendid tunduvalt kiiremini, järgides nii tarkvaratehnoloogia kui riistvara arengut. Oluline on veel internetipõhiste süsteemide lihtne laiendatavus, sest standardsete liideste tõttu ei ole uute seadmete ühendamiseks erilisi piiranguid.

5.4.1 Interneti vahendite rakendamine operatiivjuhtimisel

Võrguettevõtte võib Interneti tehnoloogiat ära kasutada ennekõike

- avaliku info levitamiseks oma aktsionäridele, elektrivarustajatele ja tarbijatele Interneti veebilehekülgede kujul
- jooksva majandusliku ja tehnoloogilise info levitamine ettevõtte suletud

veebipõhises kohtvõrgus (intranetis)

- sidepidamiseks naabervõrkudega ja äripartneritega regionaalvõrgus.

Kuigi puhtalt veebipõhist dispetšjuhtimissüsteemi koostada ei õnnestu, võib Internetti kasutada elektrivõrgu operatiivjuhtimisel mitmesuguste liideste ja lisavõimaluste loomiseks.

Veeb (*WWW*) on teatavasti Interneti multimeediateenistus, mille lugemisvahendiks on brauserid. Brauserid ja nendega liituvate veebiserverite tarkvara ongi põhiline vahend, mida õnnestub operatiivjuhtimise eesmärkidel kasutada. Kuna brauserid kuuluvad praktiliselt kõikide arvutite põhitarkvara hulka, ei ole nende hankimiseks vaja teha lisakulutusi. Skeemide, tabelite ja muude objektide kuvamiseks vajalikud vahendid (enamasti Java apletid) kantakse seansi loomisel serverist üle automaatselt. Brauseritele lisaks kasutatakse veebipõhise andmeedastuse korral ära ka muud Interneti vahendid, ennekõike sideprotokoll TCP/IP, failiedastusprotokoll FTP jm.

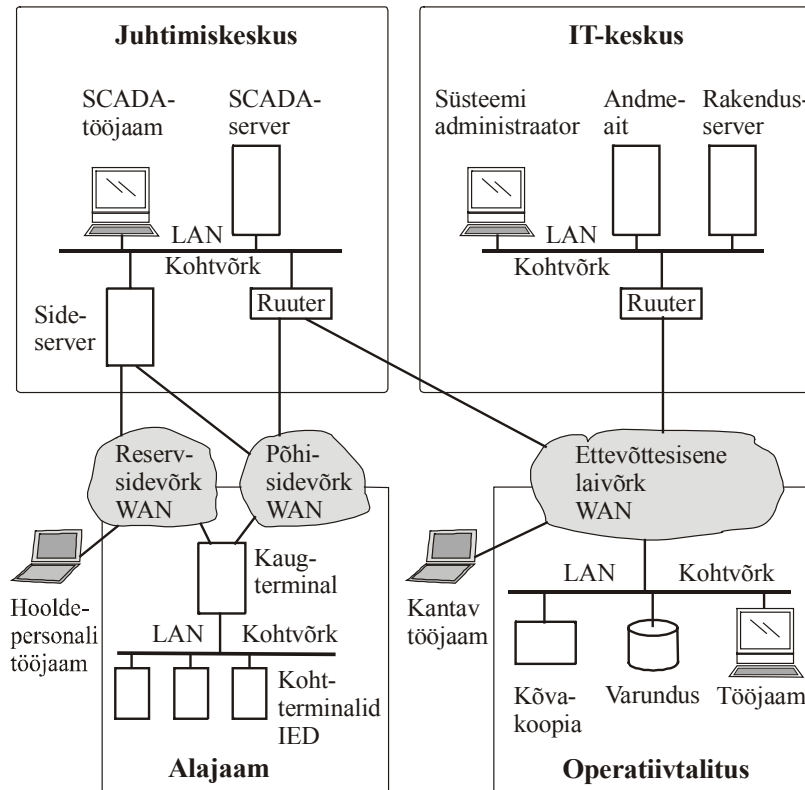
Veebipõhiselt võib organiseerida andmevahetuse, mis ei ole elektrivõrgu operatiivse toimimise seisukohalt kriitiline, analüüsida elektritarbijate rikkeid ja elektrikatkestusi ja korraldada remonditöid.

Kohtsüsteemides (alajaamad) toimub infohõive kohtterminalide ja kohtvõrgu abil. Elektrivõrgu operatiivjuhtimiseks vajalikud andmed (arvestite näidud, lülitite asendid, vool, pinge, võimsus, lühiste andmed jm) edastatakse juhtimiskeskustesse kaugterminalide vahendusel dispetšjuhtimissüsteemile omasel viisil. Samu andmeid vajab ka elektrivõrgu personal, kes ei ole vahetult seotud operatiivjuhtimisega, vaid tegeleb remondi ja hooldusega, seadmete tööanalüüsimisega jms. Andmeid vajatakse ka õppe- ja valmendusotstarbel. Kõiki võimalikke releekaitse toimimisega seotud andmeid (sealhulgas rikkemeerikute ostsillogramme) vahetult juhtimiskeskustesse ei edastata. Neid andmeid saab edastada veebipõhiselt. Selleks peab kaugterminal teisendama andmed TCP/IP-formaati (HTML-keelde) ja edastama need arvutivõrgu kaudu madalama prioriteediga kui dispetšjuhtimiseks vajalikud andmed. Tulemuseks on, et kasutajad saavad andmed tavaliste brauserite vahendusel, koormamata ülemäära dispetšjuhtimise arvutivõrku.

Samuti võib toimida ka elektrivõrgu operatiivandmetega. Kui dispetšjuhtimissüsteem valmistab jooksvad andmed ette HTML-kujul ja salvestab andmebaasi, saavad neid kasutada muudki tarbijad. Selline andmeedastus toimub vaid väikese hilinemisega (peaaegu reaalajas), on dünaamiline ja täisgraafiline. Andmeid võivad kasutada võrgutalitluse seirega ja planeerimisega tegelevad töötajad, aga ka teised ettevõtted, kes teevad elektrivõrguga tehnilist või majanduslikku koostööd. Põhimõtteliselt võib Interneti vahenditele rajada elektrituru. Jaotusvõrgus võib sellel põhineda rikkekohtade lokaliseerimine. Võimatu ei ole ka võrgu otsene juhtimine näiteks koduse valve- või välipersonali poolt. Andmeside on võimalik tagasihoidlike sidekanalite ja mobiiltelefoni kaudu. Oluliseks probleemiks on vaid

andmete turvalisus, vältimaks andmete ja elektrivõrgu töö kahjustamist pahatahtlike isikute poolt või eksituse tagajärjel.

Joonisel 5.22 on võrguettevõtte arvutivõrk. Traditsiooniline dispetšisüsteem hõlmab alajaamu, sidevõrku ja juhtimiskeskust. Alajaamade kaugterminalid teisendavad selleks ettenähtud andmed HTML-kujule ja neid võib kasutada hoolduspersonal reservsidevõrgu (nt telefonivõrgu) kaudu. Samal viisil teisendatakse ka juhtimiskeskusesse edastatud andmed, mis seejärel on ettevõtte laivõrgu vahendusel kättesaadavad operatiivtalituse personalile elektrivõrgu töö analüüsimiseks ja planeerimiseks. Kogu süsteemi haldab IT-keskus, kus asub rakendusprogrammide server, andmeait administratsiooni teenindamiseks ning süsteemi administraator.

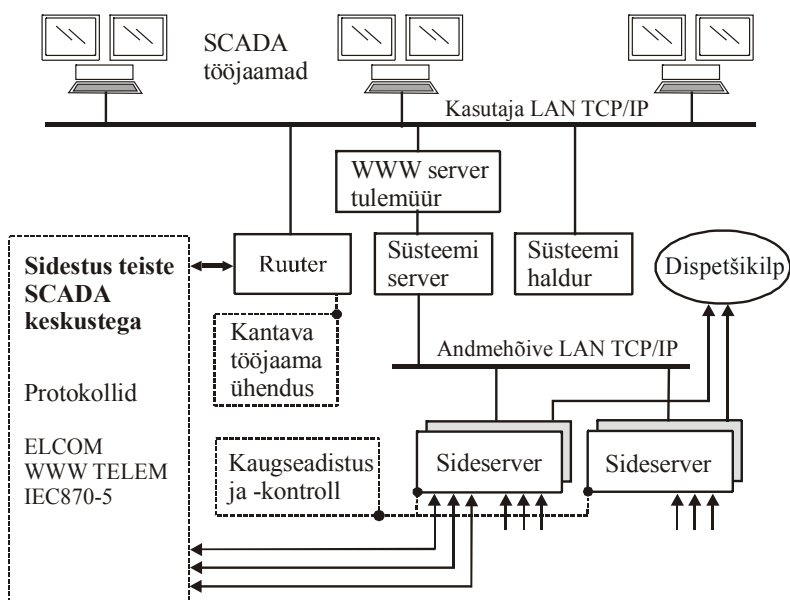


Joonis 5.22 Võrguettevõtte veebipõhine arvutivõrk

5.4.2 Veebipõhine dispetšisüsteem

Eespool selgus, et veebipõhist andmeedastust ja muid üldlevinud vahendeid võib rakendada operatiivjuhtimisega piirnevatel aladel, mitte aga vahetult dispetšisüsteemi loomisel. Põhjuseks on Interneti vahendite vähene sobivus kaugjuhtimi-

seks, eriti nn ajakriitiliste tegevuste osas. Kui on näiteks vaja automaatselt täita mingit operatsioonijada, siis võib juhtuda, et info pakattedastuse tõttu, kus paketid liiguvad eri marsruute pidi, jõuavad korraldused päralt vales järjekorras. Interneti protokoll TCP/IP vastandina protokollile IEC 60580-101 ei taga sündmuste järjekorra säilimist. Ka ei takista see mõnd seadet samal ajal juhtida erinevatest kohtadest.



Joonis 5.23 Dispetšisüsteemi TELEM SCADA struktuurskeem

Üheks Interneti vahendite dispetšisüsteemis kasutamise initsiaatoriks on Eesti firma AS MARTEM. Joonisel 5.23 on dispetšisüsteemi TELEM SCADA struktuurskeem, milles andmehõive ja dispetšisüsteemi põhifunktsioonid (andmehõive, sündmuste töötlemine, mõõtmiste arhiveerimine, trendide graafiline kujutamine jm) toimuvad traditsiooniliselt selleks koostatud tarkvara alusel. Veebipõhised on andmeside ja dispetšisüsteemi kasutaja (dispetšeri) tööjaamad. Need on tavalised personaalarvutid, mille tarkvara hulgas on Interneti brauserid. Süsteemi funktsionaalsuse tagab SCADA-serveris asuv tarkvara (Java apletid), mis enamasti on MARTEMi enda koostatud. Andmeside on organiseeritud nii, et edastatakse vaid jooksvaid andmeid, mitte näiteks skeeme tervikuna. Kokku võttes saavutatakse tunduv kokkuhoid tarkvara loomisel. Ka on tagatud süsteemi laiendamise lihtsus.