VÕRGU KIHT

Funktsioonid:

1. andmete edastamine (koht- või alam-)võrkude vahel (*store and forward*)

2. marsruutimine (*routing*)

Võrgukihi funktsioone täitvad spetsiifilised jaamad:

- marsruuterid (*routers*) – ühetüübiliste võrkude vahel

- lüüsid (*gateways*) – marsruuter suvaliste (eelkõige aga eritüübiliste) võrkude vahel

- ka paljud tulemüürid (*firewalls*) funktsioneerivad võrgukihi protokollide tasemel

NB! Kasutavad võrgukihi, mitte aga MAC-aadresse!

Kasutatavad protokollid:

- datagrammid (näit. IP)

- virtuaalne kanal (näit. X.25)

RFC 791 – Internet Protocol (**IP**)

Datagrammidel põhinev võrgukihi protokoll:

- 32-bitised IP aadressid
- 8-bitine IP kasutaja (transpordiprotokolli) aadress
- pakett max 65 535 baiti
- võimalus pakette fragmenteerida/defragmenteerida
- paketis ainult IP päise kontrollsumma, mitte kogu paketi

oma

Igal datagrammil (**ID**) on päis vähemalt 5-st 32-bitisest sõnast.

VER	HLEN	SC	IDLEN	
IDENT			FLAGS	OFFSET
LC		PROT	CHECKSUM	
SOURCE				
DESTINATION				
OTHER				

VER = 0100 nn. IPv4

HLEN = päise pikkus sõnades

SC (*Servise Class*) :

- tavaline/väike viide
- tavaline/kõrge tootlikus
- tavaline/kõrge töökindlus
- proriteet – tavaline/prioriteetne/kiire/välk/supervälk

IDLEN = ID pikkus baitides

IDENT – määratakse IP kasutaja poolt (sõnumi identifikaator)

FLAGS:

- sõnumi viimane fragment
- sõnumi mitte viimane fragment
- sõnumi esimene ja ka viimane fragment

OFFSET – fragmendi suhteline aadress sõnumis

LC (*Life Cycle)* – ID eluiga sekundites; kuid iga ruuter vähendab seda 1 võrra – seega tegelikult veel lubatud retransleerimiste (*hops*) arv (*Time to Live*)

PROT – IP teenuse kasutaja identifikaator:

= 0 IP - *Internet Protocol*
= 1 ICMP - *Internet Control Message Protocol*
= 2 IGMP - *Internet Group Multicast Protocol*
= 3 GGP - *Gateway-Gateway Protocol*
= 6 TCP - *Transmission Control Protocol*
=17 UDP - *User Datagram Protocol*
=29 ISO TP4 - *ISO Transport Protocol Class 4*
=89 OSPF – *Open Shortest Path First*

CHECKSUM – päise kontrollsumma

OTHER – tavaliselt ID ruutimisinfo (vt. *Source Routing*)

SOURCE, DESTINATION – ID saatja ja vastuvõtja IP-aadressid, mida tavaliselt kujutatakse nelja oktetina.

Näiteks: 193.40.254.125

IP-aadressid jagunevad klassidesse vastavalt aadressi algusbittidele, millele järgnevad (koht-)võrgu number ja
jaama number võrgus:

Klass	Algusbitid	Võrgu ident	Jaama ident
A	0	7 bitti	24 bitti
B	10	14 bitti	16 bitti
C	110	21 bitti	8 bitti

Aadressid 0.0.0.0 ja 255.255.255.255 on reserveeritud

Aadressid, kus “jaama ident”-is on kõik bitid =1 (=0), omavad eritähendust

Võrk 127.0.0.0 omab eritähendust (*internal loopback*)

Mõnda jaama numbri bitti “raisates” on võimalik teha võrkude alamvõrke (RFC 950)

Näiteks: 156.77.0.0 B-klassi võrgu aadress

156 . 77 . xxxx yyyy . zzzz zzzz

kus:

xxxx - piirkonna number
yyyy - alamvõrgu number piirkonnas
z…z - jaama number alamvõrgus

Et teada saada, kas ID on “minule”, tuleb vastuvõtja IP-aadressist eraldada vastav osa ja võrrelda seda minu võrgu (alamvõrgu, jaama) aadressiga.
Tehnika: mask

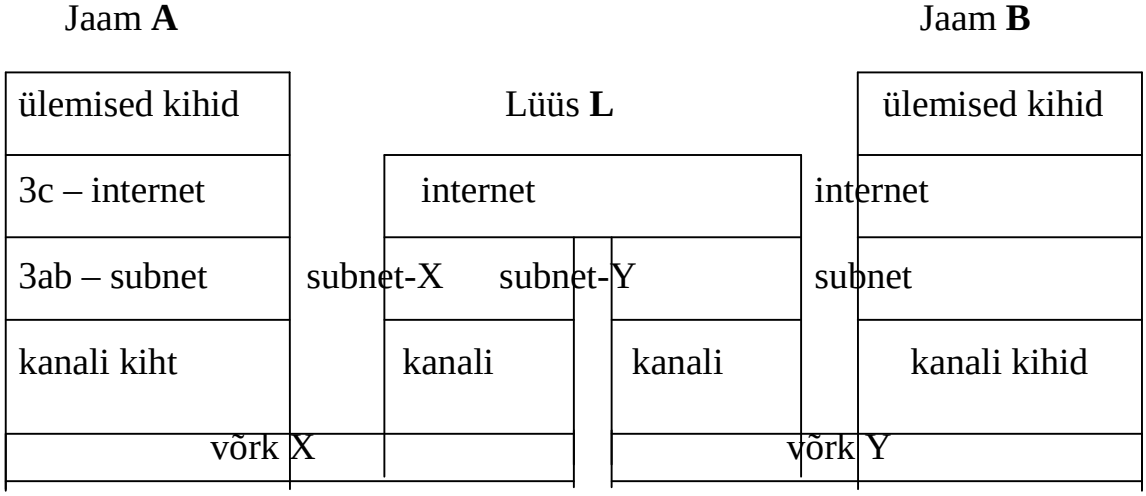
```
int kas_mulle( long destination, long my_mask, long my_addr)
{
        return (destination & my_mask) == my_addr;
}
```

Win’95 vaata: Control Panel/Network/Configuration/TCP-IP

VÕRGUKIHI ALAMKIHID

4	Transpordi kiht	
3c	Võrkudevaheline alamkiht *Internet sublayer*	- teenused transpordile - marsruutimine
3b	Alamvõrgu <u>väärtustamise</u> alamkiht *Subnet enhancement sublayer*	näit. ühenduse loomisega teenus ühenduseta alamvõrgule
3a	Alamvõrku pöördumise alamkiht *Subnet access sublayer*	ligipääs antud tüüpi alamvõrgule
2	Kanali kiht	

NÄIDE:



<u>Stsenaarium:</u> datagrammi liikumine **A -> L -> B**

1. *user-A* pöördub internet-A poole parameetritega:
   - ♦ saaja B aadress

- andmepakett
- võimalikud ka lisaparameetrid

2. *internet-A*:
   - moodustab ID päise
   - määrab lüüsi L aadressi võrgus X
   - pöördub subnet-A poole
3. *subnet-A*:
   - moodustab võrgu X paketi päise
   - lisab paketti ID
   - pöördub kanali kihi poole

- -

kanali ja füüsiline kiht

- - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - -- -

4. *subnet-LX*:
   - saab paketi kanali kihilt
   - kõrvaldab võrgu X päise
   - edastab ID internet-L
5. *internet-L*:
   - määrab jaama B aadressi võrgus Y
   - edastab ID subnet-LY
6. *subnet-LY*:
   - vajadusel tükeldab ID
   - moodustab võrgu Y paketi päise

jne. jne.

Protokoll **X.25**

Võrgukihi protokoll, mis iga kahe jaama vahel loob virtuaalse kanali (tavaliselt modemi abil). Sobib kasutamiseks mürarikaste sideliinide korral.

X.25-ga seotud protokollid:

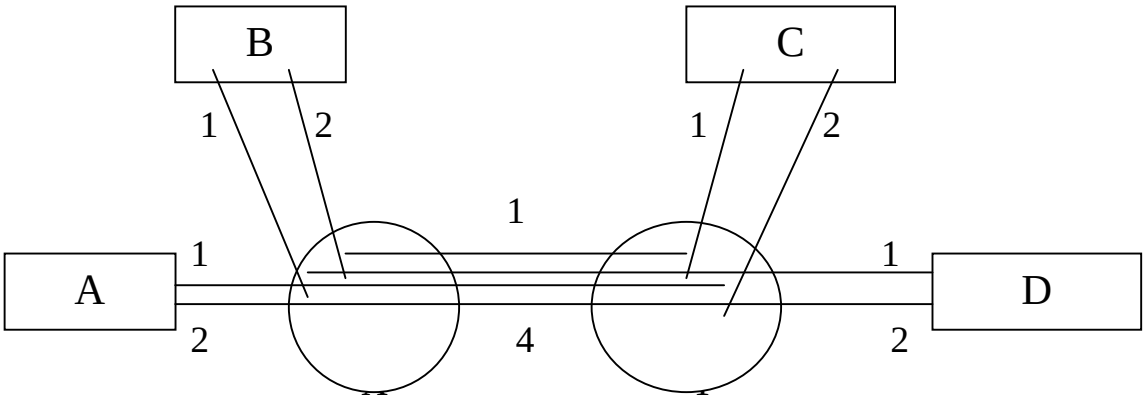
- ühendus modemiga: X.21

- MAC-alamkiht: HDLC
- aadressid: X.121 (kujul *country.subnet.station*)
- X.25 alamvõrkude omavaheline ühendus: X.75
- IP datagrammide saatmine läbi X.25-võrgu: RFC 877

Võrdlus protokolliga *Frame Relay*:

virtuaalne kanal luuakse vaid Frame Relay võrgu äärepunktides olevate jaamade vahel (sidekanal on müravabam)

Virtuaalse kanali identifikaator:



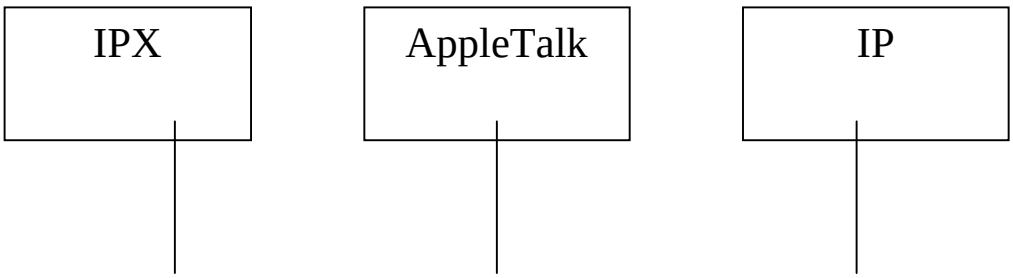
Jaamas X	
X1	B2-Y1
X2	B1-Y2
X3	A1-Y3
X4	A2-Y4

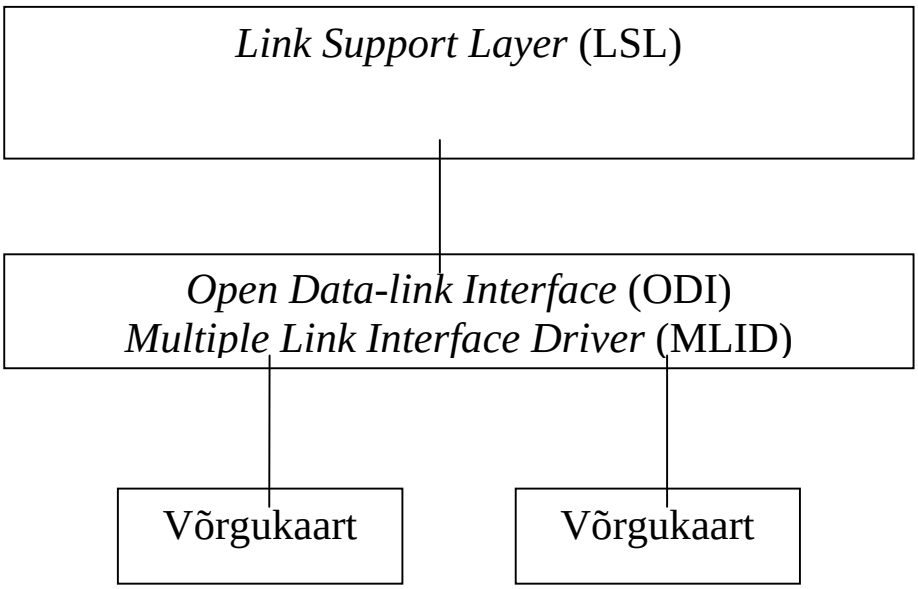
Jaamas Y	
Y1	C1-X1
Y2	D1-X2
Y3	C2-X3
Y4	D2-X4

Mõned teised võrgukihi protokollid

- IPX: Novell NetWare
- AppleTalk
- NetBEUI: Windows ’95, Windows NT, LAN Manager

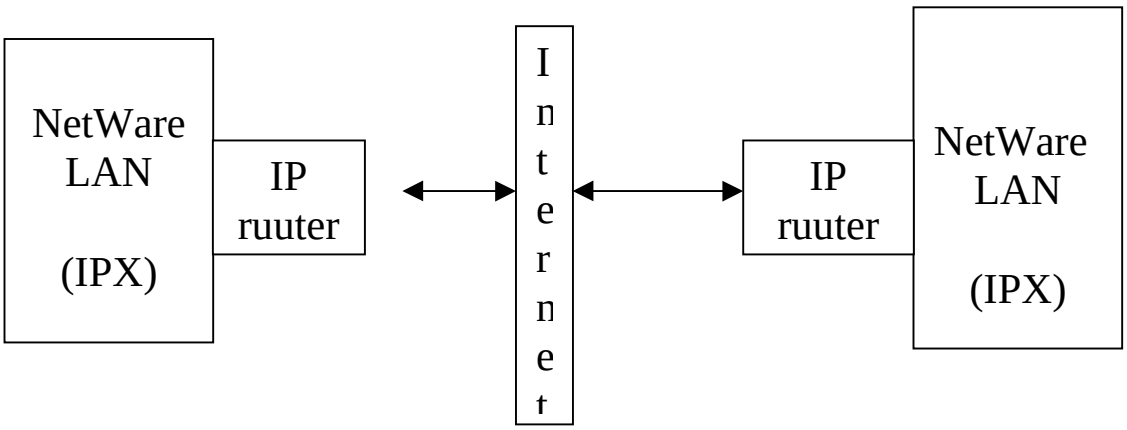
Kuidas **ühes kohtvõrgus** töötab korraga **mitu protokolli**?





Kuidas Novell töötab üle Interneti?

Kapseldamine (*encapsulation, IP-tunneling*): IPX-pakett paigutatakse TCP/IP paketi sisse:



ICMP – Internet Control Message Protocol
RFC 792

ICMP on võrgukihi protokoll, mille sõnumeid edastatakse IP datagrammidena.

ICMP sõnumeid tekitavad võrgukihi (IP) ja transpordikihi (TCP, UDP) objektid.

ICMP päis:

Tüüp	Alamtüüp	Kontrollsumma
Mitmesugust		
8 baiti (test-)andmeid		

ICMP tüübid:

3 – *Destination unreachable*

- Võrk, alamvõrk, jaam, (transpordi-)protokoll või port pole kättesaadav
- üleminekul ühest võrgust teise on vajalik defragmenteerimine, mis aga on keelatud (IP)
- IP *Source Routing* ei ole teostatav

4 – *Source quench*

"Räägi aeglasemalt, palun!"

5 – *Redirect*

Ruuteri "kaja" *host*'ile, kes üritab temast mööda minna
(saadab ID mitte talle, vaid "järgmise" ruuteri IP-aadressil)

8 – *Echo request*
0 – *Echo reply*

"Kas oled elus?"

“Niivõrd, kuivõrd, aga elus”

11 – *Time to live exceeded*

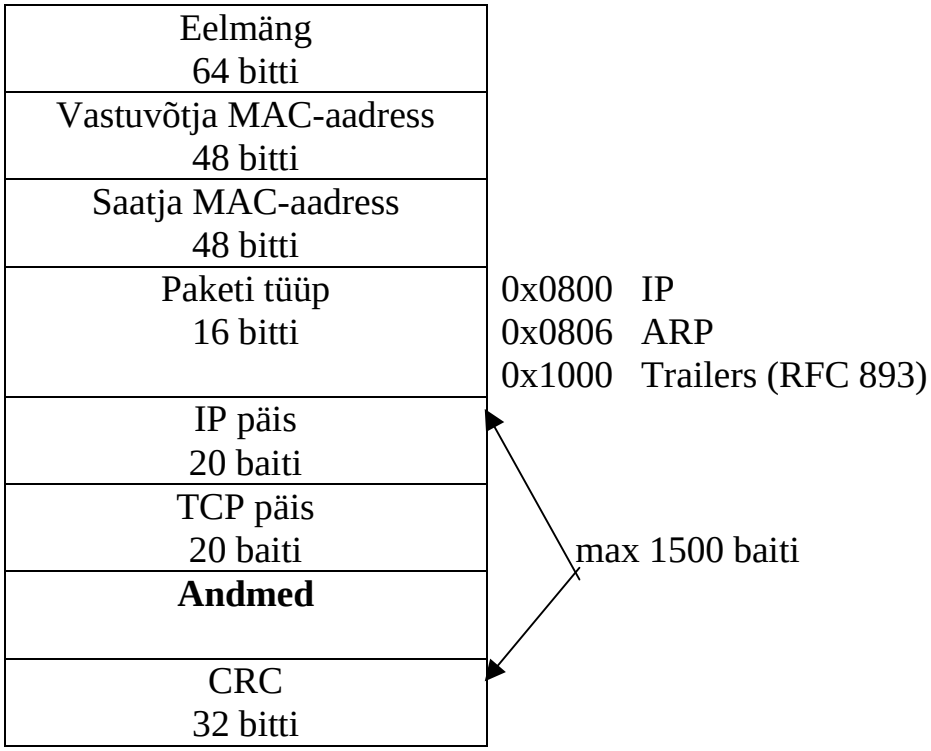
12 – *Parameter problem on a datagramm*

13 – *Time stamp request*
14 – *Time stamp reply*

RFC 950:

- *Address Mask Request*
- *Address Mask Reply*

<u>Ethernet’i kaader (*frame*)</u>:



ARP – Address Resolution Protocol
RFC 826

Kuidas IP-aadressi järgi leida (kohtvõrgus) jaama MAC-aadress?

- staatiline vastavustabel
- mingi valem

ARP: jaamal (näit. ruuteril) on olemas (ajutine) aadressite vastavustabel IP -> MAC

1) kui IP-aadresil on MAC-vaste tabelis olemas, siis OK

2) *broadcast* "Kellele kuulub see IP-aadress?"

3) IP-aadressi omanik teatab küsijale oma MAC-aadresi

4) küsija lisab uue kirje vastavustabelisse ja *goto* 1

RARP – Reverse Address Resolution Protocol
RFC 903

SLIP – Serial Line Internet Protocol
RFC 1055, 1144

PPP - Point-to-Point Protocol
RFC 1331

ISDN – Integrated Services Digital Network