

# Tööstuslikud infovõrgud



Rahastanud Euroopa Liit  
NextGenerationEU



Eesti  
tuleviku heaks

I osa

Sissejuhatus  
tööstuslikesse  
sidevõrkudesse



**Rahastanud Euroopa Liit**  
NextGenerationEU



**Eesti**  
tuleviku heaks

# Kaasaegsete tootmissüsteemide eriomadused

Kaasaegsetel tootmis, transpordi ja andmevahetus süsteemidel on üks ühine eriomadus – keeruline hierarhiline struktuur e. ülesehitus, mis moodustub paljudest seotud ja vastastikku toimivatest alamsüsteemidest.

Alamsüsteemide ulatusliku funktsionaalsuse ja kõrge jõudluse saavutamise on omakorda seotud tootmise juhtimise integreeritud süsteemide arendamisega.

## Kaasaegsete tootmissüsteemide eriomadused

### Tootmissüsteemi saab kirjeldada kolme tasandilise hierarhilise mudeliga.

I tasand – hierarhias kõige madalamad süsteemid (õpetajad) toimivad individuaalsetes masinates, seadmetes ja täiturmehhanismides ja mis on mõeldud seal toimivate toote (õpilased) valmistuse protsesside automaatseks reaalajaliseks juhtimiseks.

II tasand – seob I tasandi süsteemid kokku (osakonnajuhid) territoriaalse/tootmisprintsibi alusel operatiivse/administratiivse iseloomuga juhtimisülesannete täideviimise eesmärgil.

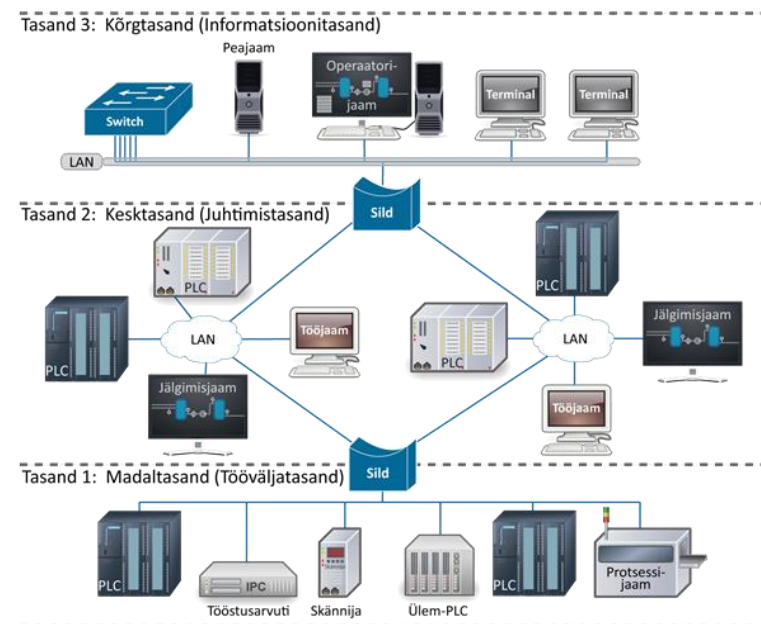
III tasand – äri juhtimisega seotud süsteemid, mis kuuluvad ettevõtte majanduse ja organisatsioonilise tegevuse valdkonda (direktor).



# Sidesüsteemide arhitektuur

Sidesüsteeme arendatakse ja nende teostust kirjeldatakse kolmetasandiliste hierarhiliste heterogeensete arvutivõrkude loogika põhjal:

- *Informatsiooni tasand:* põhivõrk;
- *Juhtimistasand:* tootevalmistamise juhtimiseks mõeldud võrgud, mis hõlmavad ka seirearvuteid ja tööjaamu;
- *Tööväljatasand:* sidevõrgud koos PLC, andurite ja täituritega.



# Kaasaegsete sidesüsteemide iseloomulikud tunnused

Mis edastuskeskkondi kasutavad kaasaegsed sidevõrgud andmevahetusel?

Metallkaablid, valguskaablid, raadioside, infrapuna kiired jne.

Tingituna andmevahetusliideste hinna langemisest, on hakatud arendama erinevaid vastastikku täiendavate funktsioonidega võrguarhitektuure. See annab võimaluse heterogeensete (erinevate ...) tööstussüsteemide ehitamiseks, mille eripäraks on juhtimisfunktsioonide globaliseerumine e. juhtimisfunktsioonide on võimalik hajutada globaalses ulatuses.

## Hajusjuhtimissüsteemid Distributed control systems, DCS – hajusjuhtimissüsteem

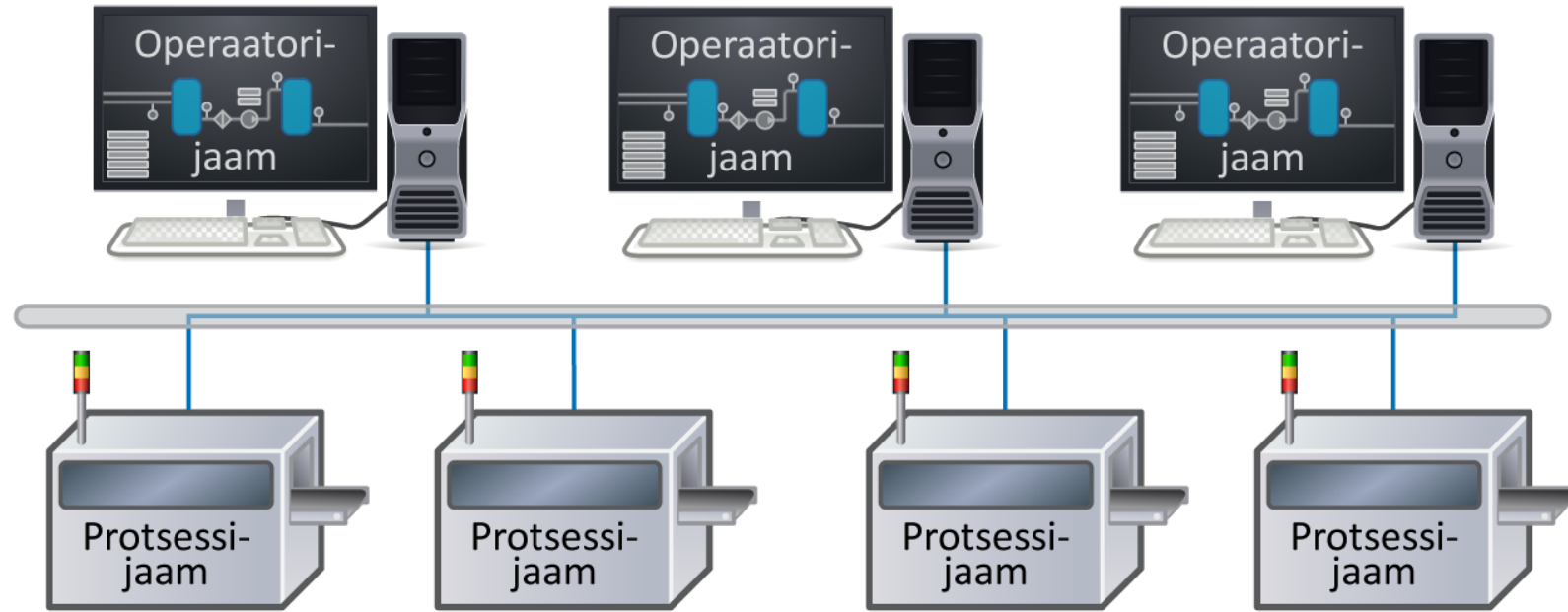
Tootmisesüsteemides olevad alamsüsteemid on enamasti hajutatud vormis.

Hajussüsteemid jagunevad kaheks põhitüübiks:

- põhiliselt vertikaalselt integreeritud
- põhiliselt horisontaalselt integreeritud

Hajusjuhtimissüsteeme rakendatakse:

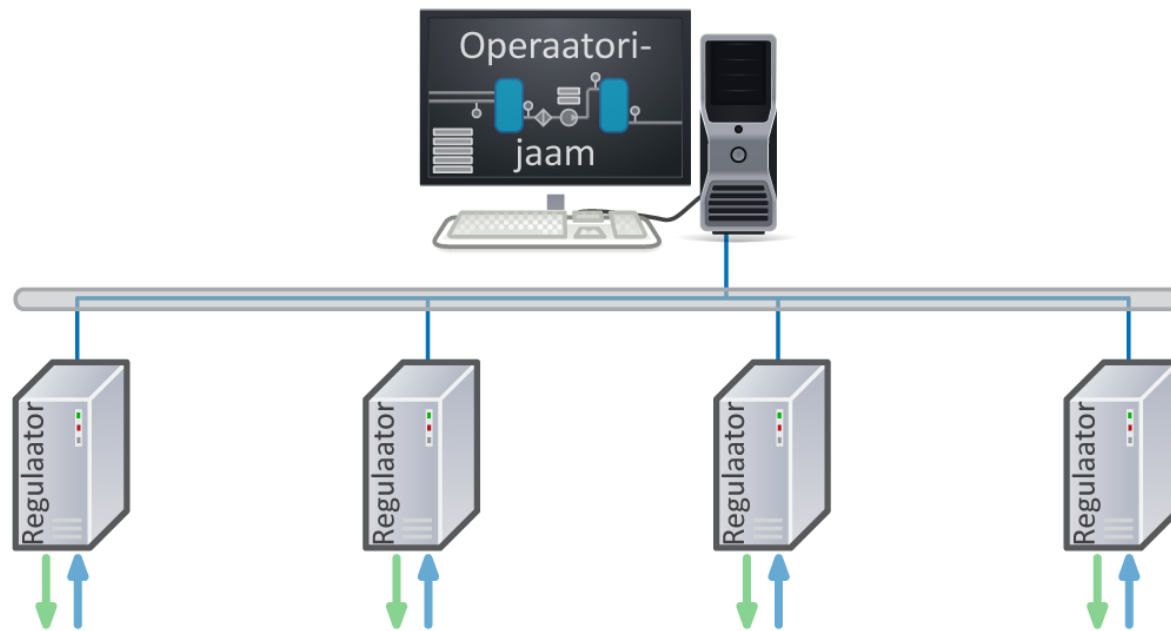
keemiatööstus, kütusetööstus, tuumaenergiatööstus, lennumasinates, meditsiinitööstus jne.



Jaotuvad kahte tüüpi:

Esimene tüüp – iseloomustab hierarhiline ülesehitus, andmevahetus erinevatele teostustasanditele seotud funktsioonide vahel.

## Vertikaalselt integreeritud hajusjuhtimissüsteem



Jaotuvad kahte tüüpi:

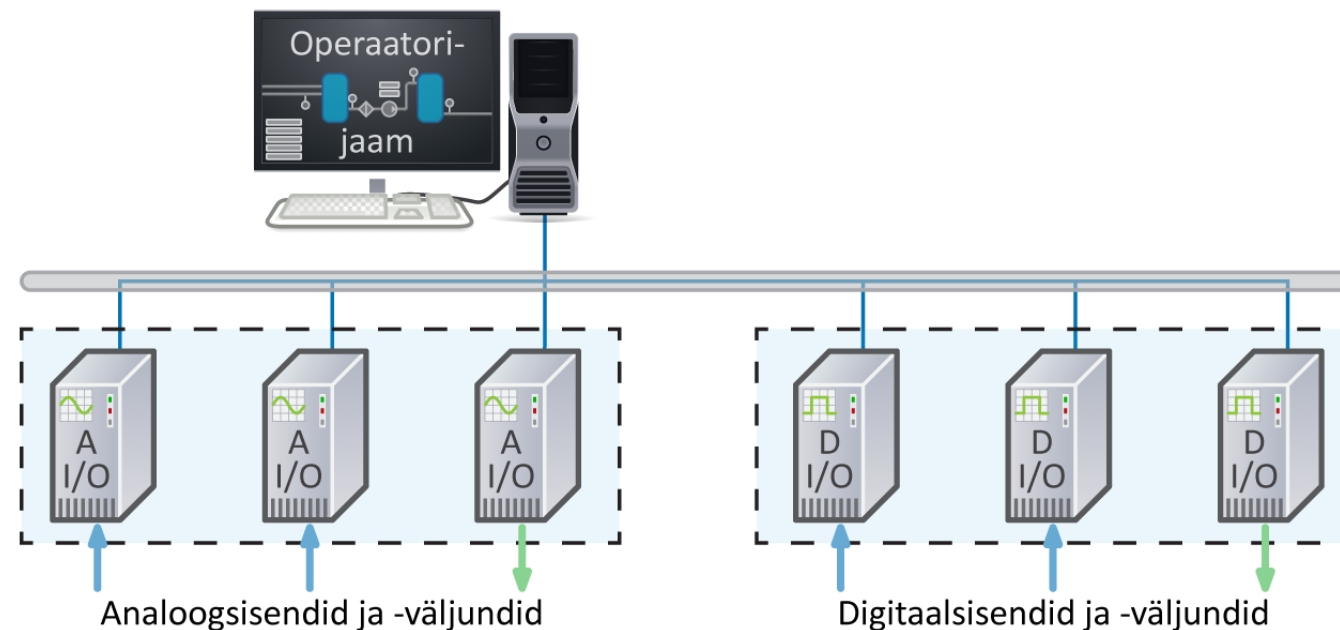
Teine tüüp – spetsiaalsete funktsioonidega alamsüsteemide kasutamine.

# Vertikaalselt integreeritud hajusjuhtimissüsteem



# Horisontaalselt integreeritud hajusjuhtimissüsteem

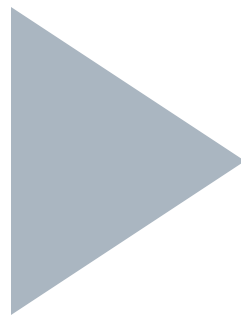
Võimaldavad alamsüsteemide vahel nii **vertikaalset** kui ka **horisontaalset** infovahetust.



Juhtimisfunktsioone täidab **arvuti**; **mikrokontrollerid** täidavad analoog ja digitaal I/O funktsioone.

# Horisontaalselt integreeritud hajusjuhtimissüsteem


Horisontaalselt integreeritud süsteem on üha kasvava tähelepanu all tootmise tööväljatasandil, sest sisaldavad sideks vajalikku tööväljavõrku.




Tööväljavõrk – Juhtimissüsteemide struktuuri aluseks olev võrk, mis sisaldab intelligentseid üksusi nagu regulaatorid, PLCd, sensorid, andurid, täiturid jne.

# Võrgusidega automaatsed juhtimissüsteemid

ACSNC – *automatic control systems with network communication - võrgusidega automaatsed juhtimissüsteemid*



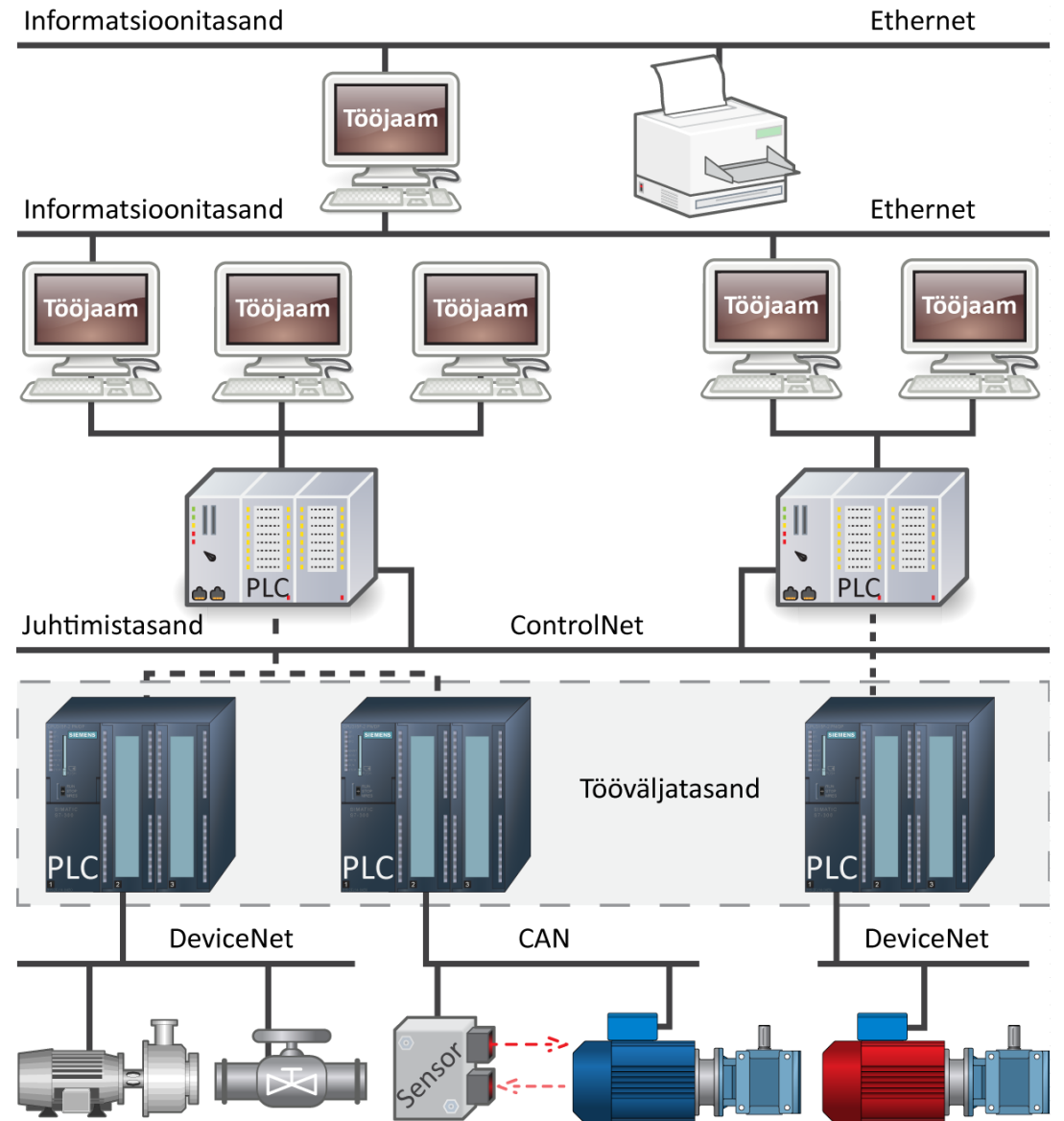
Süsteem , kus juhtüksused ja terminalüksused (sensorid, muundurid, tööjaamad jne.) on ühendatud kindlasse andmeside võrku.



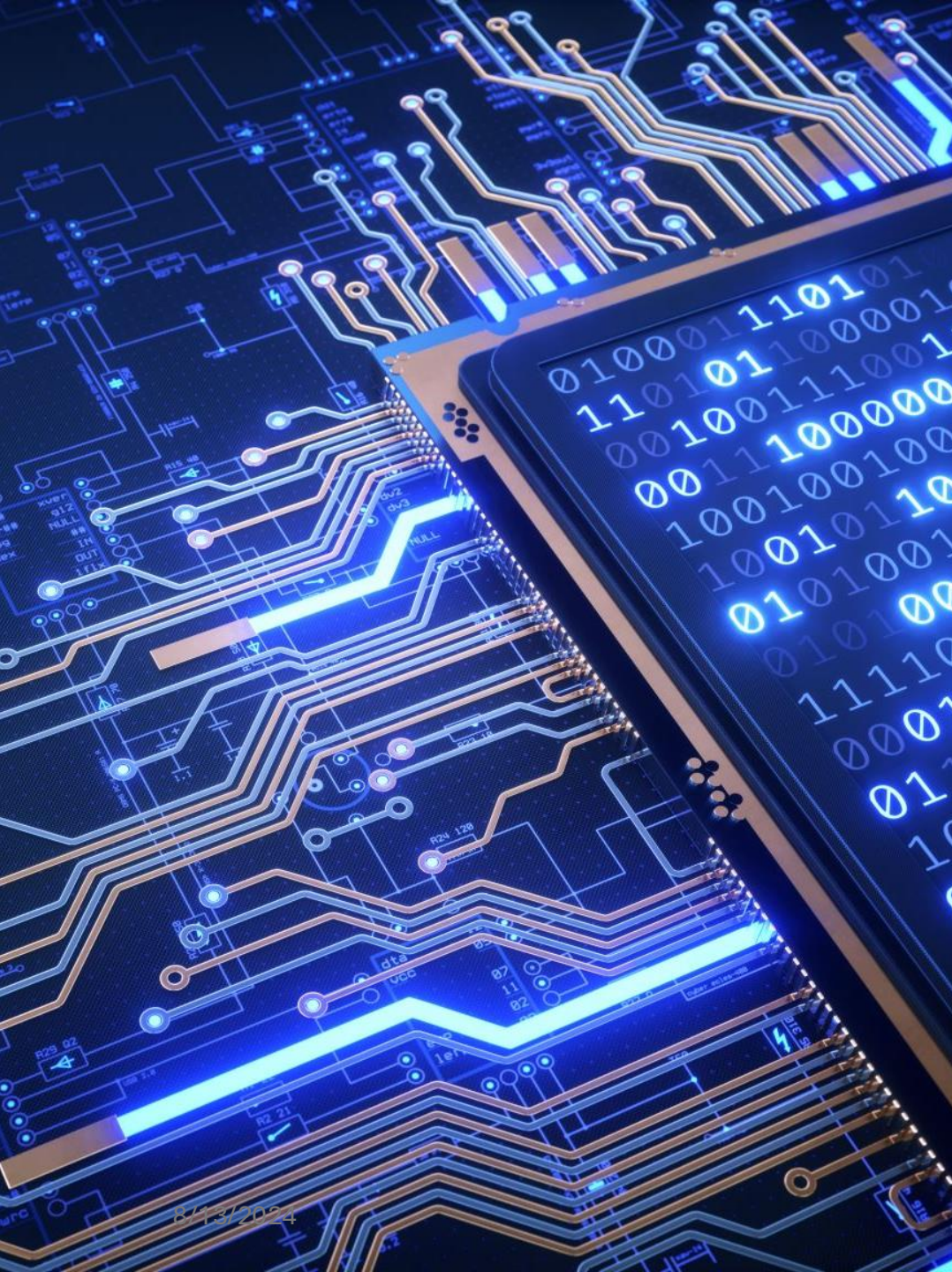
Üks selline üksus moodustab jaama konkreetses võrgus ja suhtleb teiste üksustega võrgumeediumi kaudu.

# VÕRGUSIDEGA JAOTUS-VÕRKUDE FUNKTSIONAALNE JAOTAMINE

Funktsionaalsest vaatenurgast  
jagunevad võrgusidet  
võimaldavad juhtimissüsteemid  
kolmele tasemele







## TÖÖVÄLJA TASANDI SÜSTEEMID

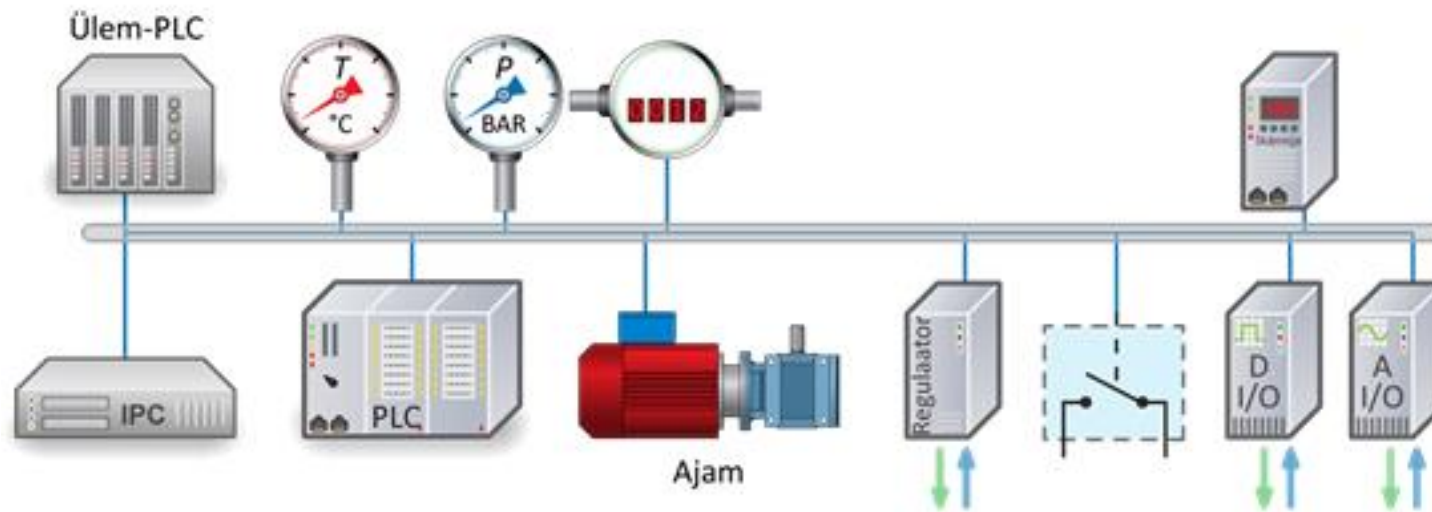
- Need on ehitatud töövälja võrkudest programmeeritavate kontrollrite (*programmable logic controllers, PLC*) ja intelligentsete terminaliüksuste (sensorid, mõõteseadmed, täiturid, jne) vaheliseks sideks.



# JUHTIMISTASANDI SÜSTEEMID

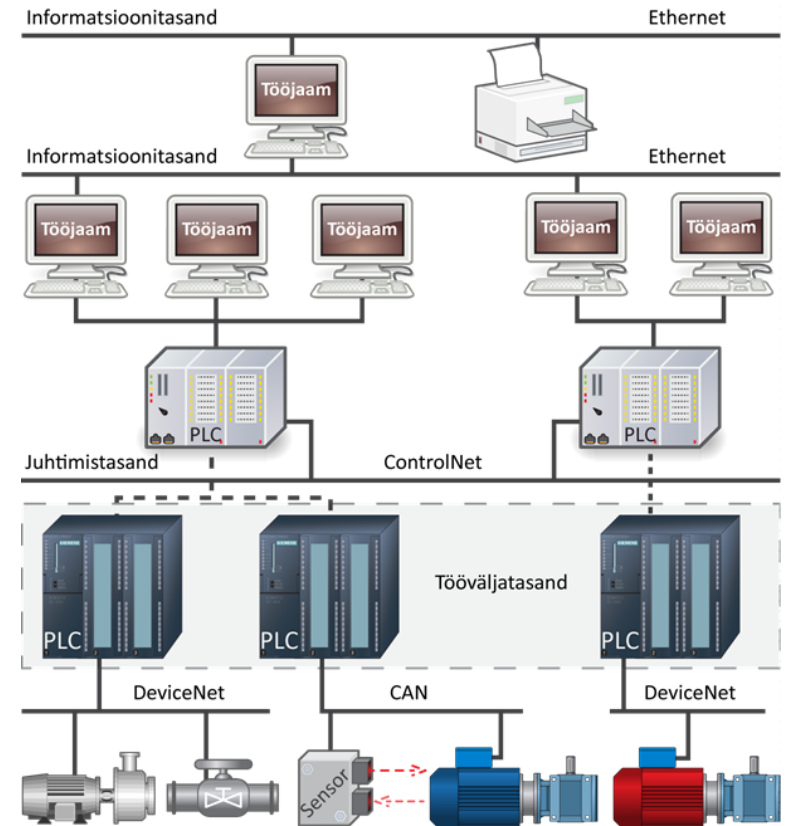
Selle tasandi süsteemid võimaldavad reaalsajalist protsesside juhtimist ning erinevat tüüpi programmeeritavate kontrollrite, tööjaamade, arvutite, programmi- ja diagnostikaüksuste vastastikust toimimist.

Selle tasandi süsteemid võimaldavad reaalsajalist protsesside juhtimist ning erinevat tüüpi programmeeritavate kontrollrite, tööjaamade, arvutite, programmi- ja diagnostikaüksuste vastastikust toimimist.



## INFORMATSIOONITASANDI SÜSTEEMID

Informatsioonitasandi süsteeme kasutatakse juhtimiseks ja informatsiooni vahetamiseks ettevõtte tasandil; nende eesmärgiks on lahendada ettevõtte haldamise peamisi ülesanded.



# Küsimused

Mitme loogilise tasandi vahel on automatiseeritud juhtimine hajutatud?

Mis on (ACSNC) võrgustatud automatiseeritud juhtimissüsteemi eesmärk?

Mis iseloomustab töövälja tasandi võrke?

II osa

Sidevõrk



**Rahastanud Euroopa Liit**  
NextGenerationEU



**Eesti**  
tuleviku heaks

# SIDEVÕRK

Võrk koosneb kahest või rohkemast seadmest, mis on ühendatud üksteisega riist- ja tarkvaratööriistade abil, võimaldades neil vahetada informatsiooni omavahel ja ka teiste seadmetega. See on mehhanism, mis võimaldab hajutatud sideseadmetel ja nende kasutajatel jagada omavahel ressursse. Tööstuslikud sidevõrgud on moodustatud järgmistel eesmärkidel:

- Andmevahetus kahe erineva seadme vahel;
- Ühiste jagatud ressursside kasutamine: seadmed, tarkvara ja informatsioon;
- Hajus andmetöötlus ehk erinevad seadmed töötlevad andmeosaid, mis on salvestatud teistes seadmetes (mitte neis endis).





# Küsimus ??? Kõige lihtsam füüsililene sidevõrk?

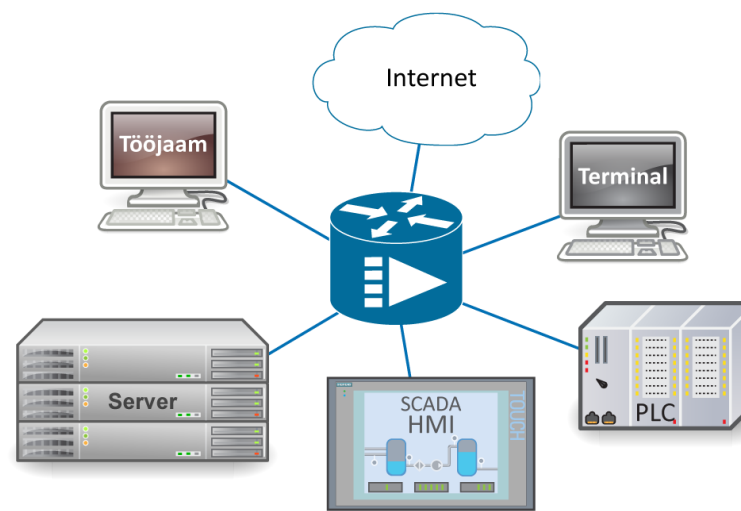
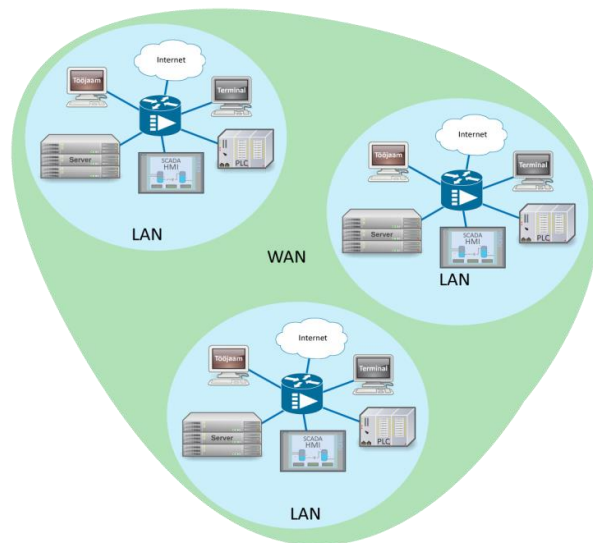
Tänapäevane lahendus kahe teineteisest kaugel asuva arvuti vaheliseks füüsiliseks sidevõrguks võiks olla optilise kiudkaabli või internetipõhise VPN-ühenduse kasutamine

# Kuidas luuakse riistavaraline ühendus võrgus olevate seadmetega?

Riistvaraline ühendus üksikute arvutite, kontrollerite ja teiste võrku kuuluvate perifeeriaseadmete vahel on loodud kaablite (koaksiaal, keerutatud juhtmepaar, valguskaabel) või mõne traadita tehnoloogia (IRDA, Bluetooth jne) abil.

Võrgusisene andmeülekanne on määratud erireeglite poolt, mida nimetatakse võrguprotokollideks (TCP/IP, NetBEUI, AppleTalk, PPTP, DHCP jne).

# Võrgutüübid



- LAN (Local Area Network), andmeside kohtvõrk – kohalik arvutivõrk, mille peal töötab individuaalne organisatsioon ja see asub ühes või mitmes kõrvuti asetsevas hoones:
- MAN (Metropolitan Area Network), linnavõrk – katab asustatud piirkonna või suure hoone, mida jagab hulk organisatsioone;
- WAN (Wide Area Network), laivõrk – globaalne võrk, mis rakendab erinevates geograafilistes punktides asuvate arvutite ühendamiseks kiiret kaugsidet või satelliite;
- SAN (Storage Area Network), kettavõrk – andmesalvestusvõrk, mida kasutatakse suurte andmemassiivide ühendamiseks serveritekimpu.



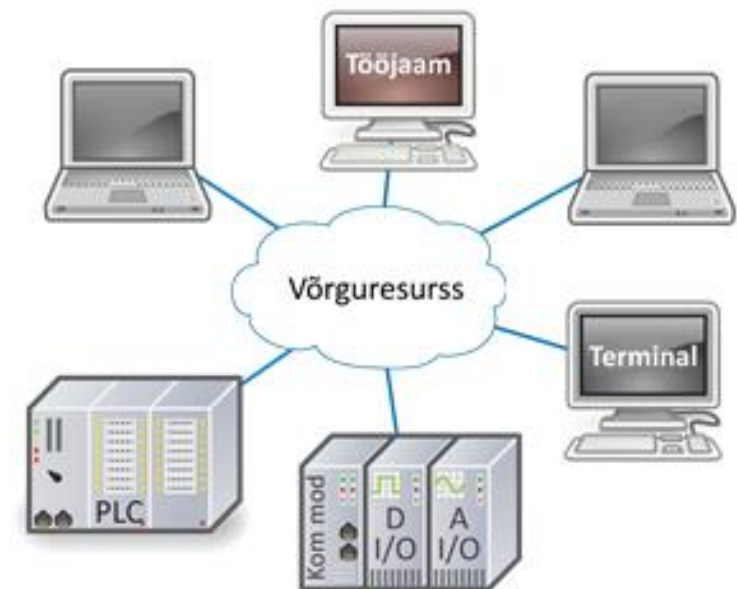
# LAN Võrgutüübid

- Võrdõigusliku ligipääsu võrk
- Klient-server tüüpi võrk



# Võrdõigusliku ligipääsu võrk

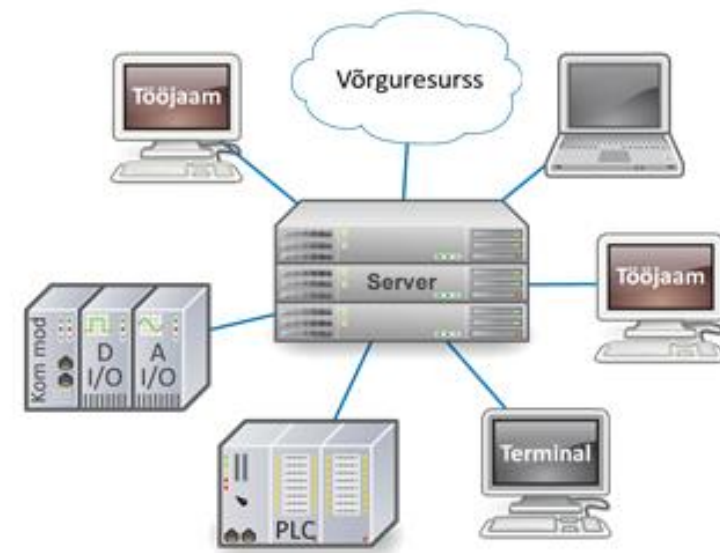
Seda tüüpi võrkudes on kõik sideseadmed võrdsed ja teatud ajahetkel võib sama seade tegutseda serverina, järgmisel ajahetkel aga kliendina.





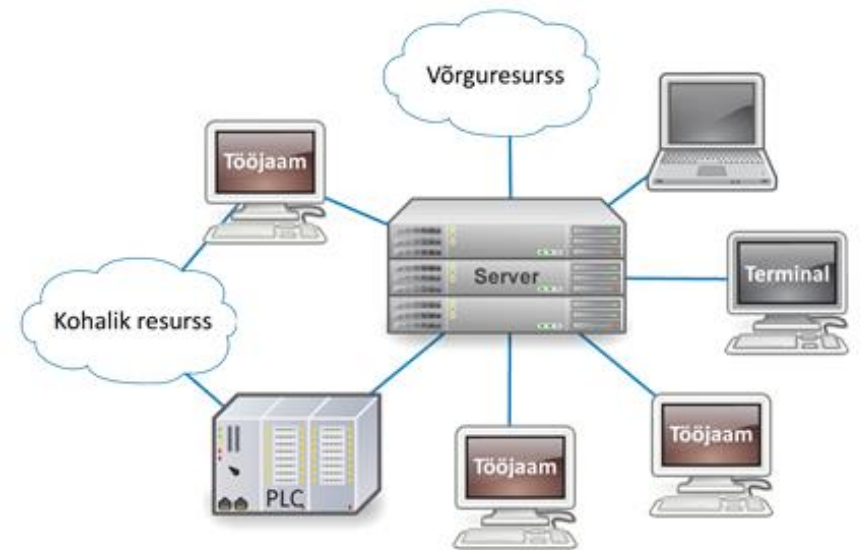
# Klient-server tüüpi võrk

Sellist tüüpi võrkudes on individuaalsete masinate eesmärk algusest peale fikseeritud; võrku kuuluvatele tööjaamadele jagab ligipääsuõigusi ressurssidele ja teenustele üks (või mitu) serverit.



# Liittüüpi võrgud

Sellist tüüpi võrgud on kombinatsioon kahest ülalkirjeldatud tüübist. Erinevates organisatsioonides täidetavad spetsiifilised ülesanded muudavad liitvõrkude kasutamise konkreetsete nõudmistele täitmisel eelistatavaks.



Võrdõigusliku ligipääsu võrk, ühel hetkel seade käitub serverina ja teisel hetkel kliendina.

### puudused:

- võrguressurss ei ole hallatud eraldiseisva serveri poolt.
- kasutatakse kui, seadmete hulk on väike ja puudub vajadus keskse failide ja resursside salvestamise järele.

### Eelised:

- odav ülevalpidada
- individuaalsete sõlmede lihtne administreerimine
- pole vaja süsteemiadministraatorit

Klient-server tüüpi võrk – igal masinal oma eesmärk, ligipääsuõigusi ressurssidele ja teenustele jagab üks (või mitu) serverit. Andmed ja rakendused millele kõigil peab ligipääs olema, hoitakse serveris.

### puudused:

- kallis
- süsteemiadministraator on vajalik

### Eelised:

- kiirem,
- rohkem seadmeid



## III osa

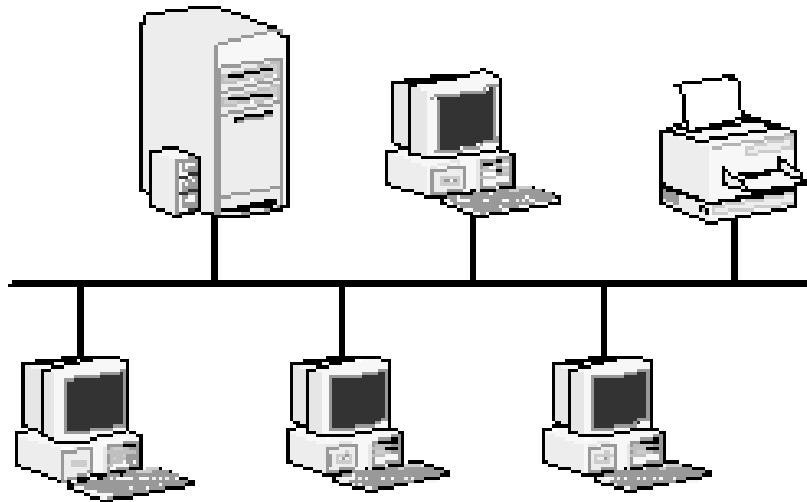
# Võrgutopoloogia ja mudelid



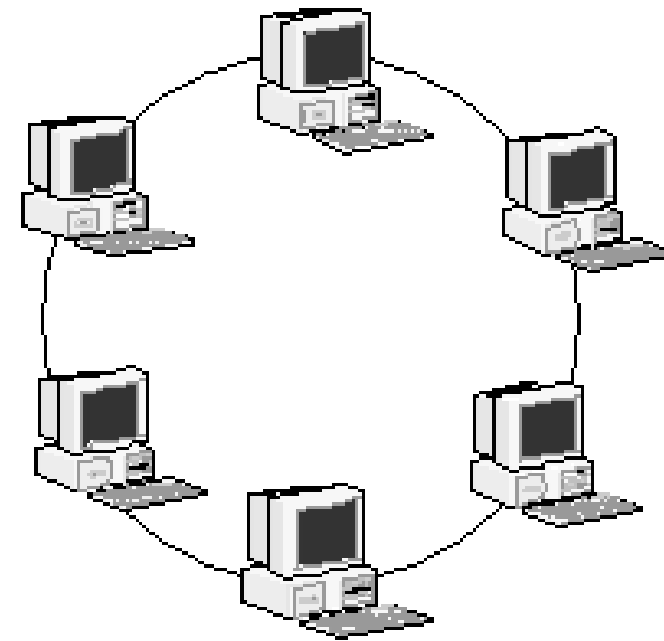
**Rahastanud Euroopa Liit**  
NextGenerationEU



**Eesti**  
tuleviku heaks

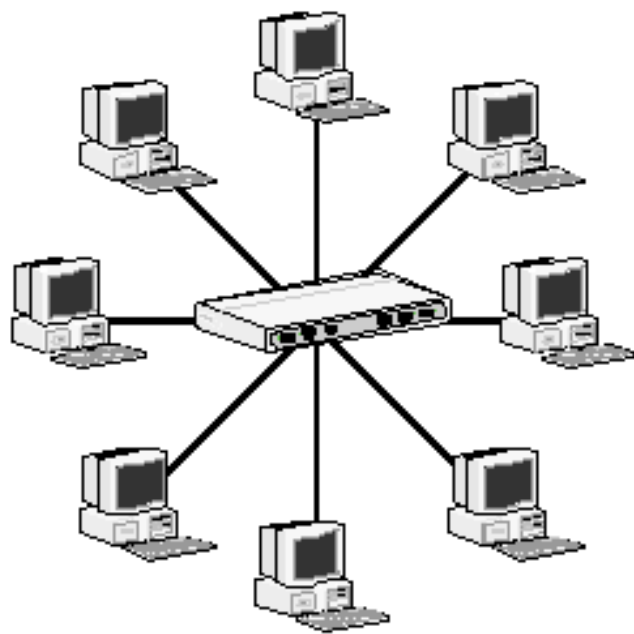


• Siinitopoloogia

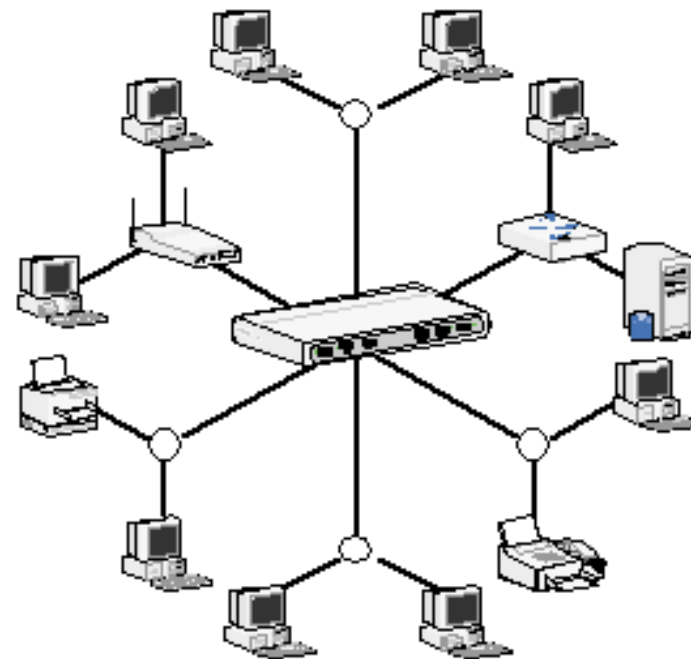


Ring-topoloogia

# Võrgutopoloogiad ja mudelid

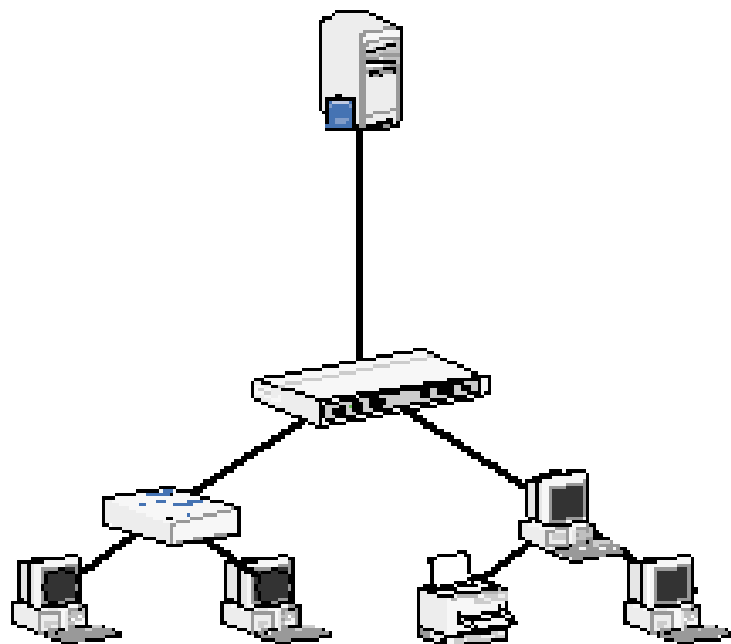


• Tähttopoloogia

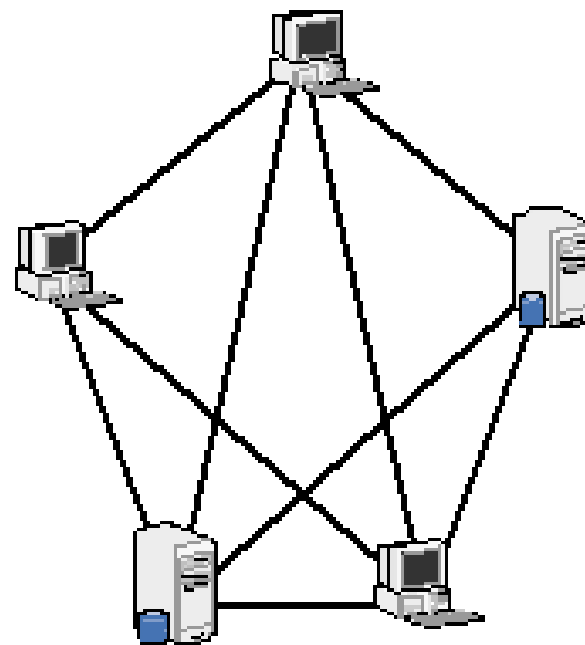


Laiendatud täht-topoloogia

# Võrgutopoloogiad ja mudelid



- Hierarhiline topoloogia

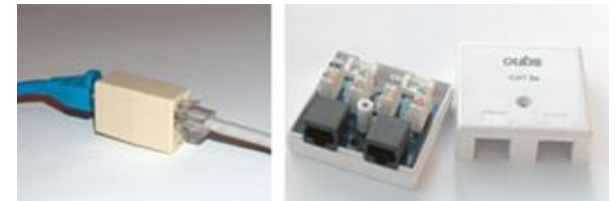


Silmus-topoloogia

# Võrgutopoloogiad ja mudelid

# Üksused füüsilise ja loogilise võrgu struktureerimiseks

- **Passiivsed üksused**
- Passiivsed üksused on sidevõrgu ühenduspunktid, mis ei muuda sisendisse saabuva signaali parameetreid. See üksuste grupp sisaldab:
- *Ühenduspistikud (Jack couplers)* on passiivsed üksused, mida kasutatakse võrgukaabli pikendamiseks.





# Üksused füüsilise ja loogilise võrgu struktureerimiseks

- *Juhtpaneel (Patch panel)* on ühendus- ja jaotuspunkt kaablite korraldamiseks.
- *Passiivne kontsentraator/jaotur (passive concentrator/hub)* on keskne ühenduskolmik, mille abil luuakse ühendus hulga tööjaamade vahel. See ei sisalda elektroonilisi komponente ega vaja seega elektritoidet. Suvalisse porti saabuv sisendsignaali edastatakse kõigisse teistesse portidesse.



# Aktiivsed seadmed



- *Repiiter (signaali võimendi)* See seade funktsioneerib füüsilisel tasandil, suurendab sidevõrgu kogupikkust. See taastab signaalitugevust ja parandab impulsi tugevust suurematel vahemaadel.

# Aktiivsed seadmed

*Hub (jaotur)*. See on mitme sisendiga repiiter, millega luuakse täht-ühendus. Seda iseloomustavad tehnilised spetsifikatsioonid ja omadused on järgmised

- Ühendab individuaalsed, võrgukaardiga varustatud tööjaamad ühtseks võrguks;
- Hubid võimaldavad lisada olemasolevasse võrku uusi füüsilisi tööjaamu;
- Kõik pordid on võrdse prioriteediga;
- Protsessi, mille käigus hub mõned pordid välja lülitab, kui tuvastatakse talitlushäire, nimetatakse segmentatsiooniks;
- See leiab rakendust võrkudes, mis kasutavad UTP kaableid;
- Vastu võetud andmepakette ei puhverdata, mistõttu on andmevahetuskiirus väike;
- See ei sünkroniseeri teistel kiirustel töötavaid porte.



# Aktiivsed seadmed

*Sild (bridge). See jagab võrgu loogilisteks segmentideks ja sõnumid edastatakse ühest segmendist teise üle silla pordi, kui vastuvõtja unikaalne võrguaadress (MAC [1]) kuulub vastavasse segmenti. See seade sisaldab mõlema segmendi üksuste aadressitabelit ja side käib järgnevate sammude jadana:*

- Andmepaketi vastuvõtmisel algatatakse lähteadressi ja sihtaadressi kontroll. Tabelis on esitatud igas segmendis oleva üksuse individuaalne aadress.*
- Kui sihtaadressi ei ole kirjutatud tabelisse, tuleb pakett edastada kõikidesse segmentidesse. Sihtaadressi puudumisel tabelist lisatakse see võimalusel sinna automaatselt.*
- Sild edastab paketi vastavale segmendile, kui sihtaadress on kirjutatud tabelisse.*
- Kui lähteadress ja sihtaadress on samas segmendis, ei edasta sild andmepaketti teise segmenti.*



# Aktiivsed seadmed

*Switch (kommutaator). See on uuema generatsiooni sild, mis kindlustab informatsiooni paralleelse töötlemise. Switchi kasutatakse kõige laialdasemalt tööjaamade ühendamiseks täht-topoloogia võrkudes:*

*See suurendab võrgu andmevahetuskiirust. Välimuselt sarnaneb see hubiga kuid siiski on kommutaator sellest oluliselt intelligentsem seade.*

*Hub edastab vastuvõetud signaali kõigisse portidesse, switch seevastu filtreerib informatsiooni ning edastab selle ainult sihtseadmetele.*





# Switchi spetsiifilised tunnused on järgmised:

- Omab iga pordi jaoks spetsiaalset protsessorit, mis töötleb sissetulevaid andmepakette (kaadreid) ülejäänud portide protsessoritest eraldi;
- Võimaldab igal tööjaamal edastada andmeid üle ülekandemeediumi ilma teiste tööjaamadega konkureerimata;
- Kontrollib sellesse ühendatud seadmete MAC aadresse;
- Tõlgib andmepakette ühest standardist teise (näiteks Ethernetist FDDI-sse);
- Lingib mitmed eraldiseisvad seadmed ja võrgusegmendid, millest igaühel võib olla veel sellesse ühendatud terminale;
- Puhverdab andmed (salvesta-ja-edasta) enne vastuvõtja ühendusparameetrite tuvastamist;
- Kommutaatorid suhtlevad omavahel täisdupleks-režiimis, mis võimaldab andmeid edastada ja vastu võtta samaaegselt.

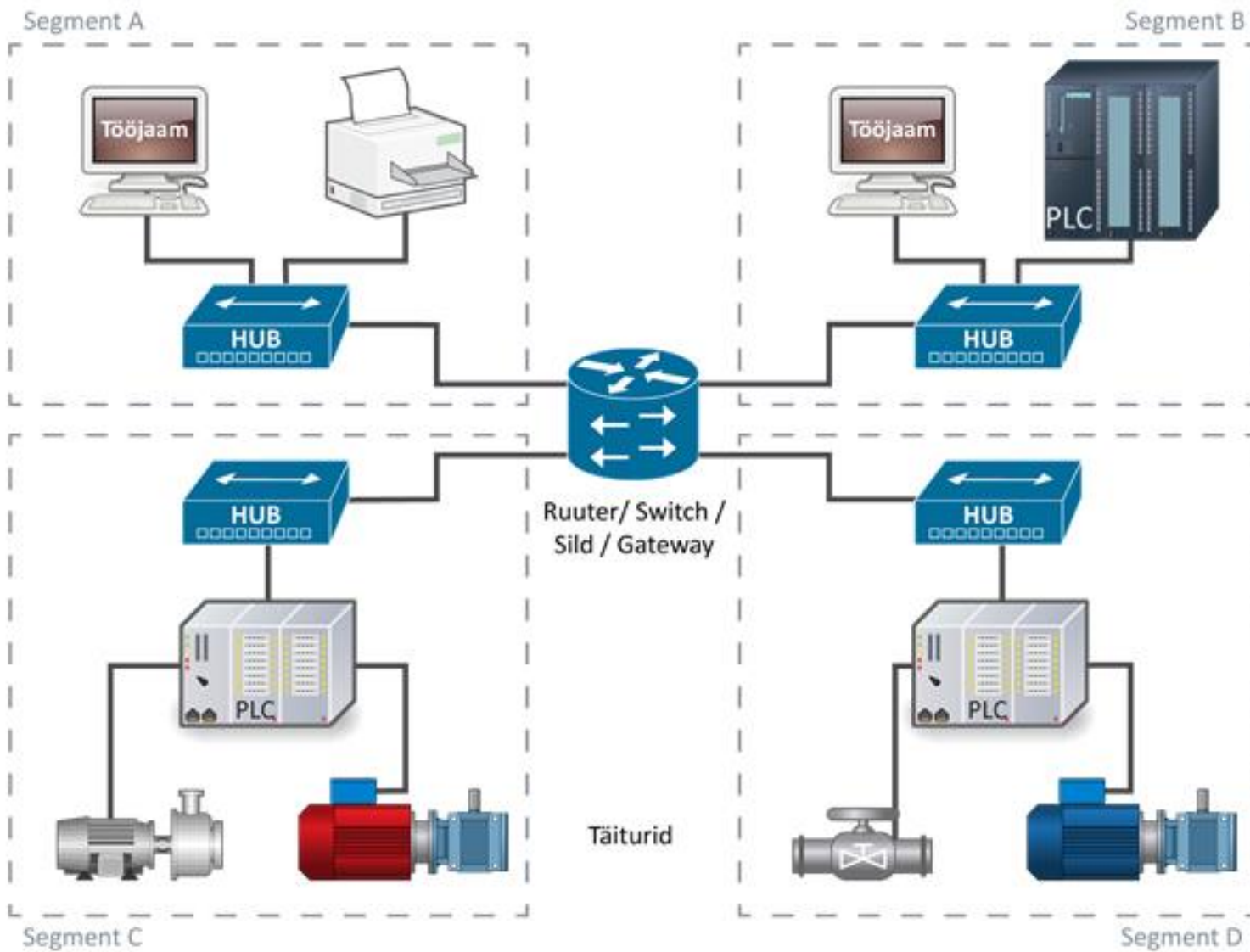


# Aktiivsed seadmed

*Ruuter on eraldiseisev seade, mida kasutatakse infopakettide jaotamiseks erinevate võrkude või võrgusegmentide vahel. Ruuterina saab kasutada ka tavalist arvutit. Erinevalt hubidest, sildadest ja madalama taseme switchidest töötab ruuter OSI võrgukihis IP aadressidega, mitte MAC aadressidega*



# Aktiivsed seadmed



# Võrgumudelid

- Mitmed töötlemise, juhtimise, kodeerimise ja muud võrguside andmeüksuste protsessid eeldavad kommunikatsiooniprotsessi läbimise erinevate etappide (kihtide) ja faaside kirjeldamise (modelleerimise) formaliseerimist.

# Võrgumudelid

- **OSI võrgumudel**
- OSI võrgumudel kirjeldab baasarhitektuuri, mis jaotab võrguside andmepakettide vahetamiseks seitsmes iseseisvas kihis. See on välja töötatud Rahvusvahelise Standardiorganisatsiooni (*International Standards Organization, ISO*) poolt. OSI võimaldab süsteemidel omavahel suhelda. Seda standardit kasutavad võrguseadmete tootjad seadmete, operatiivsüsteemide ja protokollide loomisel, see omab järgmisi spetsiifilisi tunnuseid:

# OSI võrgumudel

- Iga kiht suhtleb külgnevate kihtidega ainult standardiseeritud protokollide abil;
- Igale kihile on omistatud spetsiifilised funktsioonid; kiht pakub liidest ja teenuseid ülemisele kihile ja sarnaselt kasutab ise alumise kihi teenuseid.
- Kihte eraldatakse liideste järgi;





# OSI võrgumudel

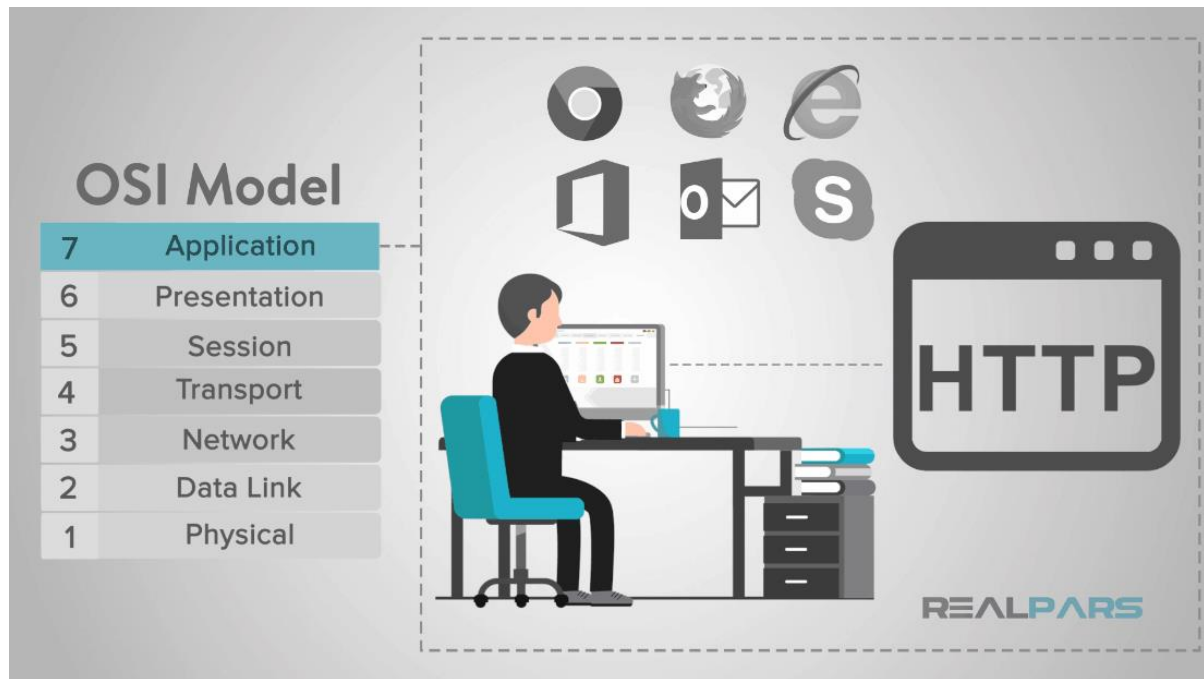
- Enne seda, kui andmed saadetakse ühest kihist teise, jagatakse see andmepakettideks - need on infoüksused, mida edastatakse ühtsena ühest seadmest teise;
- Võrgutarkvara edastab andmepaketid jadamisi ühest kihist teise, teostades igale paketikihile lisavormindamist või adresseerimist.
- Kasutajapoolel käib andmepakett läbi kihtide tagurpidi järjestuses; iga kiht eemaldab ülekande ajal selle kihi poolt lisatud lisainfo. Kui andmepakett jõuab rakenduskihti, eraldatakse täielikult aadressinfo.



# OSI võrgumudel

- *Rakenduskiht (7)*. See on mudeli kõige ülemine kiht, mis töötab vahendajana tarkvararakenduste ja võrguteenuste vahel. Sellel töötavad protokollid nagu HTTP, FTP, Telnet, SMTP, POP3, IMAP4, SNMP. Kihi põhiülesandeks on juhtida üldist võrgu ligipääsu, andmevoogusid ja vigade parandamist.
- *Esitluskiht (6)*. See määrab kindlaks andmevahetuse formaadi. Siin esitatakse andmed universaalsetes andmepakettides. Vastuvõtja poolel konverteeritakse andmed universaalsetest andmepakettidest vastuvõtva jaama esitluskihi poolt kasutatavasse formaati.





See on mudeli kõige ülemine kiht, mis töötab vahendajana tarkvararakenduste ja võrguteenuste vahel. Sellel töötavad protokollid nagu HTTP, FTP, Telnet, SMTP, POP3, IMAP4, SNMP. Kihhi põhiülesandeks on juhtida üldist võrgu ligipääsu, andmevoogusid ja vigade parandamist.

<https://www.realpars.com/blog/osi>

## Rakenduskiht (7)



See määrab kindlaks andmevahetuse formaadi. Siin esitatakse andmed universaalsetes andmepakettides. Vastuvõtja poolel konverteeritakse andmed universaalsetest andmepakettidest vastuvõtva jaama esitluskihi poolt kasutatavasse formaati.

<https://www.realpars.com/blog/osi>

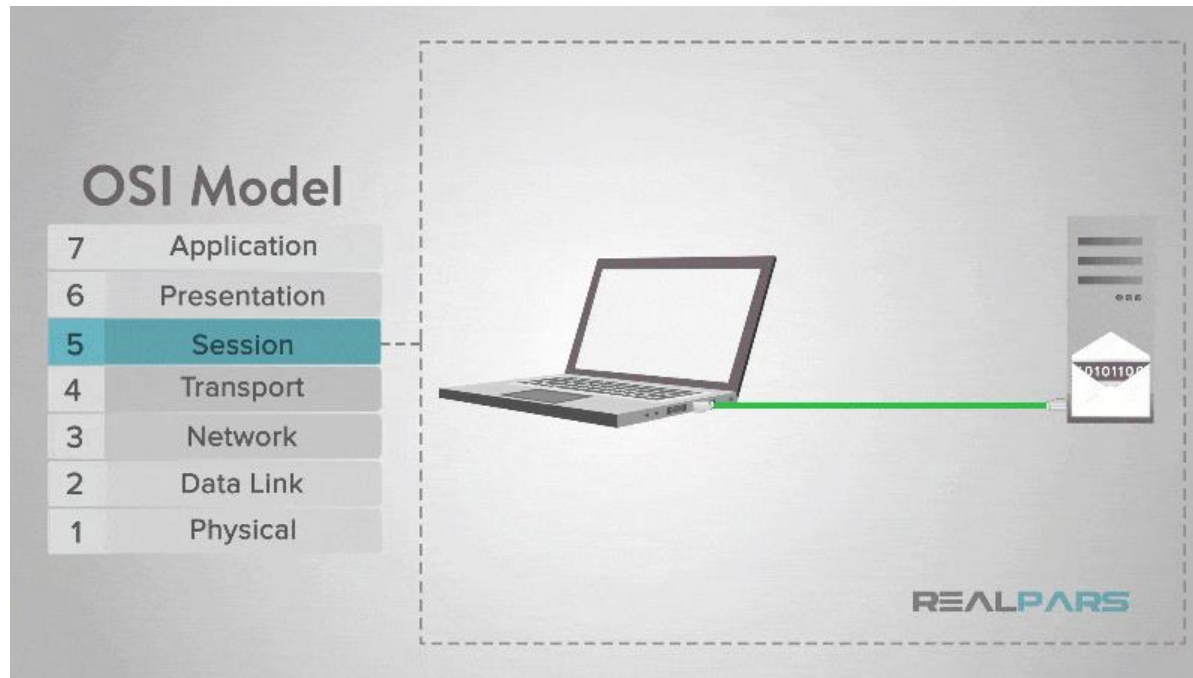
## Esitluskiht (6)



# OSI võrgumudel

- *Seansikiht (5)*. See kiht loob seansikanali kahe võrguseadme vahel. Programmide vahel on iga seansi jooksul dialoog. Seansid võimaldavad kahe-suunalist sidet täisdupleks-režiimis või pooldupleks-režiimis. Ühendusmeetod on kirjutatud seansikihi päisesse.
- *Transpordikiht (4)*. See teostab andmepakettide transporti täpses jadas ilma vigade ja kadudeta. Lisaks on see kiht võimeline liiklust optimeerima, ühendades eelnevaid mittetäielikke andmepakette.

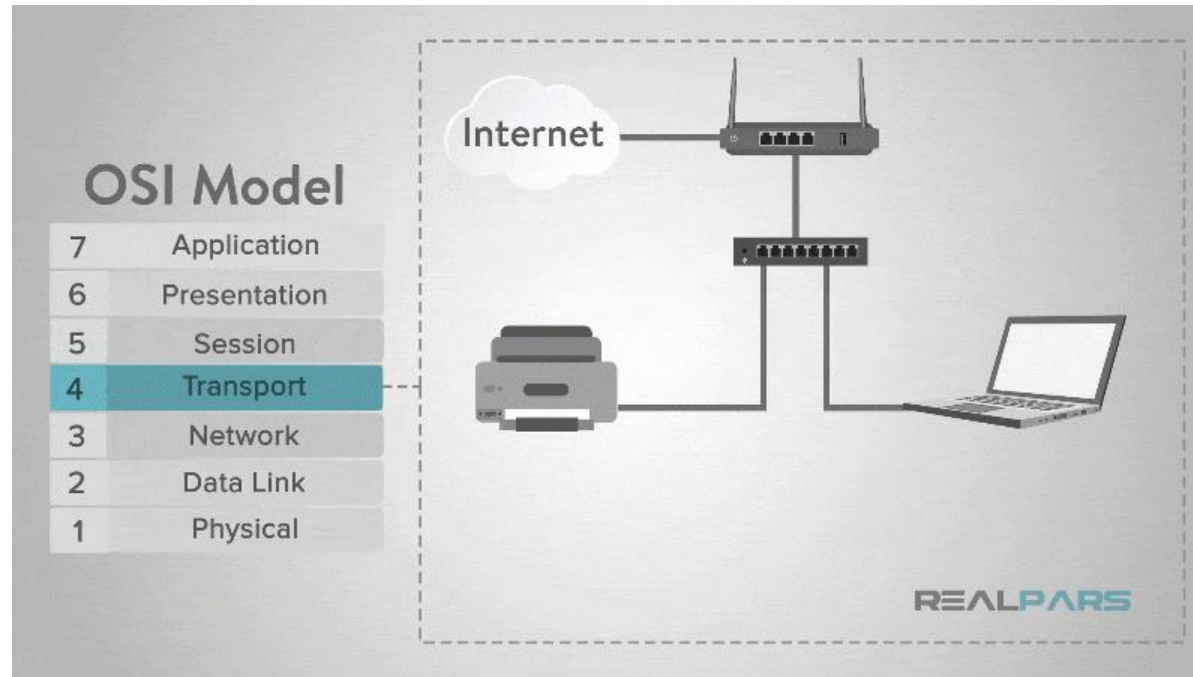




See kiht loob seansikanali kahe võrguseadme vahel. Programmide vahel on iga seansi jooksul dialoog. Seansid võimaldavad kahe-suunalist sidet täisdupleks-režiimis või pooldupleks-režiimis. Ühendusmeetod on kirjutatud seansikihi päisesse.

<https://www.realpars.com/blog/osi>

## Seansikiht (5)



See teostab andmepakettide transporti täpses jadas ilma vigade ja kadudeta. Lisaks on see kiht võimeline liiklust optimeerima, ühendades eelnevaid mittetäielikke andmepakette.

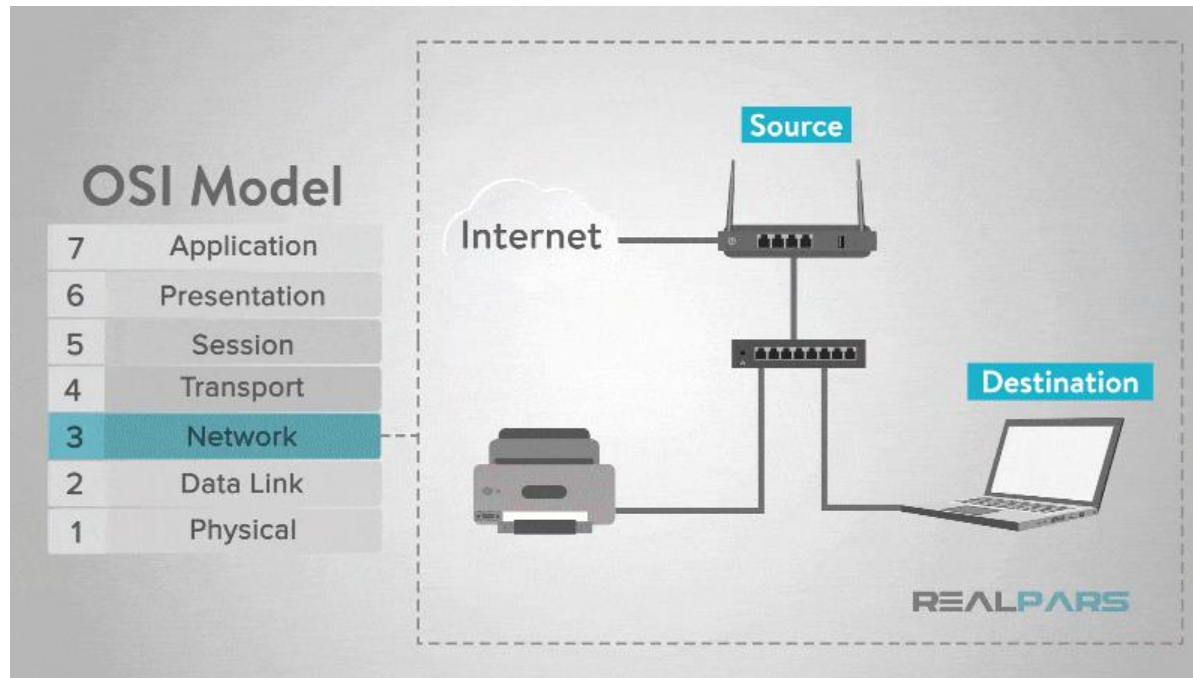
<https://www.realpars.com/blog/osi>

## Transpordikiht (4)

# OSI võrgumudel

- *Võrgukiht (3)*. See adresseerib sõnumid ja määrab kindlaks marsruudi, mida mööda andmepaketid kantakse üle lähtejaamast sihtjaama. Aadressid lisatakse sõnumitele päisevormis. Kiht jälgib liiklust ja juhib andmeprioriteete (teenusekvaliteet, Quality of Service, QoS). IP-protokoll ja ruuterid töötavad antud kihi baasil.
- *Kanalikiht (2)*. See kiht saadab andmekaadreid (sõnumeid) võrgukihilt füüsilisele kihile.
- *Füüsiline kiht (1)*. See kiht pakub kaardrites baitide ja bittide krüpteerimist elektriliste või valgussignaalide moel, nagu ka nende edastamist võrgumeediumile (kaabel).

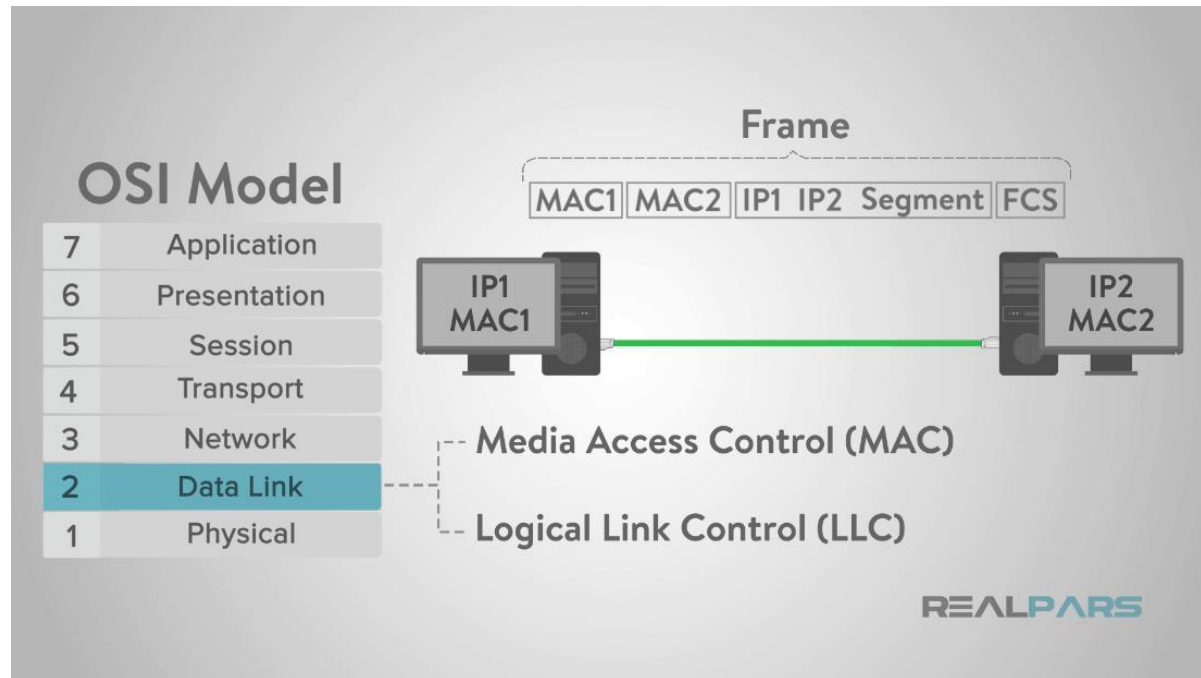




See adresseerib sõnumid ja määrab kindlaks marsruudi, mida mööda andmepaketid kantakse üle lähtejaamast sihtjaama. Aadressid lisatakse sõnumitele päisevormis. Kiht jälgib liiklust ja juhib andmeprioriteete (teenusekvaliteet, Quality of Service, QoS). IP-protokoll ja ruuterid töötavad antud kihi baasil.

<https://www.realpars.com/blog/osi>

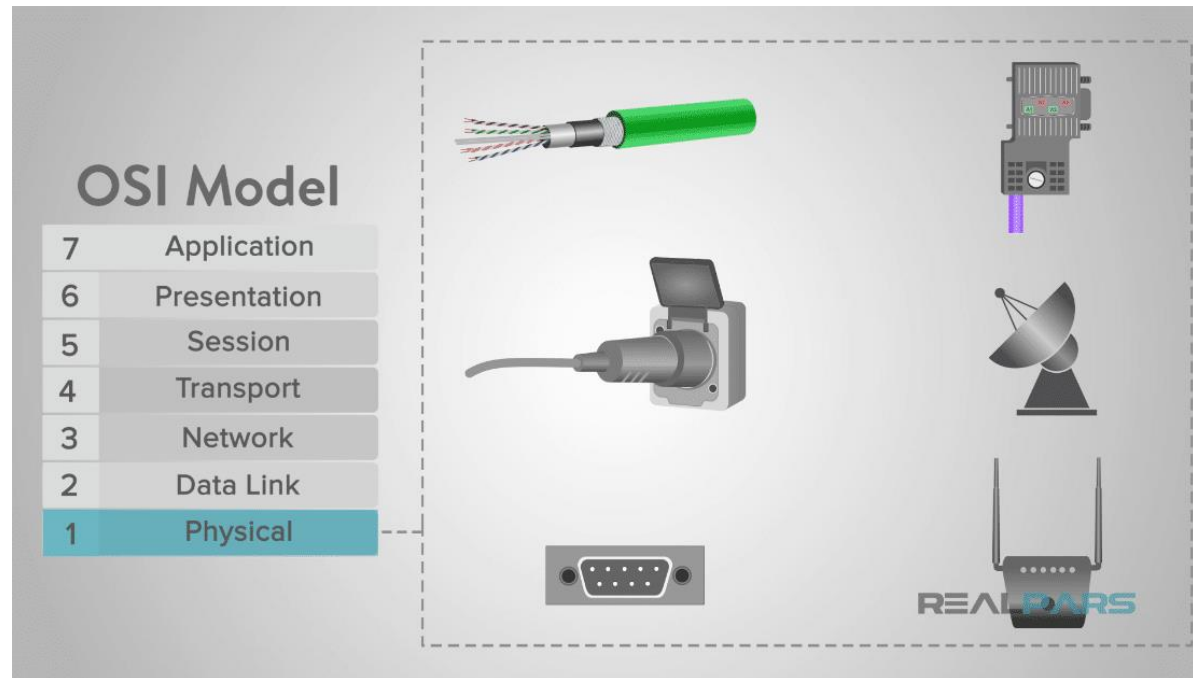
## Võrgukiht (3)



See kiht saadab andmekaadreid (sõnumeid) võrgukiht füüsilisele kihile.

<https://www.realpars.com/blog/osi>

## Kanalikiht (2)



See kiht pakub kaadrites baitide ja bittide krüpteerimist elektriliste või valgussignaali moel, nagu ka nende edastamist võrgumeediumile (kaabel).

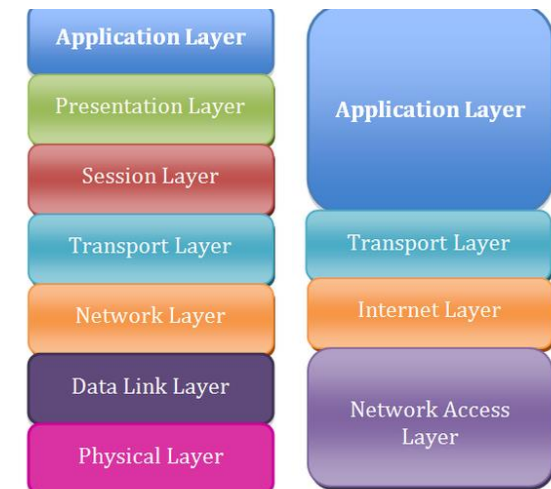
<https://www.realpars.com/blog/osi>

# Füüsiline kiht (1)



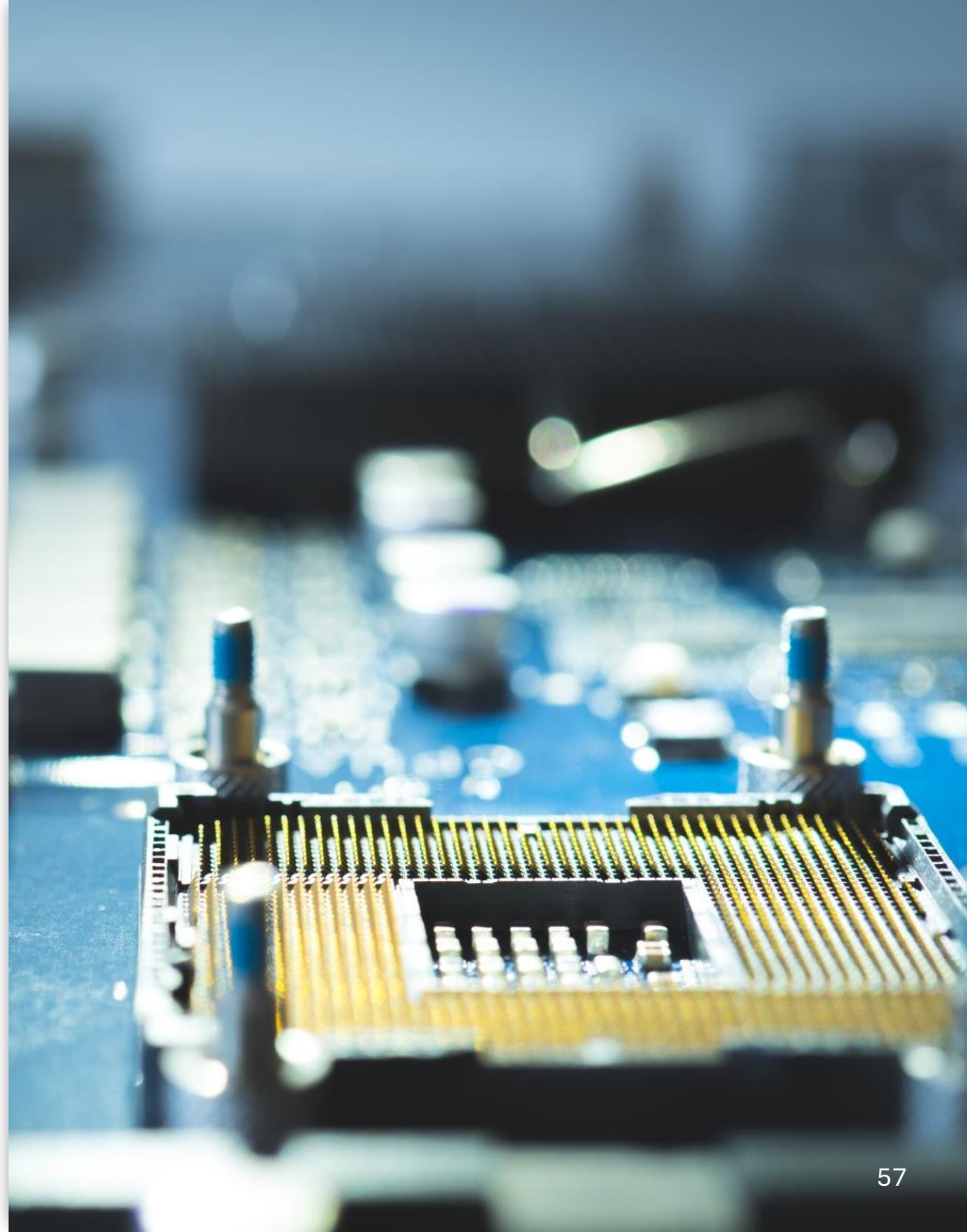
# DOD MUDEL

- DoD (Department of Defense) võrgumudel töötati välja USA Kaitseministeeriumi poolt enne OSI mudelit. See töötati välja koos TCP/IP protokollidega osana ARPAneti projektist. Seetõttu tuntakse DoD ka TCP/IP mudeli nime all. DoD koosneb neljast kihist



# DOD e. TCP/IP mudel

- Rakenduskiht (*application layer*) – kõige kõrgem mudeli kiht, mis täidab OSI mudeli kolme kõrgema kihi funktsioone;
- Transpordikiht (*transport layer*) – vastab OSI mudeli transpordikihile;
- Internetikiht (*internetworking layer*) – vastab OSI mudeli võrgukihile.
- Võrguliidese kiht (*network interface*) – vastab OSI mudeli kanali- ja füüsilisele kihile.



# KÜSIMUSI?



IV osa

# Tööstuslike tööväljavõrkude struktuur



**Rahastanud Euroopa Liit**  
NextGenerationEU

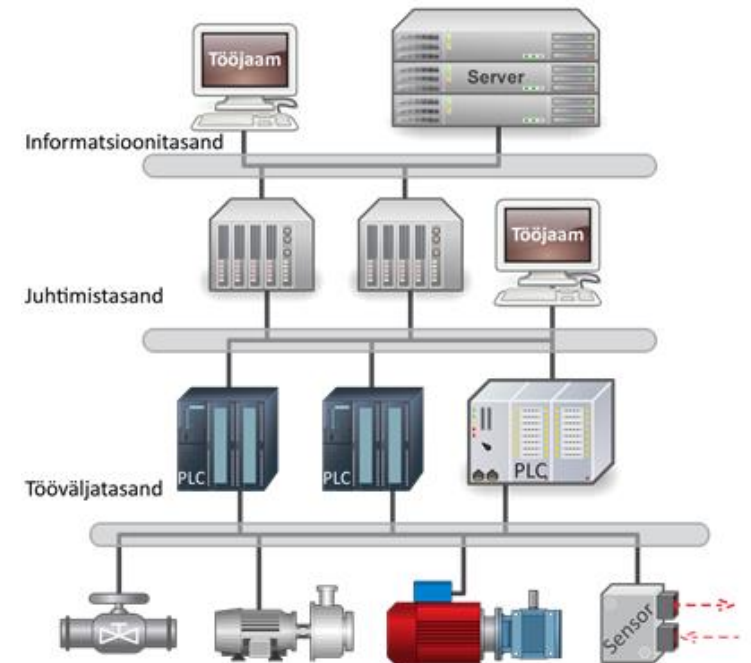


**Eesti**  
tuleviku heaks

# Tööstuslike tööväljavõrkude struktuur

Tööväljavõrgud paiknevad tööstuslike süsteemide hierarhia kõige madalamal tasemel tootmise juhtimises

- Nende peamine eesmärk on kanda andmeid terminali tööväljaseadmete (sensorid, ajurite jms) ning kõrgemate hierarhiatasemete seadmete (PLC, töö- ja operaatorjaamad) vahel.



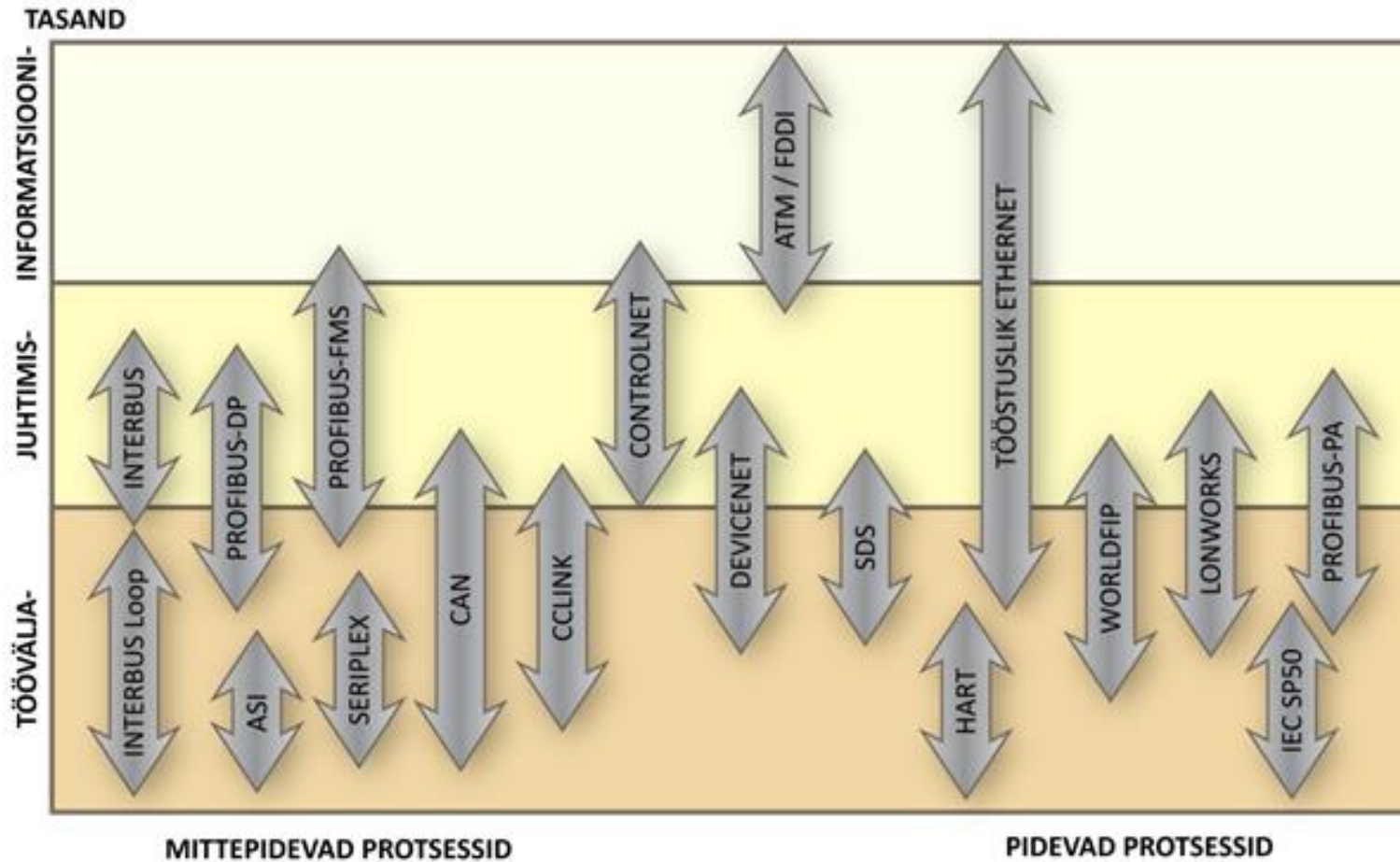
# Tööstuslike tööväljavõrkude struktuur

## **Tööväljavõrkude seadmete kokkusobivuse määravad nende seadmete omadused, mis on:**

- Erinevad diagnostikafunktsioonid;
- Erinevate seadmete sidumine põhikaablitega ja neist eemaldamine, ilma ülejäänud sõlmede vahelist kommunikatsiooni segamata ja elektrivoolu välja lülitamata;
- Automaatne seadmete konfigureerimine ilma spetsialiseeritud seadmeid ja tarkvara kasutamata;
- Seadmete standardiseeritud profiilide kasutamine;
- Seadmete füüsilise võrkuühendamise standardiseeritud mehhanismid;
- Enesediagnoosimise funktsioonid;
- Ettemääratud funktsioonid kriitilise seisundi tuvastamiseks.



# Tööstuslike tööväljavõrkude struktuur

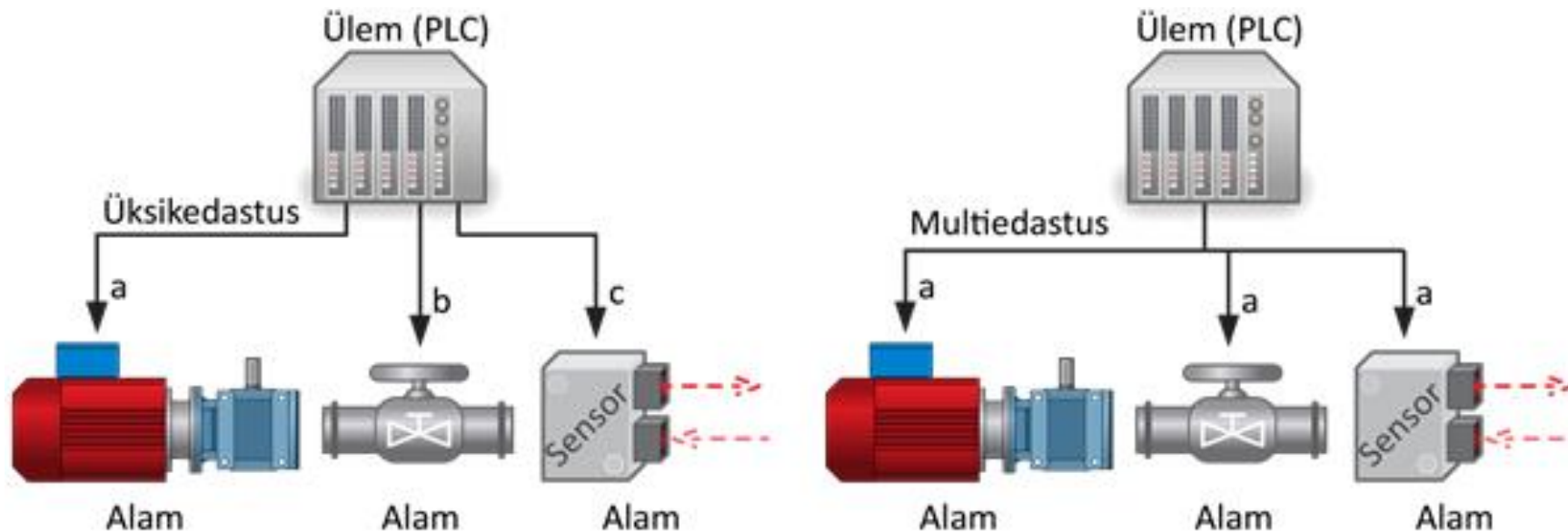


# Tööstuslike tööväljavõrkude struktuur

- Tööväljavõrkude rakendamisel tuleks järgida järgmisi tingimusi:
- Erinevate tootjate poolt tehtud seadmete kokkusobivus ja vahetatavus;
- Tööväljaterminalid peaksid automaatsetes juhtimissüsteemides toetama kiiret võrgusidet;
- Võimalik kiiresti paigaldada ja häälestada;
- Paindlik komponentide valik;
- Terminalidel on intelligentne enesediagnostika;
- Süsteeme saab paigaldada kuni 1000m füüsilise jaotuse/paigutusega;
- Kaabliga ühendatavate seadmete piiratud arv.

# Tööväljavõrkude funktsionaalsus

- Tööväljavõrgud täidavad võrgusidega automaatsetes juhtimissüsteemides järgmisi funktsioone:
- Andmete edastamine terminalide vahel nagu loogikakontrollerid, täiturid, sensorid jne;
- Seadmete konfiguratsiooni puudutava lisainformatsiooni edastamine.
- Tööväljavõrkude oluline omadus on võimalus ehitada avatud süsteeme, kuna puudub vajadus võrgustruktuuri keskse juhtimise järgi.

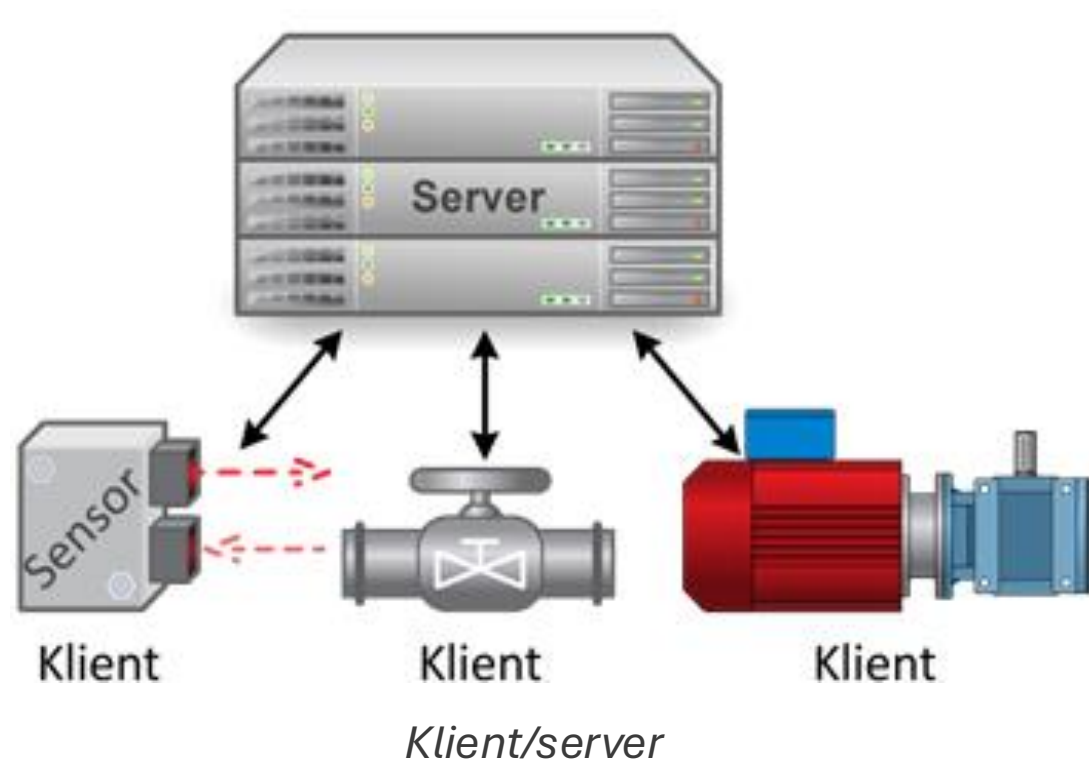


Tööväljavõrkude ülekandemeetodid võimaldavad edastada informatsiooni ühele või mitmele sõlmele võrgus. Informatsiooni võrgustamise baasüksused on kaadrid, andmepaketid ja datagrammid. Kaader koosneb bittide ja baitidega tööväljadest ja seostatakse OSI mudeli füüsilise kihiga, kusjuures andmepakett seostatakse selle mudeli kõrgemate kihtidega.

## Tööväljavõrkudes kasutatud informatsiooni ülekandemeetodid

# Tööväljavõrkudes kasutatavate seadmete klassid

- Tööväljavõrkudes jaotatakse seadmed järgmisteks klassidesse:
- **Ülemseadmed**
- Ülemseadmed määravad andmevahetusmeetodid võrgus ja täidavad juhtimis- või informatsioonijuhtimisfunktsioone. Need on aktiivsed seadmed, mis saadavad võrgus sõnumeid ilma eelnevate päringuteta, juhul kui neil on autoriseeritud ligipääsumarker antud võrku.
- **Alluvseadmed**
- Alluvseadmed on võrgusidega automaatsete juhtimissüsteemide terminalid: töövälja testrid/meetrid, muundurid, täiturid, sisend/väljundmoodulid, mõõtmisseadmed. Need on passiivsed seadmed, millel on piiratud juurdepääs võrku; nad kinnitavad vastu võetud või edastatud sõnumid juhtseadmetelt.

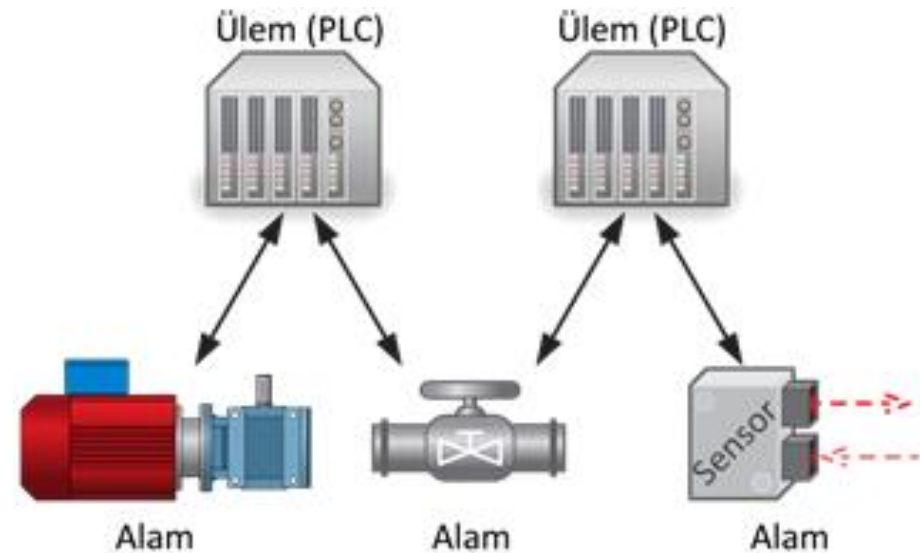
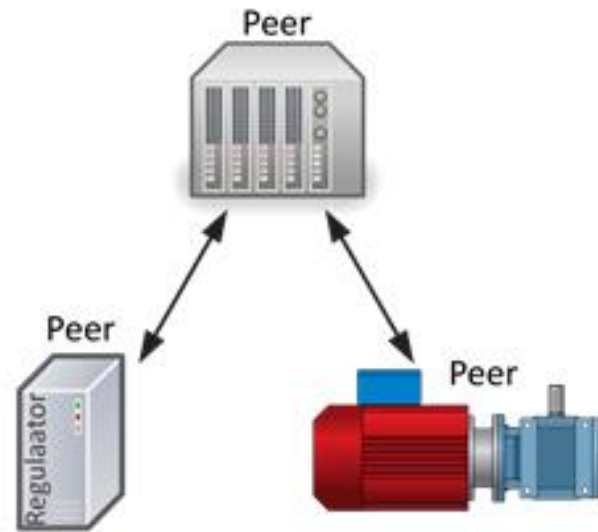


Kommunikatsioonimehhanismid määravad seadmetevahelised loogilised ühendused, kommunikatsiooniprotokolli ja ühendused seadmetes asuvate objektide vahel. Tööväljavõrkudes kasutatakse kõige sagedamini järgmisi kommunikatsioonimehhanisme

# Tööväljavõrkude kommunikatsioonimehhanismid



# Tööväljavõrkude kommunikatsioonimehhanismid



- *Võrdõiguslik (peer-to-peer)*
- *Mitmik-ülemseadmed (multi-master)*

## Tööväljavõrkude kommunikatsiooni- mehhanismid terminid:

- **Pollimine (poll)**
  - Pollimise korral saadab ülemseade päringu igale alluvseadmele eesmärgil vahetada nendega andmeid. Alluvseade annab tingimusteta vastuse. See mehhanism ei ole piisavalt funktsionaalne, kuna teised seadmed ei pääse otse andmetele ligi, kuigi neil on neid vaja.
- **Otsesõnumid Impulss, üldlevi (strobe, broadcast)**
  - Impulsi/üldlevi puhul saadab ülemseade päringu kõigile alluvseadmetele eesmärgil vahetada nendega andmeid. Sellele päringule saadavad vastuse ainult need seadmed, mis on üldlevisõnumis määratud.
- **(explicit messages)**
  - Otsesõnumeid kasutatakse võrdõigusliku kommunikatsioonimehhanismi puhul. Seda tüüpi sõnumeid võivad genereerida kõik seadmed võrgus, kusjuures vastuvõtja peab saatma kinnituse. Otsesõnumite mehhanismi rakendatakse võrguseadmete esmasel identifitseerimisel, konfigureerimisel ja diagnostikal.

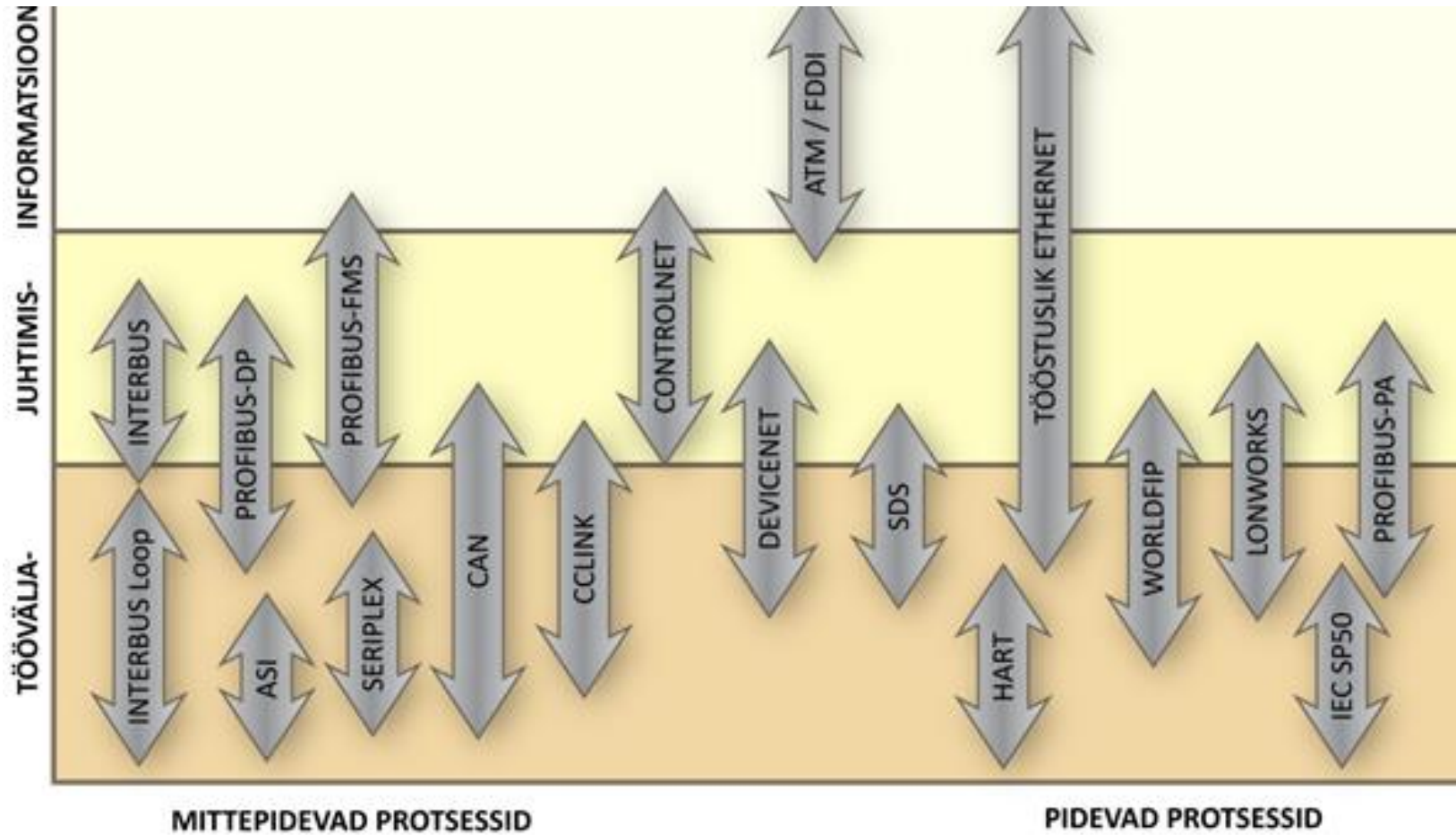
## Tööväljavõrkude kommunikatsiooni- mehhanismid terminid:

- ***Killustatud sõnumid (fragmented messages)***
- Killustatud sõnumite mehhanismi tuleb kasutada juhul, kui tekib vajadus edastada sõnumit, mis on ületab korraga edastatavat andmemahtu. Selle mehhanismi puhul on andmed jagatud fragmentideks, mis hiljem vastuvõtja pool kokku pannakse, moodustades algse sõnumi.
- ***Tsüklilised sõnumid (cyclic messages)***
- Tsüklilisi sõnumeid kasutatakse perioodiliseks andmete edastamiseks alluvseadmetelt ülemseadmetele. See mehhanism vähendab võrguliiklust ja ülemseadmete tööd.
- ***Olekumuutus (change of state, COS)***
- Olekumuutuse mehhanismi puhul on alluvseadmed konfigureeritud nii, et nad saadavad andmeid ülemseadmetele ainult siis, kui nende olek/seisund muutub. Ülejäänud ajal kasutavad ülemseadmed viimast alluvseadmelt saadud andmeid protsessijuhtimise eesmärgil, vähendades sel moel olulisel määral võrguliiklust.
-

## Tööväljavõrkude kommunikatsiooni- mehhanismid terminid:

- ***Tootja-tarbija (producer-consumer)***
- Tootja-tarbija mehhanismi puhul kantakse informatsioon perioodiliselt üle võrgu, kasutades üldlevimeetodit, kusjuures iga seade saab ilma viivituseeta kätte selle osa informatsioonist, mida ta vajab.
- ***Allikas-sihtpunkt (source-destination)***
- See mehhanism on alternatiiv tootja-tarbija mehhanismile. Selle puhul saavad alluvseadmed ainult neid andmepakette, mis sisaldavad nende seadmete aadressi. Kui mitu seadet vajavad sama infot, siis tuleb seda edastada mitu korda.

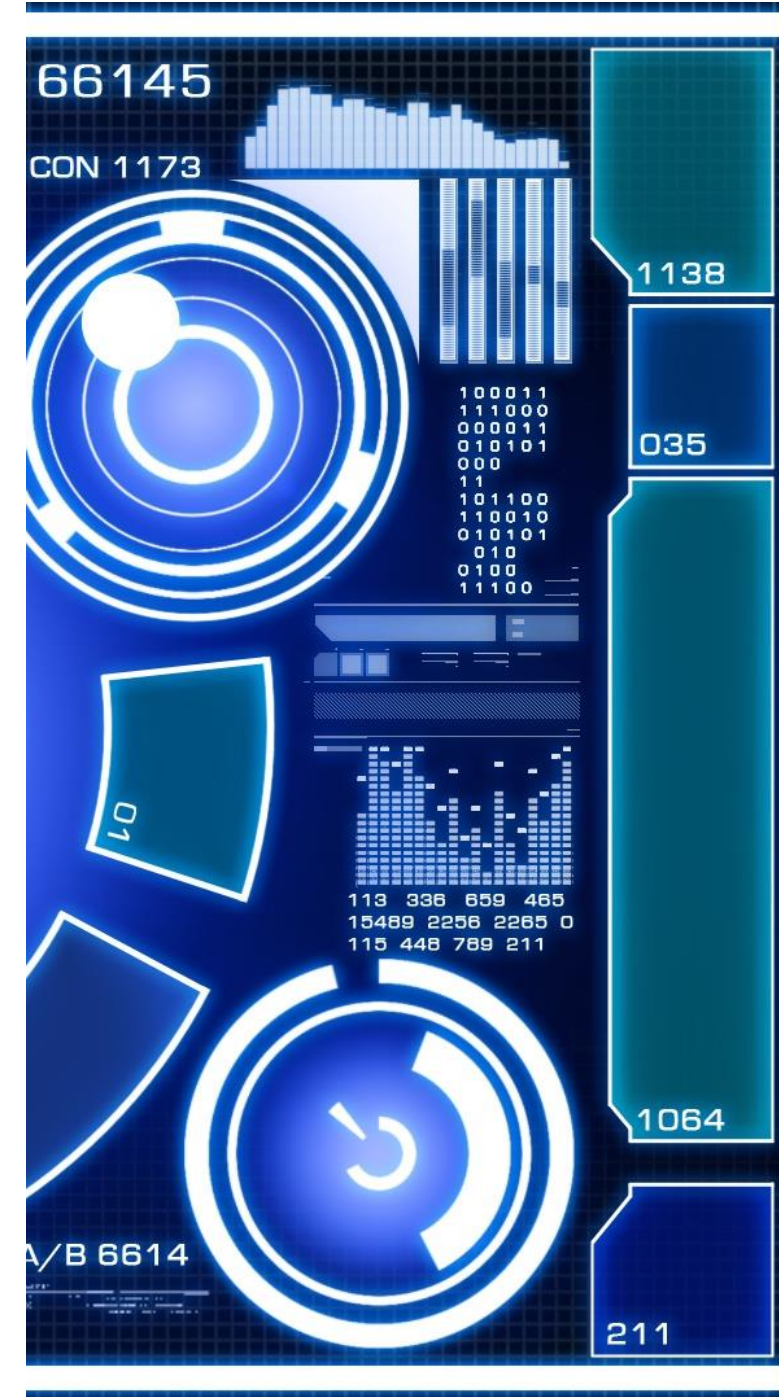
# Tööstuslikud tööväljavõrgud





# Kaasaegsed tööväljavõrgud

- *AS-liides (AS-Interface)* on üks kõige lihtsamatest tööväljavõrkudest. Seda kasutatakse elementaarsete sisend/väljundfunktsioonidega terminalide ühendamiseks.
- *CAN liides (CAN Interface)* – on jadakommunikatsioon tööstuslikes rakendustes, mis põhineb ISO-11898 standardil. Võimaldab turvalist ja kõrge täpsusega andmeedastust;
- *DeviceNet* – majanduslikult efektiivne võrgulahendus, kus kontrollid ja tööstuslikud tööväljaseadmed on otseühenduses ilma tavapärase madalama taseme sisend- ja väljundkaabelduse vajaduseta.



[This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-ND](#)



# Kaasaegsed tööväljavõrgud

[This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](#)

- *Profibus* – avatud standardil baseeruv tööväljavõrk, mis on laialt rakendatav tootmise automatiseerimises. See võimaldab kasutada programmeeritavate hajutatud intelligentsusega kontrollereid jagatud võrgus;
- *Modicon Modbus Plus* – deterministlik tööväljavõrk klient/server kommunikatsiooniga ja kõrge andmevahetuskiirusega controllerite ja terminalide vahel;
- *HART* - kõige laialdasemalt kasutatud automatiseerimisvaldkonna tööväljavõrk, mis hõlmab kõiki tööstusalasid, sealhulgas energiatehnika, naftakeemia jne. See võimaldab edastada samaaegselt digitaal- ja analoogsignaale ning kasutada kõrgendatud turvalisusega võrkusid püsivalt ja ohtlikus keskkonnas;

# Kaasaegsed tööväljavõrgud

- *LonWorks* – võrdõigusliku andmevahetusega tööväljavõrk (standardiseeritud), mida kasutatakse suure hulga terminalidega süsteemides;
- *Interbus* – määratleb ring-topoloogiaga tööväljavõrgud andmete edastamiseks;
- *BACnet* – kasutatakse peamiselt ehitusautomaatikas;



# Kaasaegsed tööväljavõrgud

- *SERCOS* – tööväljavõrk kiireks andmevahetuseks optilisel kandjal; see on loodud multi-koordineeritud elektriagamite juhtimissüsteemide jaoks;
- *Allen-Bradley Data Highway Plus (DH+)* – kasutatakse kiire kommunikatsiooniga Allen-Bradley kontrolleri juures;
- *General Electric Genius I/O, Allen-Bradley Remote I/O* – see on mõeldud eelpool nimetatud tootjate sisend/väljund kaugmoodulite ühendumiseks ülemseadme(te)ga.





# Kaasaegsed tööväljavõrgud

- *FOUNDATION*  
*Tööväljasiin (fieldbus)* – spetsiaalselt arendatud kõrge tundlikkusega rakendustele, mis vajavad kõrget turvalisustaset ja kiiret andmeedastust. Sobib tööstuslikuks kasutamiseks ohtlikus keskkonnas, kuna selle põhiomaduseks on täpne sünkronisatsioon juhtimise ja side vahel;
- *Ethernet/IP* – kõige laialdasemalt kasutatav reaalaajaline side tööstuslikes rakendustes. Ethernet/IP on tööstuslik laiend Ethernet TCP/IP-le, mida iseloomustab kiire andmeside.



VI osa

**PROFIBUS**  
tööväljaprotokoll



**Rahastanud Euroopa Liit**  
NextGenerationEU



**Eesti**  
tuleviku heaks



PROFIBUS tööväljaprotokoll töötati välja Siemensi, Boschi ja Klockner-Moeller poolt, et vastata nii diskreetse tootmise kui ka Euroopa standardite EN50170 ja EN50254 nõudmistele. Profibus võimaldab luua andmesidet erinevate tootjate poolt tehtud seadmete vahel ilma spetsiaalse liidesekohanduseta. Profibusi on võimalik kasutada kõrge kiirusega rakendustes ja komposiitandmevahetuses.

## Tööväljavõrk PROFIBUS

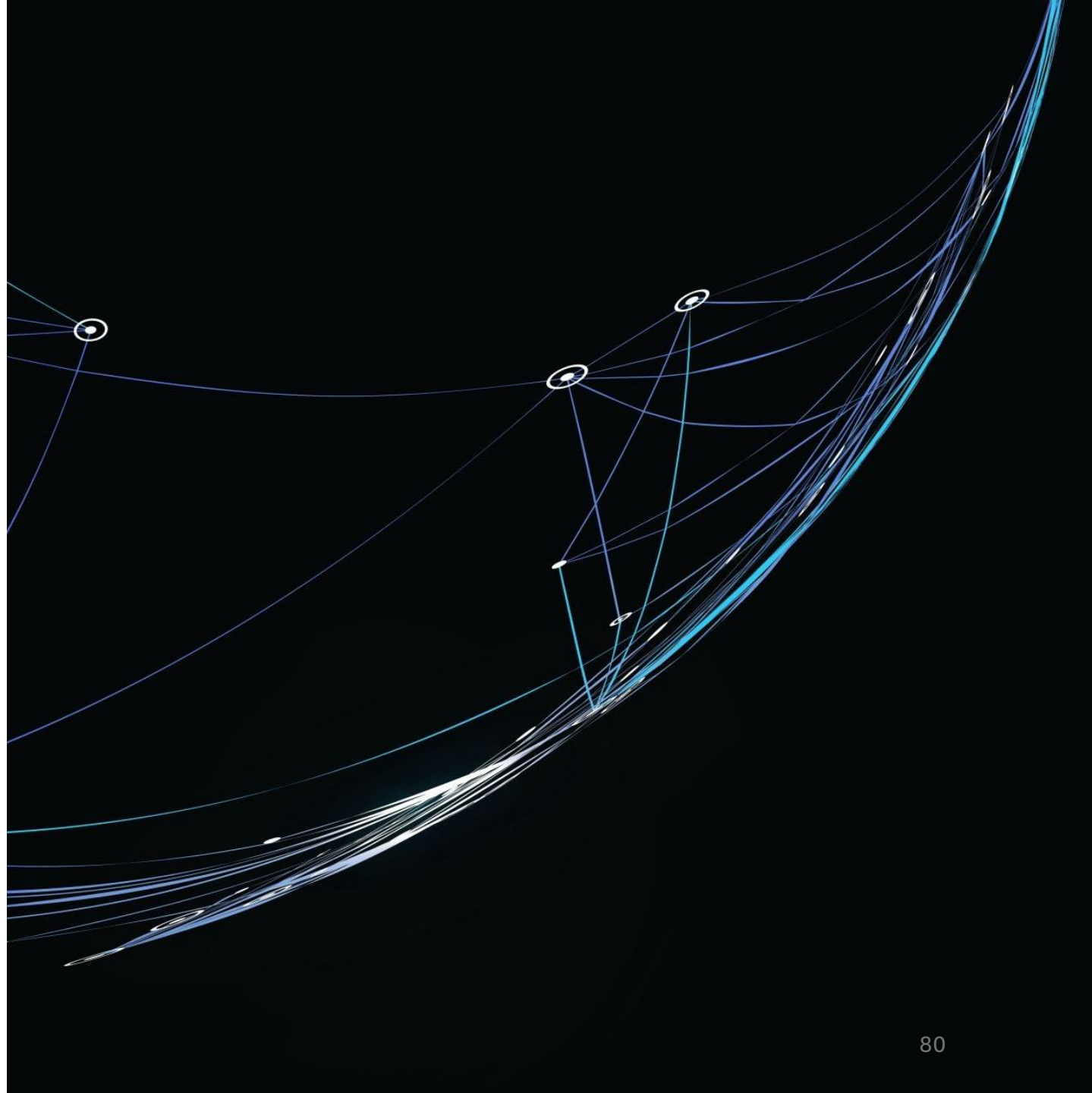


## **PROFIBUS (Process Field Bus) on tööstuslik kommunikatsiooniprotokoll**

PROFIBUS (Process Field Bus) on tööstuslik kommunikatsiooniprotokoll, mida kasutatakse laialdaselt protsesside ja seadmete juhtimisel.

### **Protsessiautomaatika**

- **Tööstusautomaatika**
- **Energiatootmine ja jaotamine**
- **Vee- ja reoveepuhastus**
- **Transport ja logistika**



# PROFIBUS (Process Field Bus)

## Tehnilised eelised

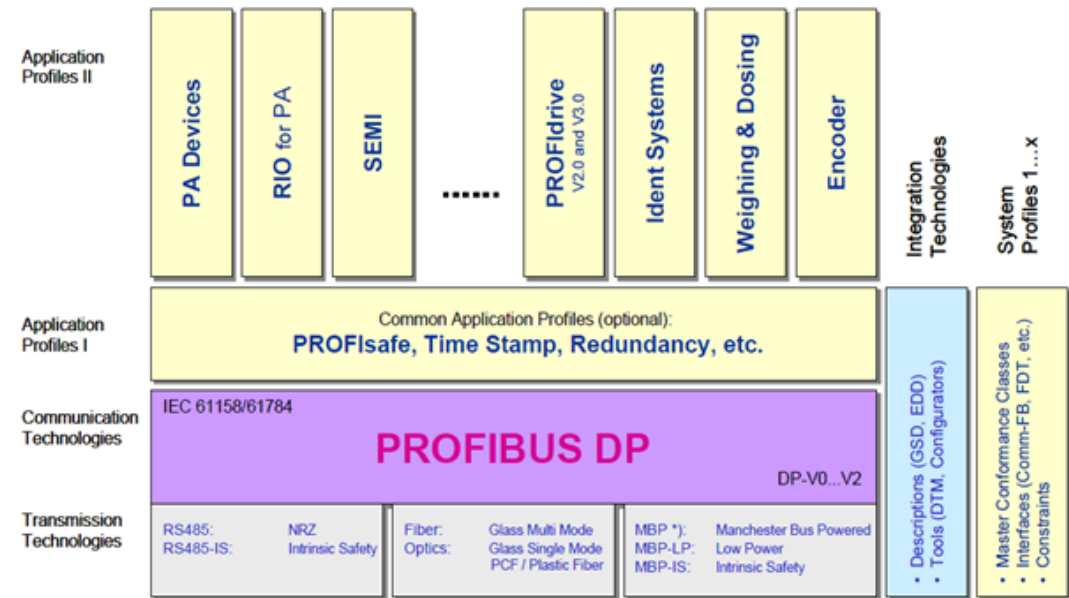
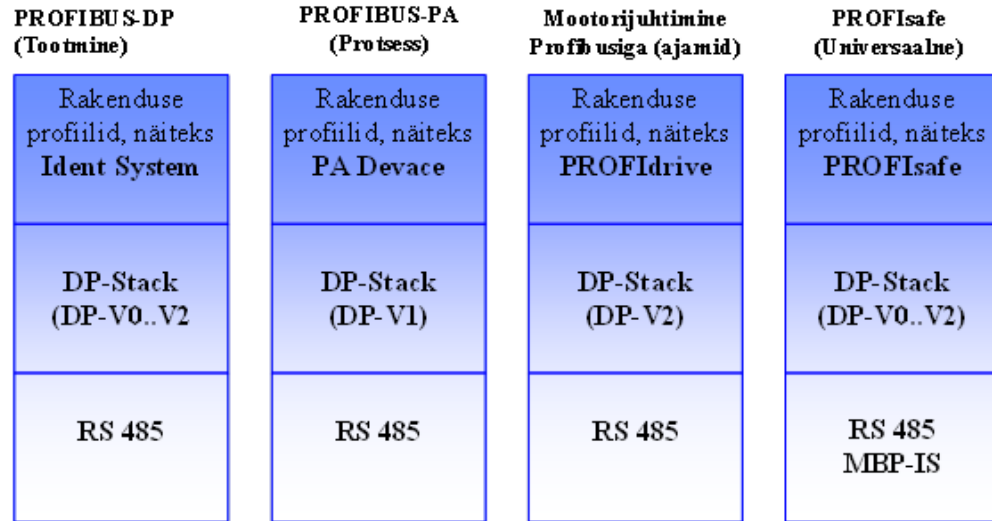
- **Kiirus ja Efektiivsus:** PROFIBUS-võrgud toetavad suure kiirusega andmevahetust, mis on oluline reaalajas protsesside juhtimisel.
- **Töökindlus:** Võrgud on loodud töökindlalt ja stabiilselt töötama ka karmides tööstuskeskkondades.
- **Skaalautuvus:** PROFIBUS võimaldab hõlpsat süsteemi laiendamist ja modifitseerimist, mis teeb selle sobivaks erinevatele tööstuslikele rakendustele.
- **Interoperabiliteet:** Tagab sujuva kommunikatsiooni erinevate tootjate seadmete vahel, mis järgivad PROFIBUS standardeid.

# Tööväljavõrk PROFIBUS

- **Protokolli kirjeldus**

- See on sobiv ka erinevate automatiseerimisülesannete lahendamiseks nii töövälja seadmete tasandil kui ka kõrgematel hierarhiatasanditel olevatel seadmetel. Profibusi eristatakse jada tööväljasüsteemide tehniliste spetsifikatsioonide tõttu, mis võimaldavad ühendada jagatud intelligentsusega digitaalseid programmeeritavaid kontrollereid ühisesse võrku. Võrgutopoloogia tingimustelt on Profibus mitmik-ülemseadmetega süsteem, mis võimaldab mitmete automatiseeritud süsteemide ja nende hajutatud perifeeriatega tegutsemist samal magistraalliinil.
- See kommunikatsioonitehnoloogia hõlmab kolme põhitüüpi protokolle: FMS, DP ja PA (pilt 5.1).
- PROFIBUS-FMS (*Fieldbus Message Specification*, tööväljasiini sõnumi spetsifikatsioon)
- PROFIBUS-DP (Decentral Periphery) (1992) arendati andmevahetuseks programmeeritavate kontrolleri- ja heterogeensete objektidega ühendatud seadmete vahel.
- PROFIBUS-PA (Process Automation) (1997) on kavandatud andmevahetuseks tööväljatasandi süsteemide (kontrollerite, sensorite ja ajurite haldamise süsteemide) vahel konventsionaalses või Eks-tsoonis (kõrgendatud turvatsoonis).
- Profibus PA on tunnustelt sarnane FOUNDATION Fieldbus'iga. Sellest hoolimata on Profibus PA puhul andmevahetuse kiirus umbes 30;Kbit/s, magistraalliin on kas ülem/alluv või võrdõigusliku ligipääsutüübiga ja maksimaalne sõlmede arv on üle 250 ühes võrgus.

# Tööväljavõrk PROFIBUS





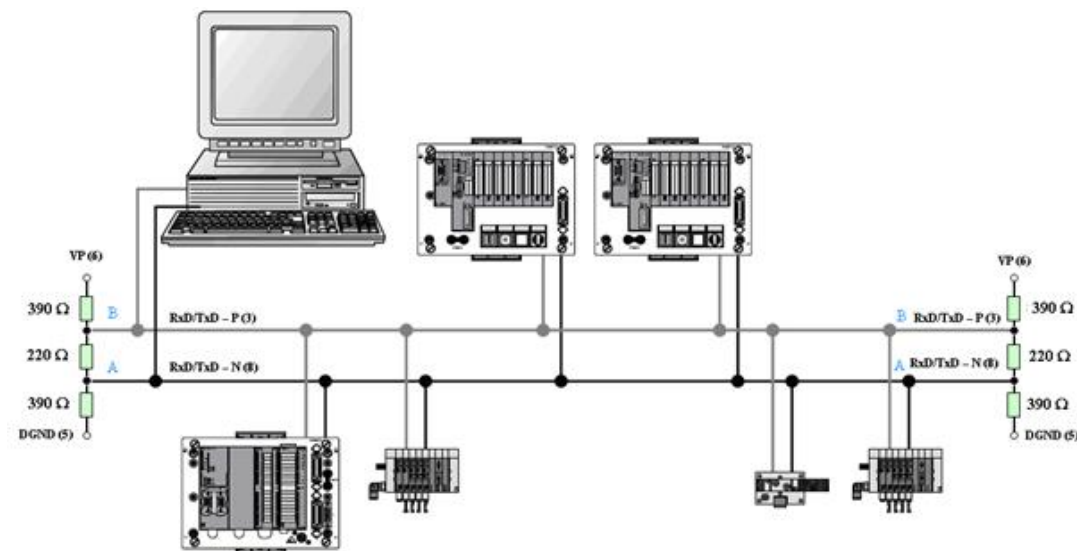
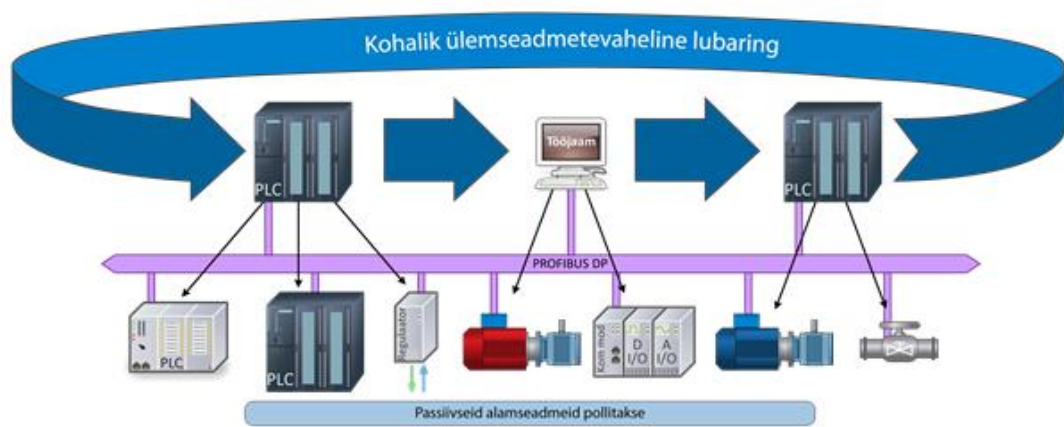
# Tööväljavõrk PROFIBUS

## PROFIBUS-DP funktsioneerimine

- DP-liide tähistab „detsentraliseeritud perifeeriat“ (*decentralized periphery*), mis tähendab et hajutatud sisend/väljundseadmed on ühendatud keskse kontrolleriiga kiire jadaühenduse kaudu.
- See võrk baseerub universaalsetel rahvusvahelistel standarditel ja vastab avatud süsteemi (*Open System Interconnection, OSI*) mudelile, milles igal kommunikatsioonikihil on oma täpselt määratletud ülesanne (pilt 5.3). Selle mudeli esimene kiht defineerib kommunikatsiooni füüsilised tunnused. Teine kiht on andmelülikiht, mis defineerib ligipääsu ülekandemeediumile. Seitsmes kiht on rakenduskiht ja defineerib kasutaja funktsioonid. Profibus võrk kasutab ainult OSI mudeli kihte 1, 2 ja 7. Kihte 3,4,5, ja 6 ei kasutata.



# Tööväljavõrk PROFIBUS

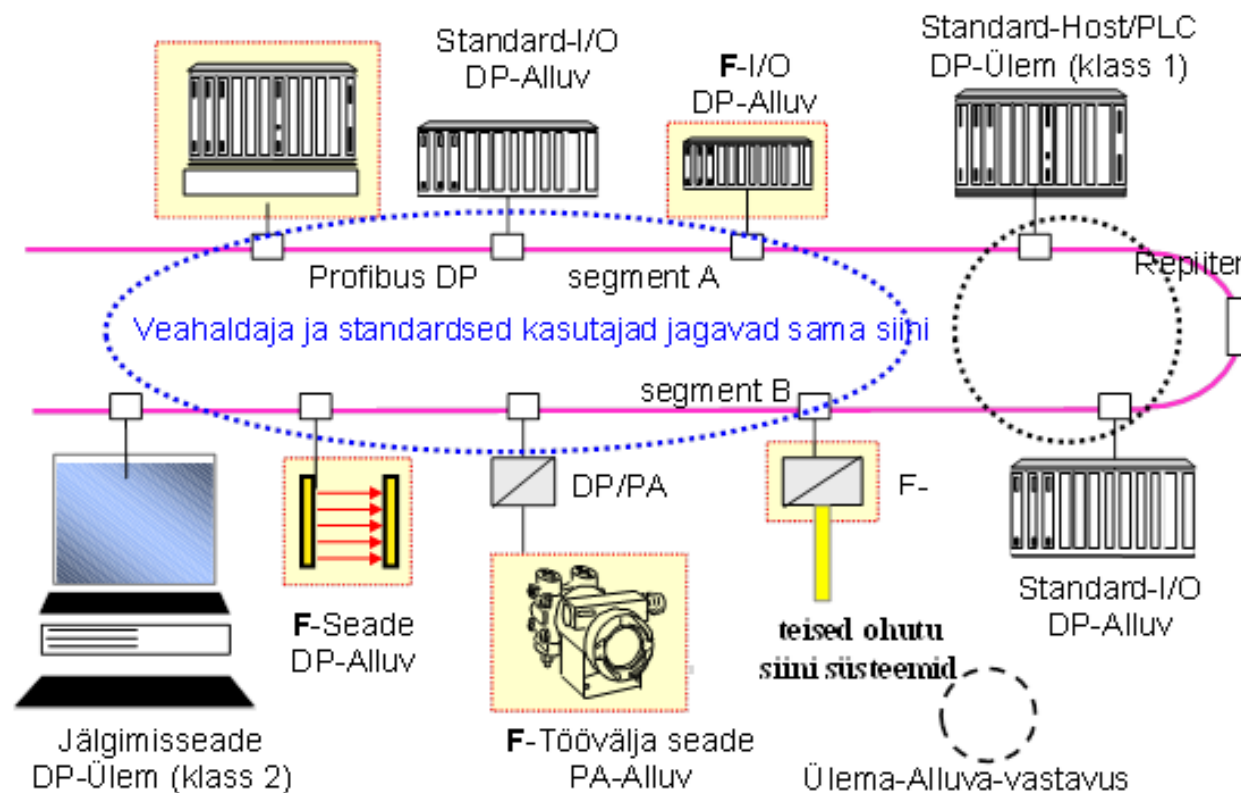




# Ülemseadmete (*master-to-master*) vaheline kommunikatsioon

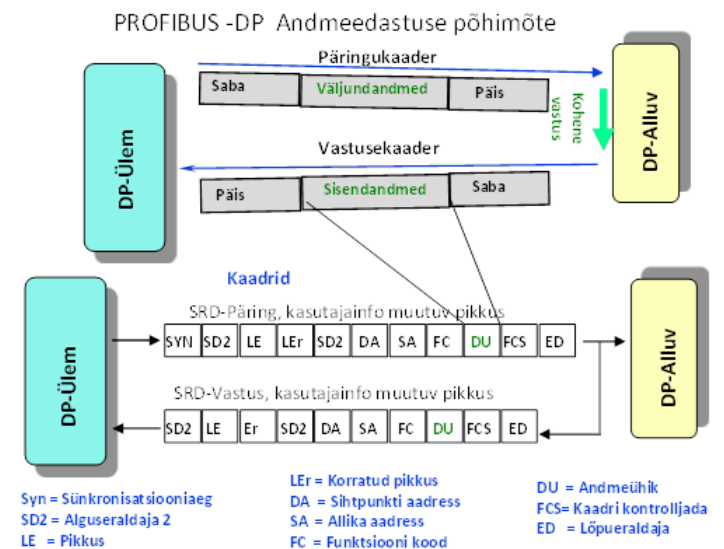
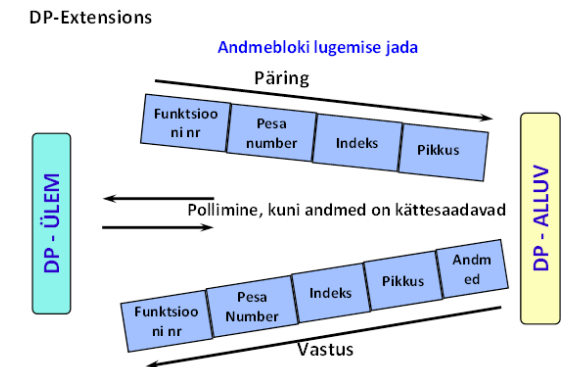


# Ülemseadmete (*master-to-master*) vaheline kommunikatsioon



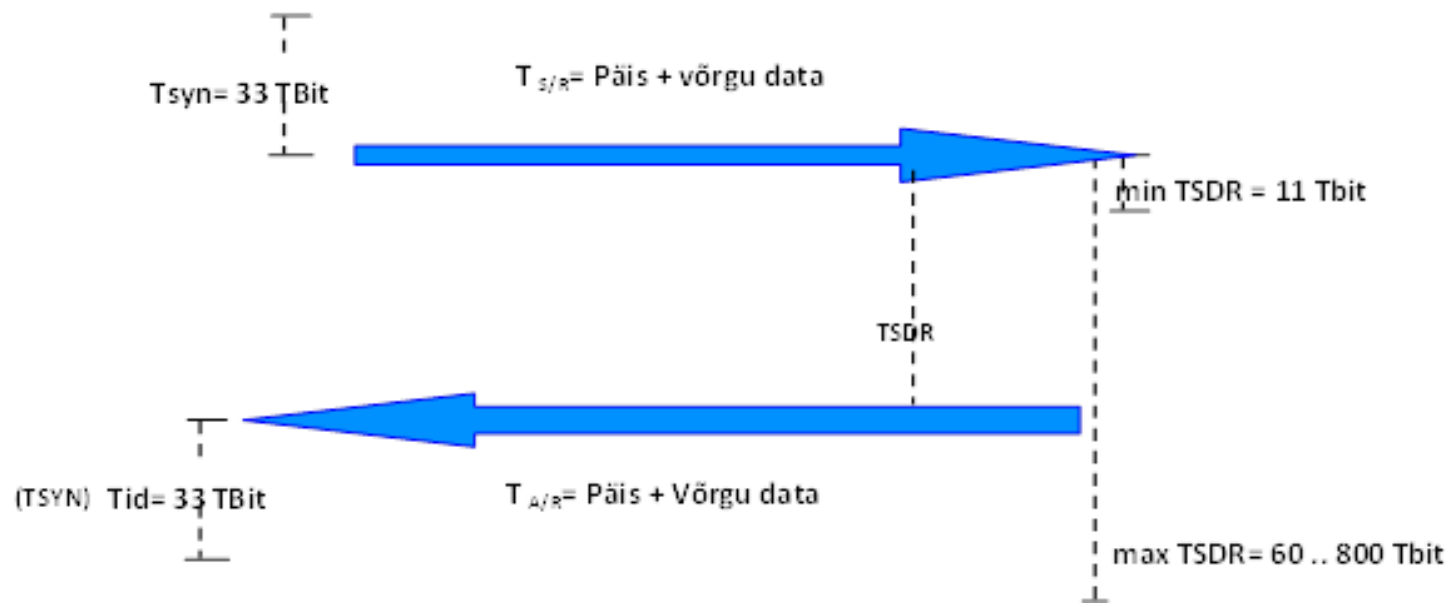
# Kaadri formaat

- Sisend/väljundandmete pikkus, mis kantakse alluvseadmelt ülemseadmele, on ettemääratud alluvseadme andmebaasis või GSD failis. Kõikide võrku ühendatud seadmete GSD failid on salvestatud ülemseadmes tüüp 2. parameetrikirjena, mis sisaldab andmeid konfiguratsiooni, parameetrite aadressi jaotusnimekirja ja kõigi ühendatud jaamade võrguparameetrite kohta. Tööväljavõrgu parameetrikirje laaditakse ülemseadmesse riistvara konfigureerimise faasis.



# Siini ajastamine

## Theoretical Calculation of a Message-/ Bus Cycle on the PROFIBUS - DP (without interferences and repetitions)



Ühe sõnumitsükli ajastamine  $T_{MC} = ((T_{S/R} + T_{SDR} + T_{A/R}) * T_{TD}) + T_{ID}$

Profibus DP puhul on vastavate aegade väärtused järgmised: ja

$$\min T_{SDR} = 11 T_{bit} \quad \max T_{SDR} = 256 T_{bit}$$

VI osa

CANBUS JA  
MODBUS  
protokollid



**Rahastanud Euroopa Liit**  
NextGenerationEU



**Eesti**  
tuleviku heaks



# CAN (Controller Area Network)

- CAN (Controller Area Network) on robustne serial kommunikatsiooniprotokoll, mida kasutatakse laialdaselt tööstusautomaatikas ja transpordisüsteemides.



# CAN (Controller Area Network) kasutusala

## 1. Autotööstus

## 2. Tööstusautomaatika

## 3. Meditsiinitehnoloogia

## 4. Lennundus ja kaitsetööstus

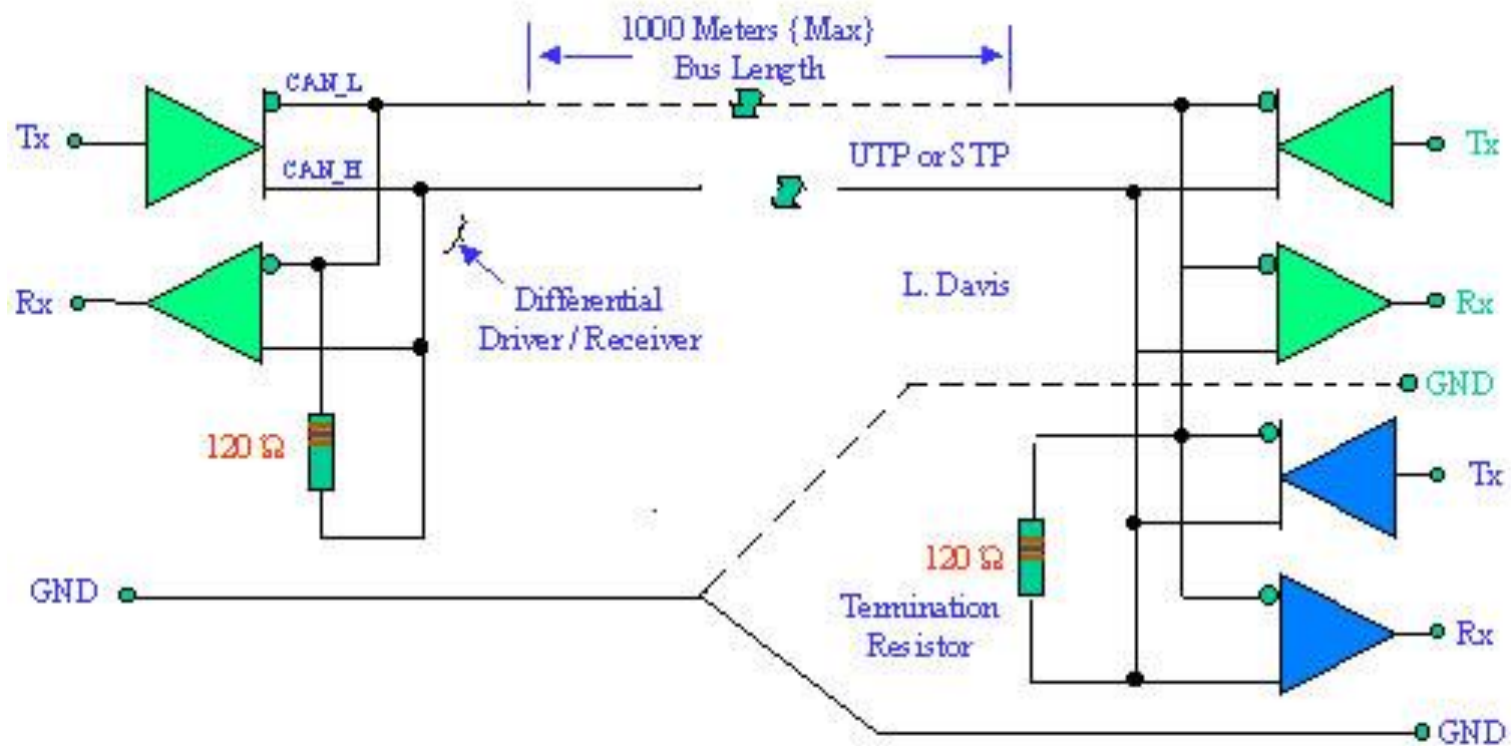
## 5. Raudteetransport ja laevandus

- **Järeldus**

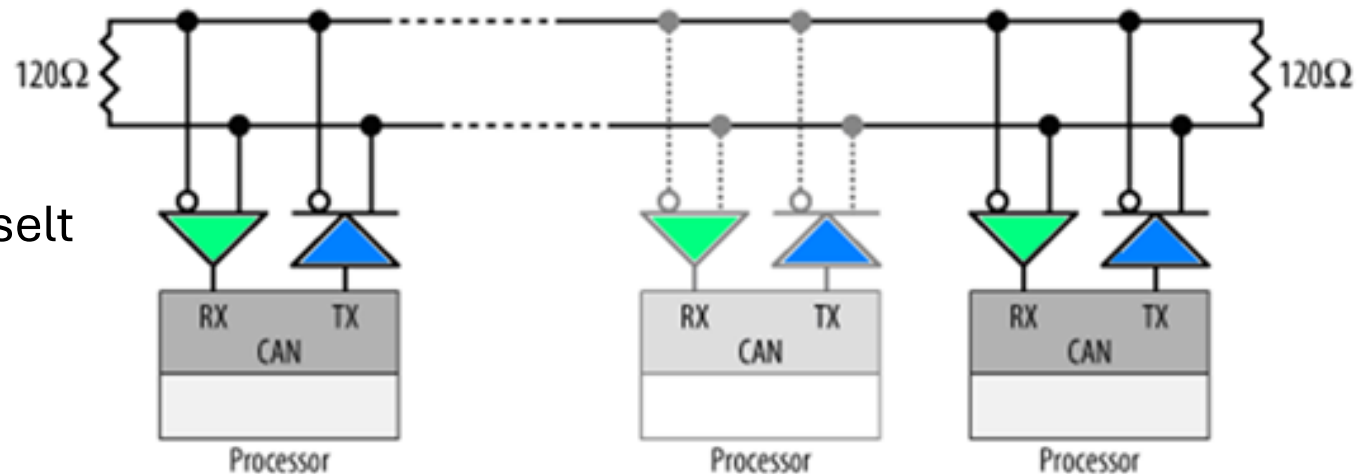
CAN-võrgud on oma paindlikkuse, töökindluse ja suutlikkuse tõttu leidnud laialdast kasutust mitmesugustes tööstusharudes. Alates autotööstusest ja tööstusautomaatikast kuni meditsiinitehnoloogia ja lennunduseni on CAN-võrgud hädavajalikud paljude kriitiliste süsteemide tõhusaks ja turvaliseks toimimiseks



# Tööväljavõrk CANBUS



Mööda CANi siini saadetakse samaaegselt edastatavad andmed kõigile võrguseadmetele laiali



CAN-võrk on paindlik ja võimaldab lisada uusi seadmeid juba toimivasse CAN-võrku ilma, et selles oleks vaja teha uusi riistvaralisi või tarkvaralisi lisamuudatusi.

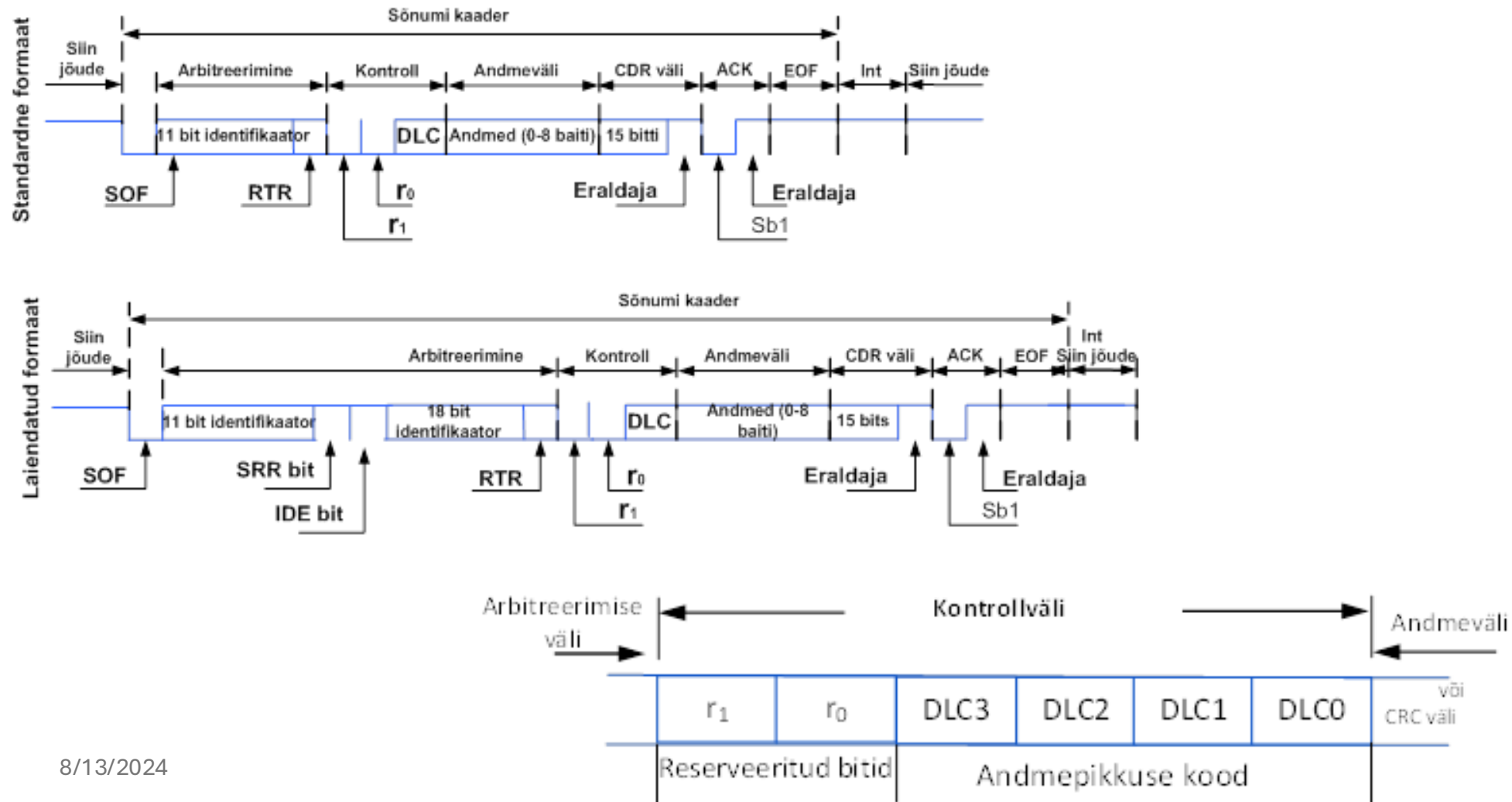
CAN kasutab NRZ (*Non Return to Zero*) meetodit andmete kodeerimiseks. NRZ-kodeerimine tekitab lühikesed sõnumid minimaalse arvu üleminekutega ja ei ole väliste häirete poolt oluliselt mõjutatav.

CAN-võrkudes antakse kõrgem prioriteet nendele parameetritele (informatsioonile), mis muutuvad teistest kiiremini. Näiteks automootori pöörded muutuvad sagedamini kui selle temperatuur.

## CAN-võrkude tööpõhimõte

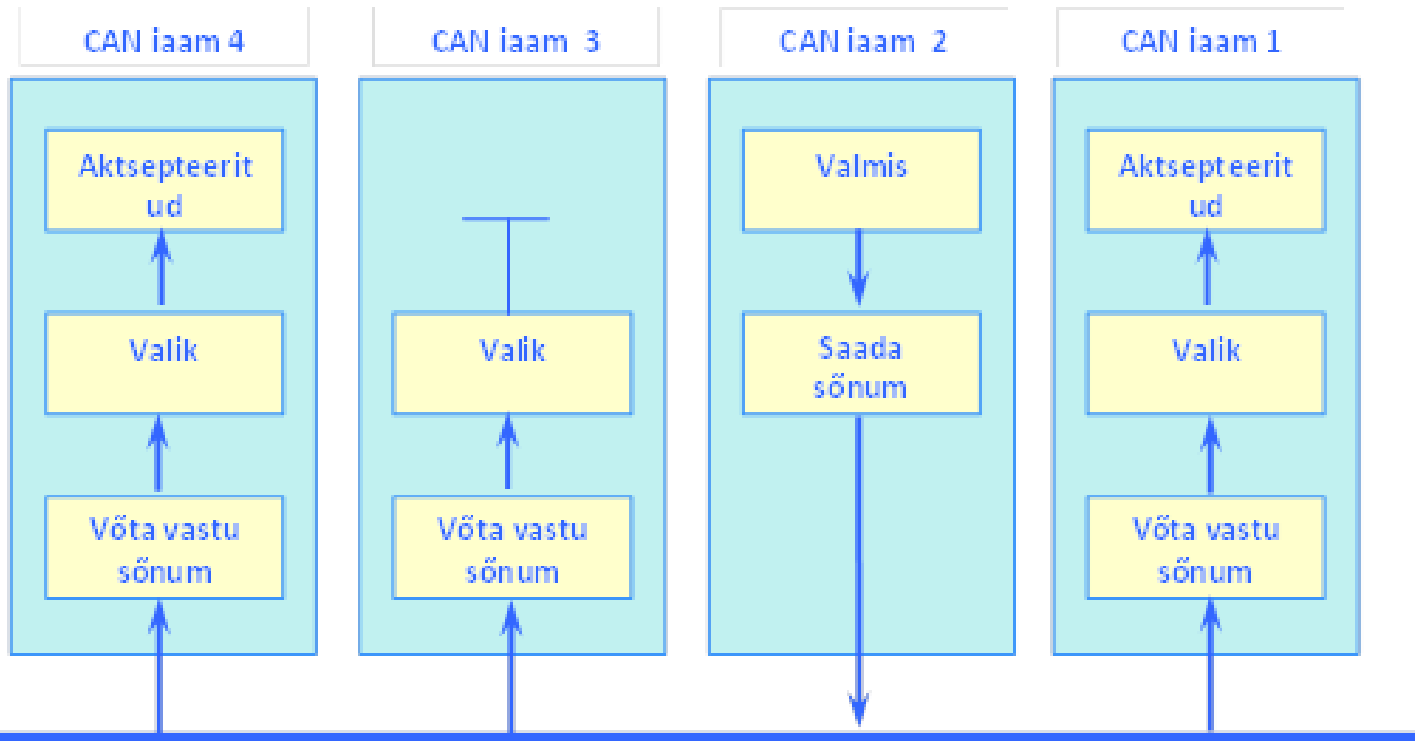


# CAN andmepaketi kirjeldus

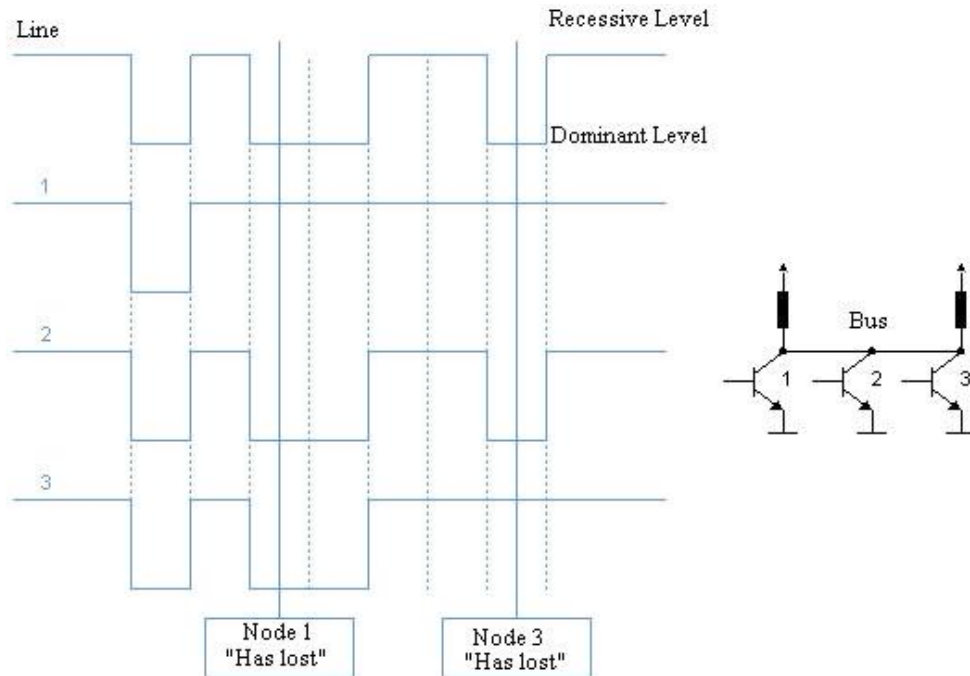




# CAN andmepaketi kirjeldus



# CAN andmepaketi kirjeldus



CAN-protokollis eristatakse neli kaadrit:

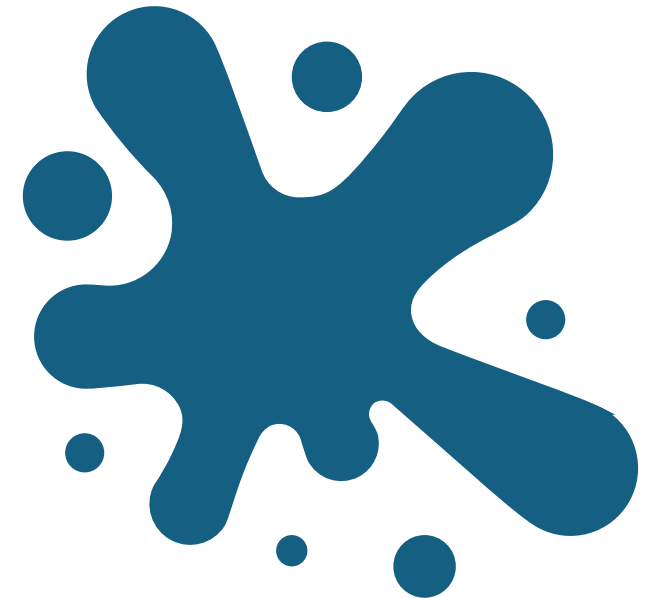
1. Andmekaader – edastab andmeid;
2. Pääringukaader – esitab andmekaadrite edastamise pääringuid antud identifikaatori kohta;
3. Ülelaadimise kaader – kindlustab andmekaadrite või pääringute vahelised vahed;
4. Veekaader – see edastatakse sõlmest (jaamast), kus tuvastati viga.

CANi suureks eeliseks on mitmete veajuhtimise ja vigade vältimise mehhanismide olemasolu:

- Andmeülekanne juhtimine: Andmeülekanne ajal võrreldakse võrgu bititasandit edastatavate bittidega;
- Biti täitmine: Peale viie identse biti jadamisi edastamist järgneb automaatne vastupidise tähendusega biti edastus. Sel moel on kõik andmeväljad ja pääringukaader kodeeritud, ainukeseks erandiks on kontrollsumma (CRC) eraldaja ja EOF-märk.
- Kontrollsumma: Saatja arvutab andmepaketi kontrollsumma ning lisab selle edastatavasse kaadrisse. Vastuvõtja loeb reaajas juhtringi, arvutab vastuvõetud kaadri kontrollsumma ja võrdleb neid;
- Töövälja väärtuse kontrollimine sõnumi edastamise ajal.

# Edastamiskiirus ja võrgu pikkus

- Kiiruse ulatus
- Kõik võrgu sõlmed peaksid tegutsema võrdsel kiirusel. CAN-standard ei määra edastamiskiirust, siiski kasutavad enamus CAN-võrkusid katkematut edastust kiirusega 20;Kbit/s kuni 1;Mbit/s. Loomulikult on olemas ka lahendusi, mis töötavad väljaspool seda vahemikku.
- Kriitiline võrgu pikkus
- Ülalkirjeldatud veajuhtimise meetodid eeldavad üle kogu võrgu hajutamist kuni selle arvutamise hetkeni. See omakorda määrab ära võrgu maksimaalse pikkuse. Mida kõrgem on ülekande kiirus, seda väiksem on võrgu pikkus. Järgnevalt on esitatud sõnumi edastamiskiirus ja sellele vastava võrgu kriitiline pikkus ISO 11898 standardi järgi:
  - 1 Mbit/s – 40 m;
  - 500 Kbit/s – 100 m;
  - 125 Kbit/s – 500 m;
  - 10 Kbit/s – 5000 m;



# CAN i eelised ja puudused

## **CANI EELISED**

- Võimalus tegutseda fikseeritud reaalajalises režiimis;
- Lihtne rakendada ja minimaalsed operatiivkulud;
- Kõrge häirekindlus;
- Võrgu ligipääsu arbitreerimine ilma mahukadudeta;
- Usaldatav veajuhtimine sõnumi ülekandmise ja vastuvõtmise ajal;
- Lai sõnumi edastamiskiiruse ulatus;
- Suur seadmetevaliku.

## **CANI PUUDUSED**

- Võrgu kriitiline pikkus on pöördvõrdelises seoses edastamiskiirusega;
- Suur teenusega (CANi protokolliga) seotud andmete hulk edastatavas sõnumis (võrreldes kasulike andmetega);
- Kõrgema tasandi CANi protokollide konventsionaalse standardi puudumine.

# MODBUS võrkude kasutusala

## 1. Tööstusautomaatika

- **PLC ja HMI ühendamine:** MODBUS-i kasutatakse laialdaselt programmeeritavate loogikakontrollerite (PLC) ja inim-masin liideste (HMI) ühendamiseks. See võimaldab PLC-del ja HMI-del suhelda ja vahetada andmeid, mis on oluline protsesside juhtimisel ning jälgimisel.

## 2. Energiasektor

- **Energiaseire ja -haldus:** MODBUS-i kasutatakse elektriarvestite, energiaseire seadmete ja muude energiaseadmete ühendamiseks keskse juhtimissüsteemiga. See võimaldab koguda ja analüüsida energiatarbimise andmeid, mis aitab optimeerida energiakasutust.

## 3. Transport ja logistika

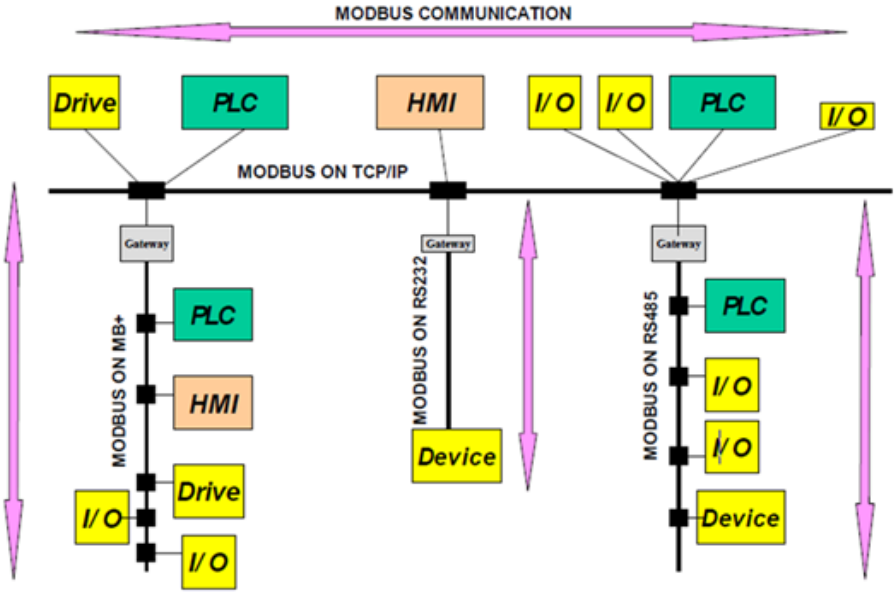
- **Liikumise juhtimine:** MODBUS-i kasutatakse transpordisüsteemides, nagu konveierid ja kraanad, tagades tõhusa ja koordineeritud liikumise.

## 4. Hooneautomaatika

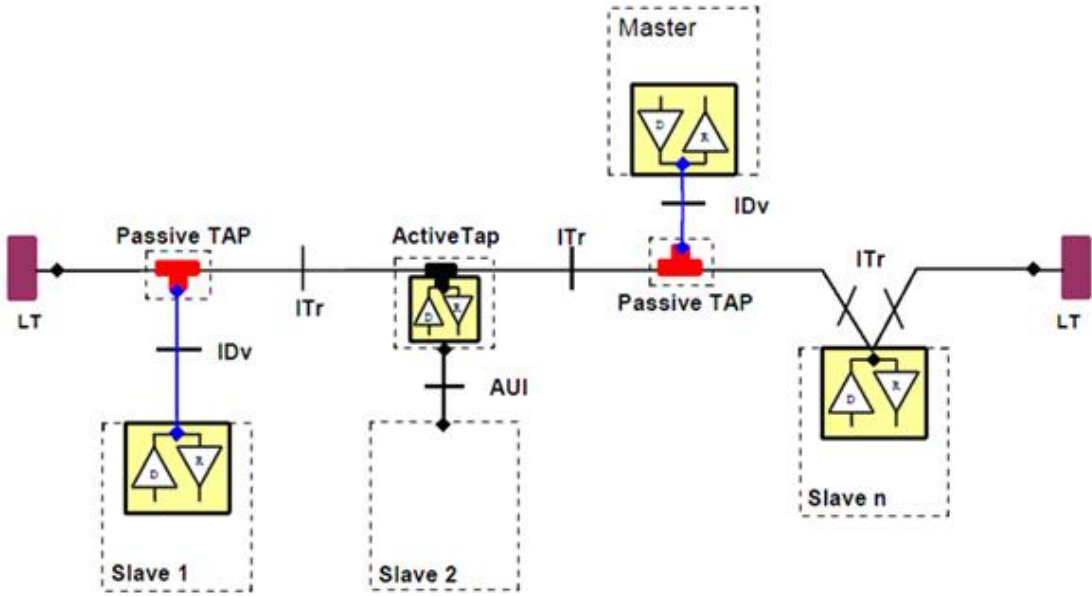
- **Küte, ventilatsioon ja kliimaseade (HVAC):** MODBUS-i kasutatakse laialdaselt HVAC-süsteemide juhtimiseks ja jälgimiseks, tagades energiatõhusa ja mugava sisekliima.



# Tööväljavõrk MODBUS

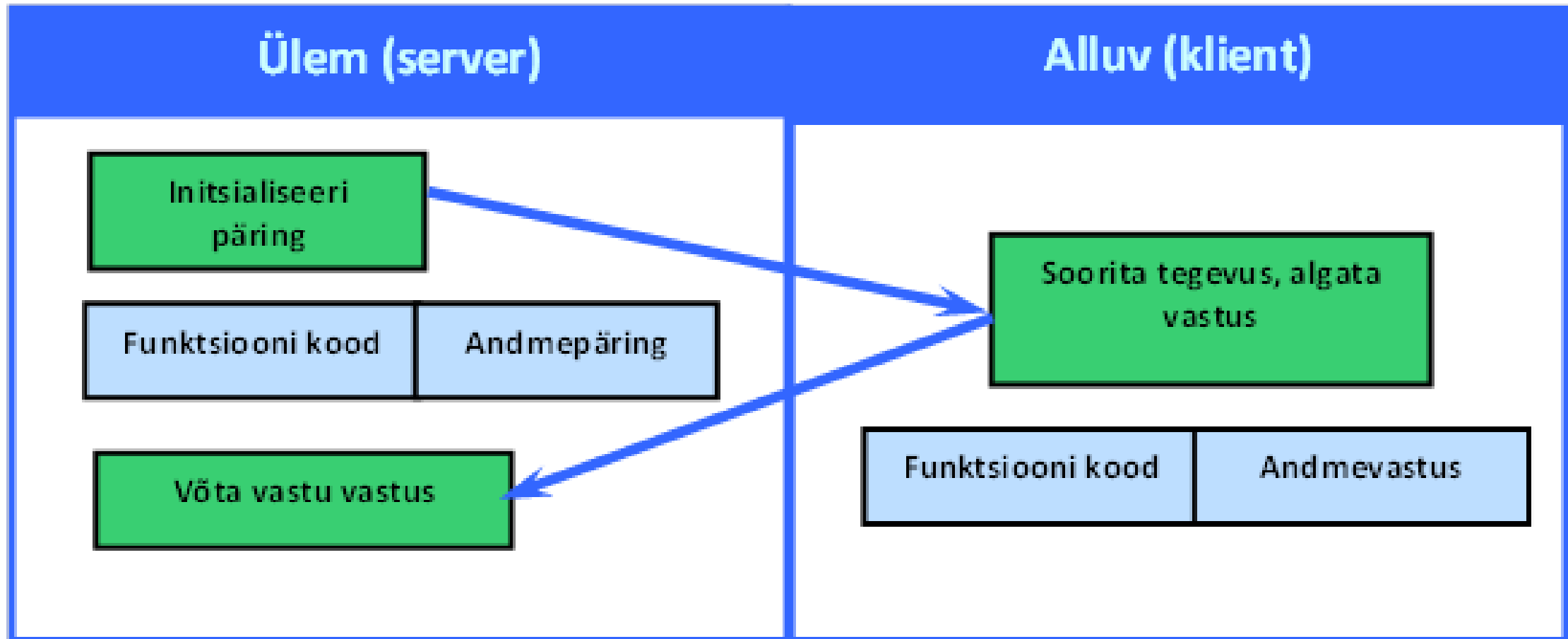


Ethernet võrk TCP/IP



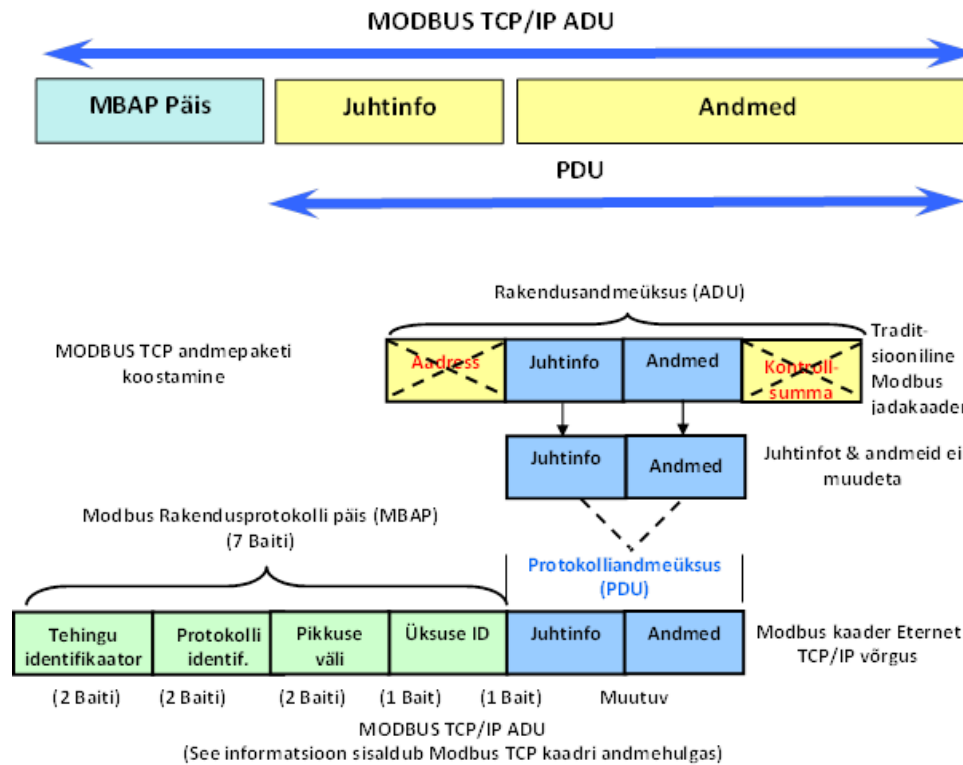
RS-485, RS-422, RS-232

# Tööväljavõrk MODBUS



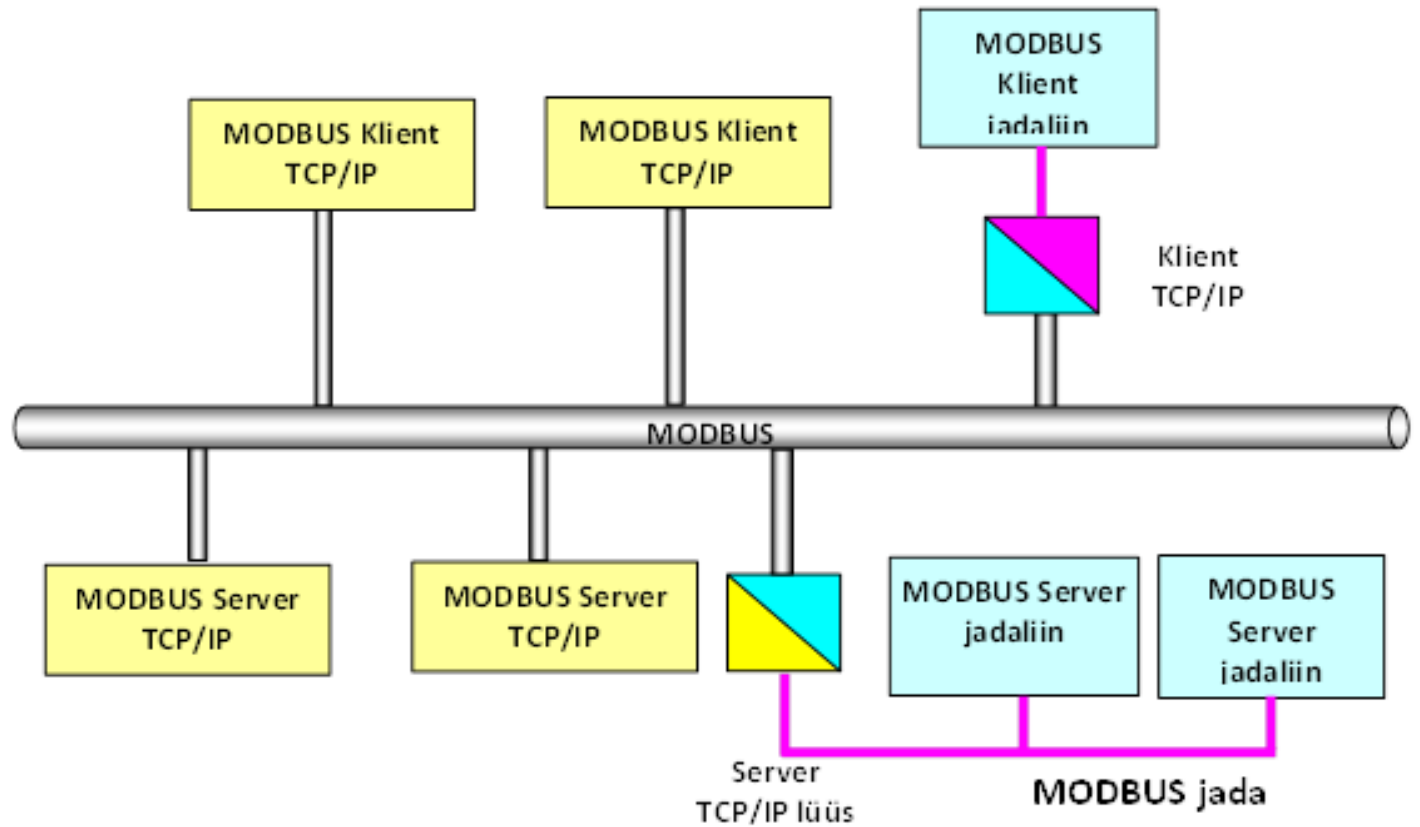
# MODBUS kaader

Modbus TCP informatsiooni kaadri struktuur on järgmine:



Modbus TCP informatsiooni kaader

# Modbus TCP kaader



# Juhtinfo kategoriad ja standardi- seeritud käsud

MODBUS juhtinfo kategoriad

127	<b>PUBLIC</b> juhtfunktsioonid
110	Kasutaja defin. juhtfunktsioonid
100	<b>PUBLIC</b> juhtfunktsioonid
72	Kasutaja defin. juhtfunktsioonid
65	<b>PUBLIC</b> juhtfunktsioonid

Standardiseeritud käsud



# Veakontroll modbus rtu protokollis

- Andmevahetusel Tööväljavõrgus Modbus RTUs võib tekkida kahte tüüpi vigu:
- Vead, mis on seotud informatsiooni moonutamise ja andmete ülekandmisel;
- Loogikavead.
- Esimest tüüpi vead tuvastatakse kaadri sümboli, paarsuskontrolli ja tsükkelkoodkontrolli summa CRC-16-IBM (kasutatakse numbrilist polünoomi = 0xA001 ) abil.



## VII osa

# Juhtimi- stasandi tööstuslikud võrgud

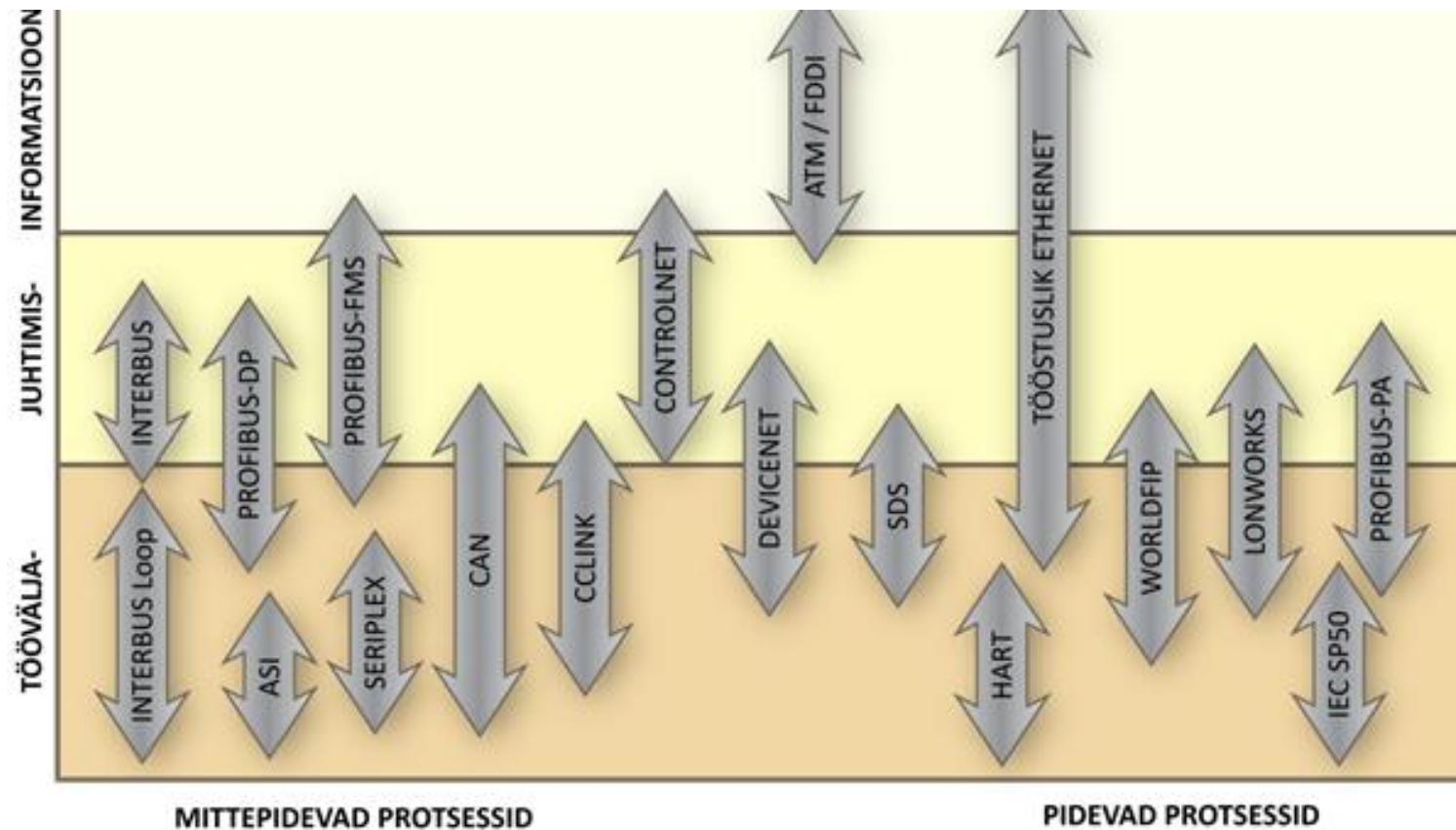


**Rahastanud Euroopa Liit**  
NextGenerationEU



**Eesti**  
tuleviku heaks

# Juhtimistasandi tööstuslikud võrgud



# Juhtimistasandi tööstuslikud võrgud

- Juhtimistasandi võrgud hõlmavad järgmisi spetsiifilisi omadusi:
- Võrguside determinism;
- Kõrge kiirusega andmeedastuse võime (5-12 Mb/s);
- Paindlik sisend/väljundandmete juhtimine;
- Lihtsustatud programmeerimine ja automaatne võrgu konfigureerimine;
- Erinevate tootjate poolt toodetud sisend/väljundseadmete ja programmeeritavate kontrollerite kasutamine.

# ControlNet

## Põhilised kasutusvaldkonnad tänapäeval:

- **Automaatjuhtimissüsteemid:** ControlNet-i kasutatakse laialdaselt tootmisliinide ja masinate juhtimisel, kus deterministlik ajastus ja usaldusväärne andmeedastus on kriitilise tähtsusega.
- **Energeetika:** Elektrijaamades ja jaotusvõrkudes tagab ControlNet usaldusväärse andmeedastuse ja võimaldab reaajas juhtimist ja monitooringut.
- **Nafta ja gaas:** Kasutatakse puurtornide, rafineerimistehaste ja muude energiatootmisüksuste juhtimisel, kus on vaja kõrge töökindlusega võrke.
- **Toidu ja joogi tootmine:** ControlNeti kasutatakse tootmisliinide ja protsesside automaatikas, et tagada toidu ja joogitootmise järjepidevus ja kvaliteet.



# Eelised ja Piirangud

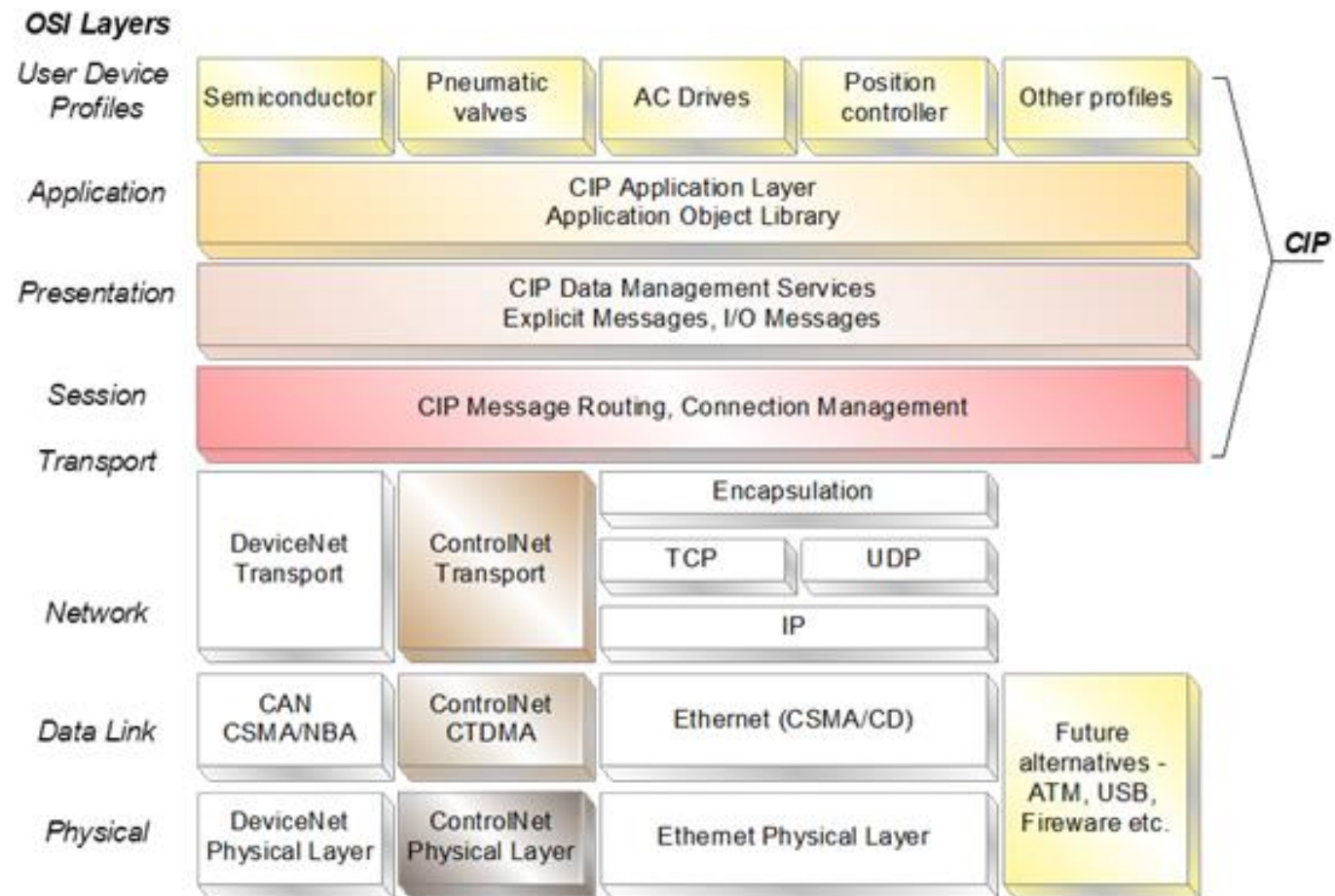
## Eelised:

- **Determinism ja ajastus:** Tagab kindla ajastusega andmeedastuse, mis on oluline reaalsajas juhtimissüsteemides.
- **Usaldusväarsus:** Tugevad veaparandusmehhanismid ja deterministlik andmeedastus tagavad töökindluse ka keerulistes tööstuskeskkondades.
- **Skaleeritavus:** Võimaldab kuni 99 sõlme ühe segmendi kohta, mis teeb selle hästi skaleeritavaks suuremates süsteemides.

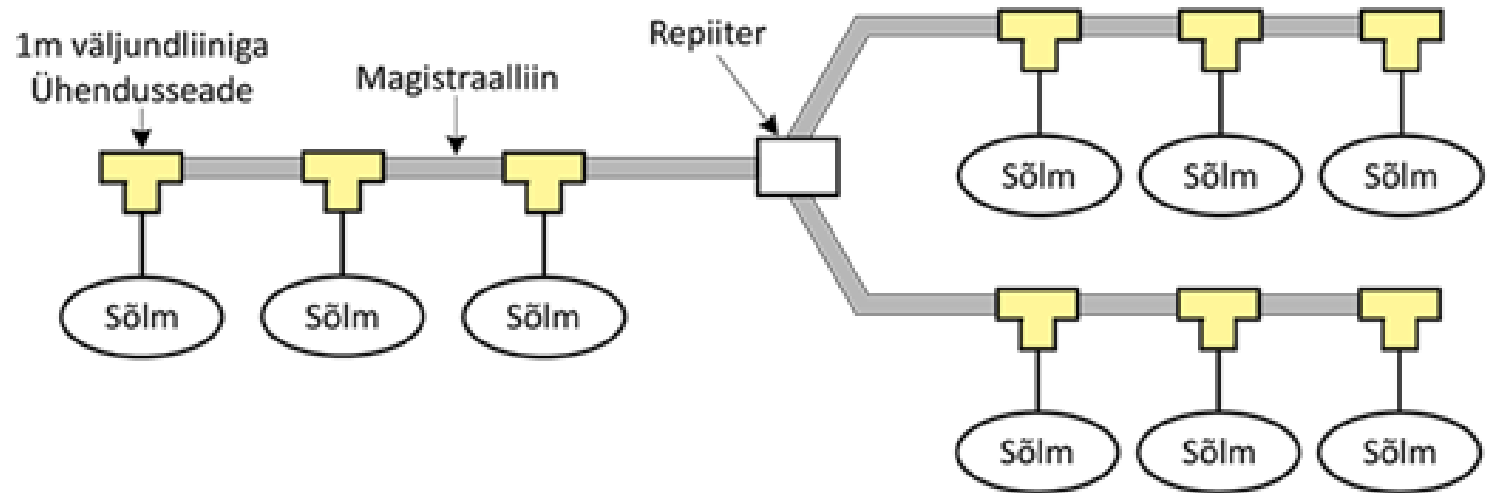
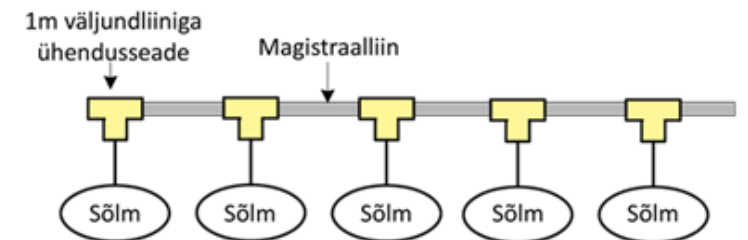
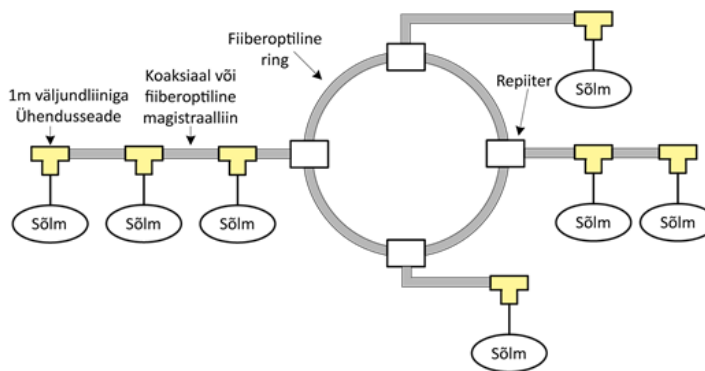
## Piirangud:

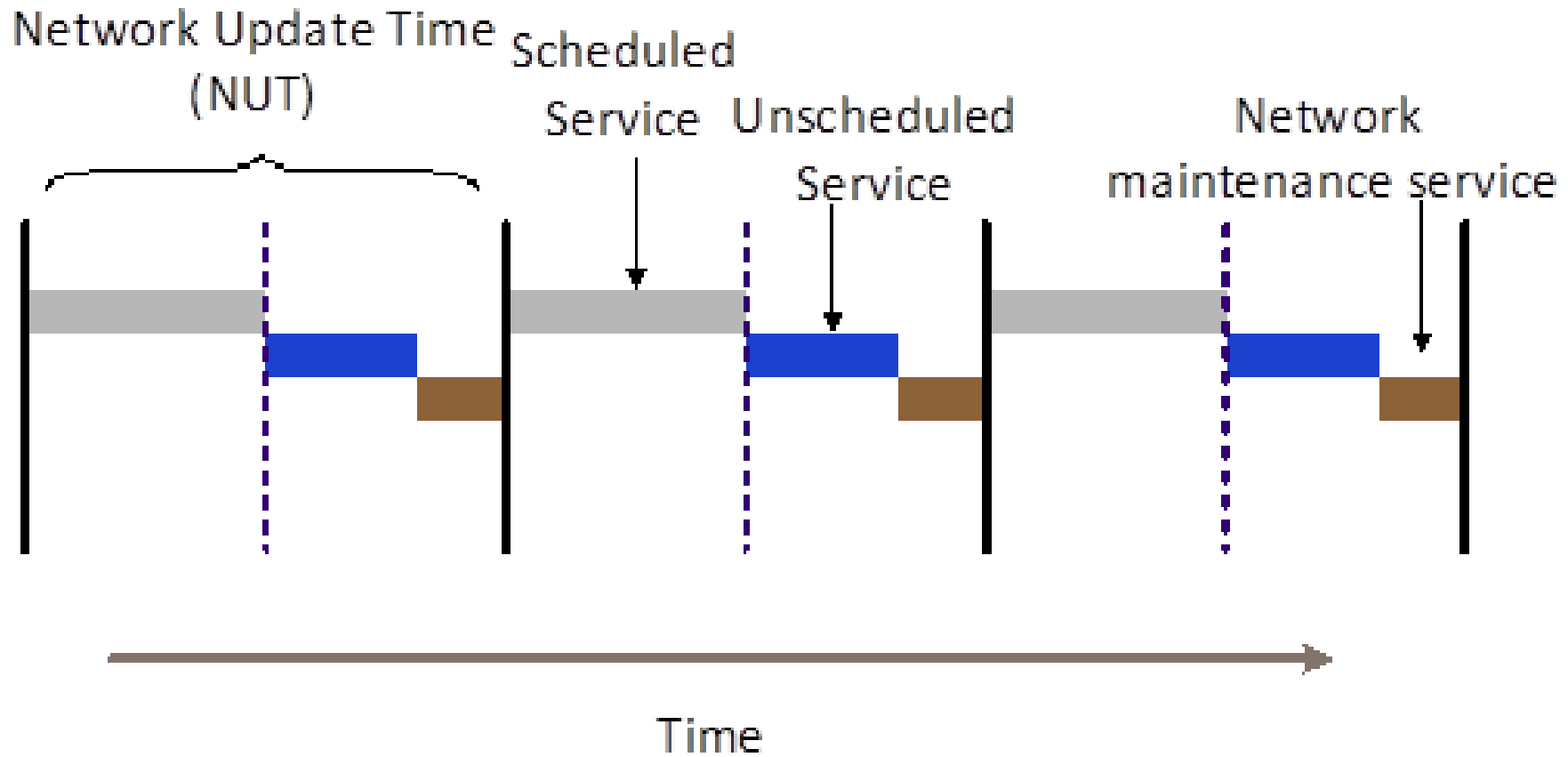
- **Kiirus:** Kuigi 5 Mbit/s oli piisav kiirus 1990 ndatel, ei pruugi see tänapäeva suurte andmehulkade ja kiirusnõuetega võrreldes olla piisav.
- **Kompleksus:** Võrreldes uuemate Ethernet-põhiste lahendustega, võib ControlNet olla keerulisem paigaldada ja hooldada.

# ControlNet võrgu spetsifikatsioon



# ControlNet võrkude topoloogia





# ControlNet võrkude seadmete klassid

- **Konkreetsete sõnumite serverid** - seadmed, mis vastavad ainult konkreetsetele sõnumitele;
- **Sisend/väljundsõnumite serverid** - nimetatakse ka adapteriteks. Kui sellised seadmed on loonud sisend/väljundühenduse, on nad võimelised saatma hulga erineva iseloomuga sõnumeid;
- **Adapterid konkreetse sõnumi klientidega** tuntakse ka kui skännijaid. Need seadmed täidavad sisend/väljund klient/serveri ja konkreetse sõnumi klient/serveri funktsioone.



# CIP rakendus ControlNet'is

- ***ControlNet Object*** – sisaldab ühenduse sideparameetreid;
- ***ControlNet Keeper Object*** - sisaldab võrgu struktuuri ja konfiguratsiooni informatsiooni;
- ***ControlNet Scheduling Object*** - sisaldab ajakriitiliste sõnumite informatsiooni.

<https://www.youtube.com/watch?v=aE6-L20EaYU>

## VIII osa

# Informatsiooni tasandil tööstuslikud võrgud

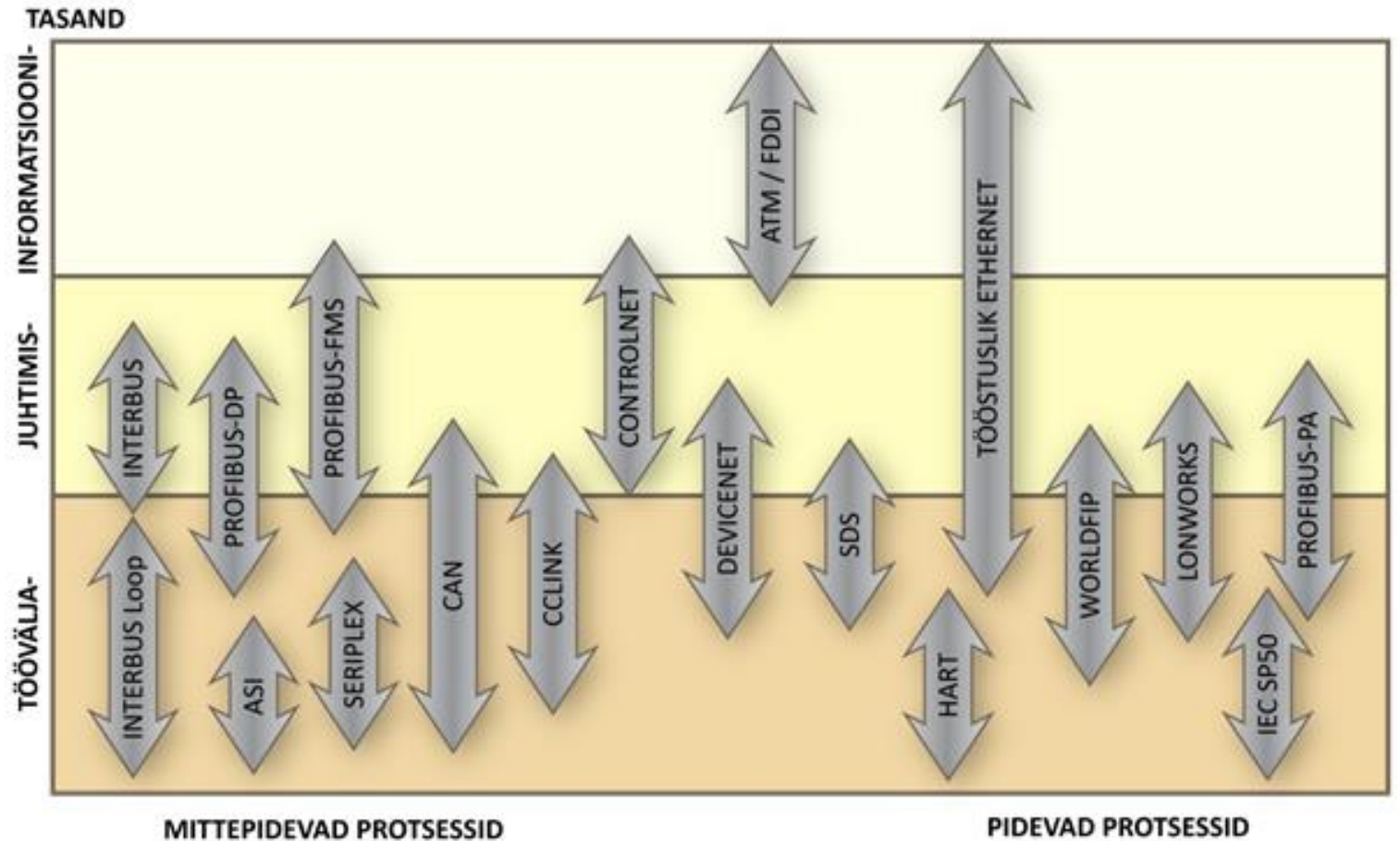


**Rahastanud Euroopa Liit**  
NextGenerationEU



**Eesti**  
tuleviku heaks

# Informatsiooni- tasandi võrgud



# Informatsioonitasandi võrgud

## **Iseloomulikud probleemid on enamjaolt seotud:**

- Edastatava informatsiooni kiiruse ja hulga optimeerimisega;
- Ülekantavate andmete turvalisusega;
- Andmekaitse autoriseerimata ligipääsu eest;
- Ühtse lähenemise puudumine tööstusliku automatiseerimise rakenduskihi defineerimisel.
- Terve hulga võrkude lahendusi on kokkusobimatud, kuna need erinevad sidesüsteemi arhitektuuri, rakenduskihi protokollide, objekt-orienteeritud modelleerimise ja süsteemide konfiguratsioonimudelite poolest.

# Informatsioonitasandi võrkude üldised omadused ja nõuded

## **Mõned populaarsed spetsifikatsioonid (võrgud) on:**

- Ethernet / IP (Open DeviceNet Vendor Association);
- Foundation Fieldbus High-Speed Ethernet (Foundation Fieldbus);
- Interbus on Ethernet (Interbus Club);
- Open Modbus (Modconnect);
- Profinet 1.0 / 2.0 (Profibus User Organization);
- IDA (IDA Group).



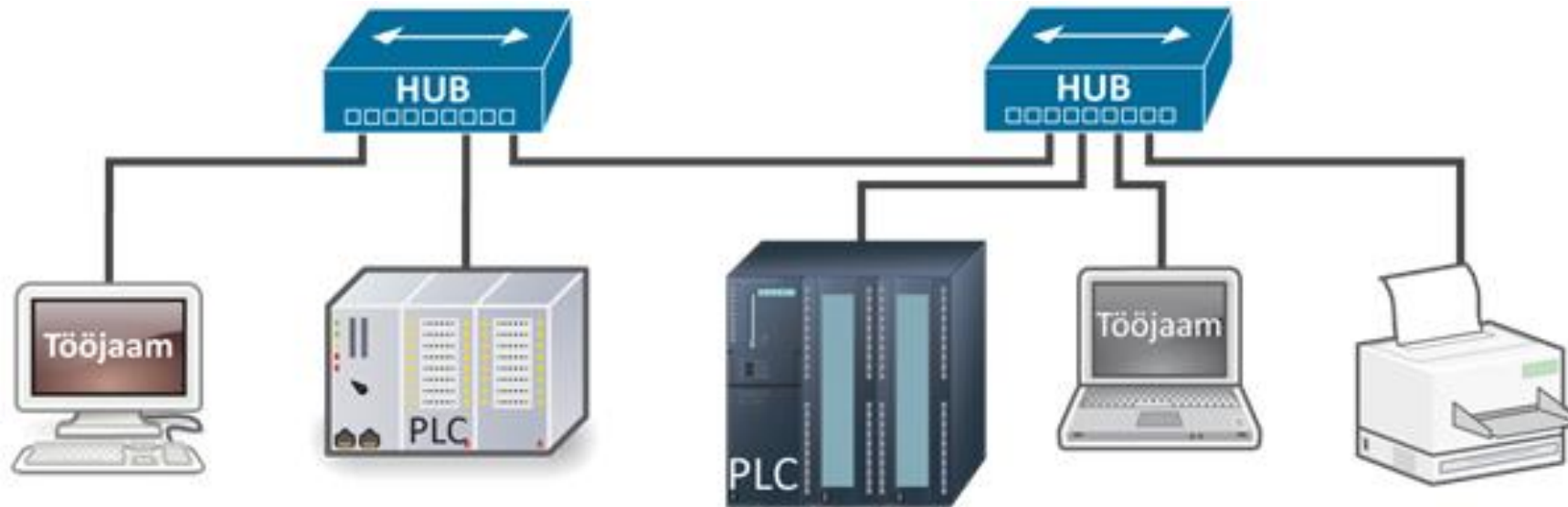
# Informatsioonitasandi võrkude reaalaajaline toimimine

**Mõned kõige olulisemad põhjused, miks Ethernet ei ole võimeline tagama ajaintervalli, mille jooksul süsteem peaks vastama välisele sündmusele, on:**

- Suuri andmekirjeid vahetavad seadmed blokeerivad teiste sõlmede (seadmete) ligipääsu võrgule määramatuks ajaks;
- Kahe või enama seadme samaaegsel andmeedastusel tekivad kokkupõrked, mis tõkestavad liikluse kõigisse seadmetesse. Mida suurem arv seadmeid võrgus, seda suurem on tõenäosus kokkupõrgeteks;
- Puudub võimalus eristada kõrge ja madala prioriteediga liiklust;
- Puudub garantii minimaalse viitega ühenduskanali loomiseks reaalaajalise andmevahetuse eesmärgi jaoks;
- Sagedusriba on jagatud kontrollimatult, mistõttu tekib vajadus kasutada arbitreerimist.

# Informatsioonitasandi võrkudes kasutatavad seadmed

- Suured juhtarvutid, mis võimaldavad juhtida suuri andmehulki ja keerulisi arvutusülesandeid. Need on võimelised haldama sadu ja tuhandeid kasutajaid;
- Operaatortööjaamad ja kasutajaliidesed;
- Sisend/väljundmoodulid ja adapterid;
- Programmeeritavate kontrolleri protsessorid, robotid ja süsteemid.



- Üldise iseloomuga andmete vahetamine;
- Kasutatakse suurte kirjete puhul, mis ei ole ajakriitilised;
- Andmevahetus toimub läbi lühikese elueaga konkreetsete ühenduste;
- Andmepaketid edastatakse TCP/IP protokolliga ja kasutatakse selle spetsiifilisi töötlemisfunktsioone.

# Informatsioonitasandi andmevahetuse tüübid

IX osa

Tööstuslik  
EtherNet

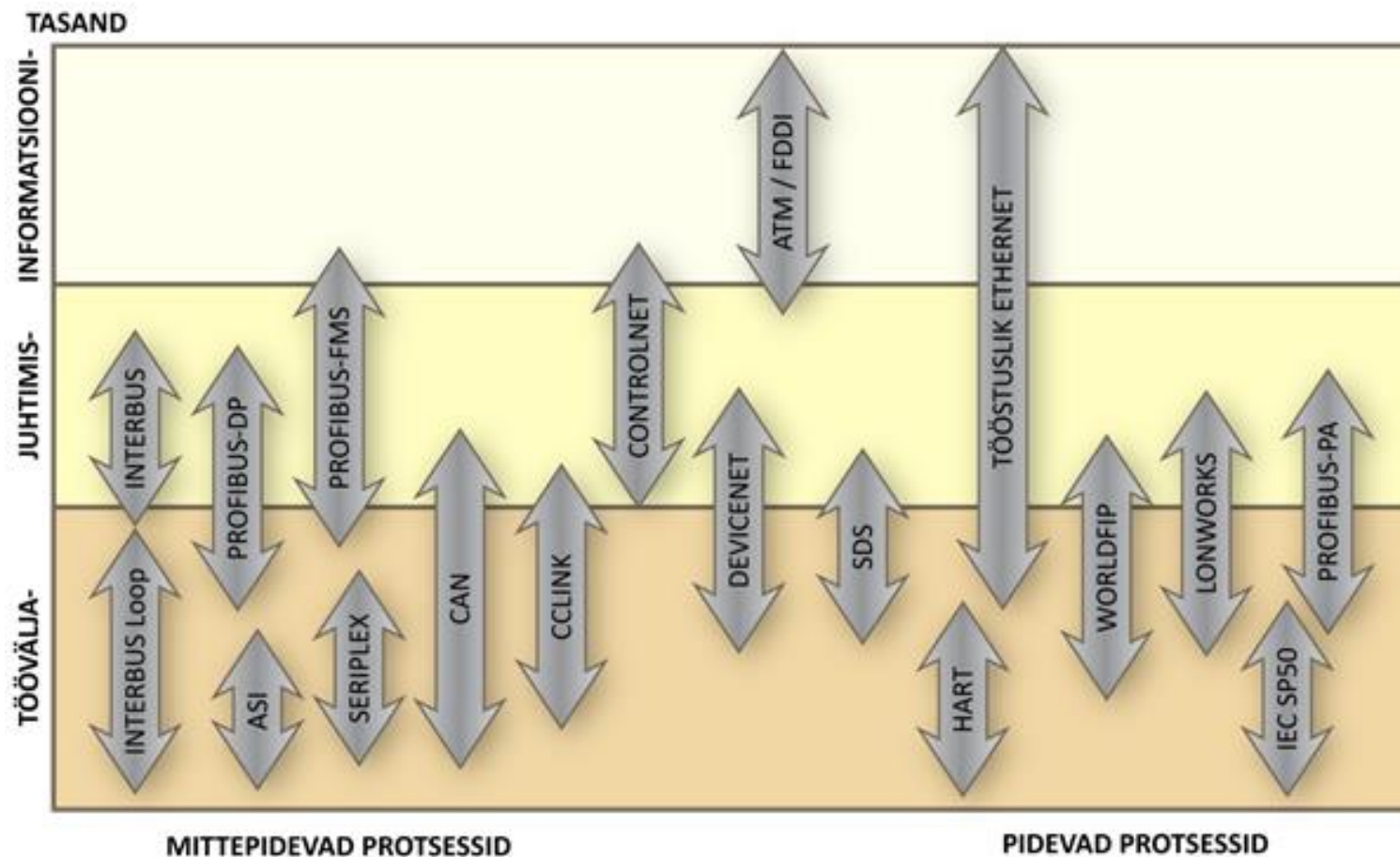


**Rahastanud Euroopa Liit**  
NextGenerationEU



**Eesti**  
tuleviku heaks

# Ethernet võrgu- spetsifikatsioon



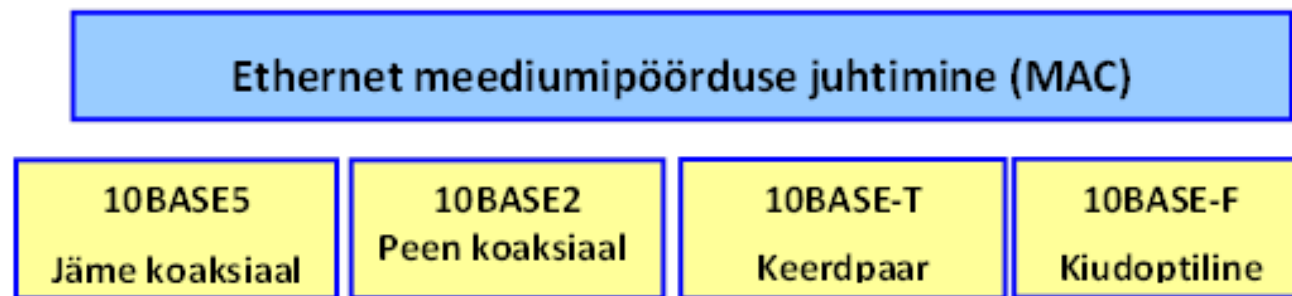
## Ethernet võrguspetsifikatsioon

Ethernet on Xeroxi, Digitali ja Inteli poolt välja töötatud võrguarhitektuur, mis on leidnud laialdast rakendamist kaasaegsetes arvutivõrkudes. Füüsiliselt on see konfigureeritud kui siin või täht ja kasutab ligipääsu edastusmeediumile (CSMA/CD). Etherneti puhul „võistlevad“ seadmed autoriseerimisel, et andmeid edastada. See arhitektuur jaguneb tegutsemiskiiruse järgi:

Ethernet andmeedastuskiirusega kuni 10 Mbit/s;

Kiire Ethernet, mis töötab kiirusega 100 Mbit/s;

Gigabit Ethernet, mille kiiruse maht on üle 1 Gbit/s.





	100BaseTX	100BaseFX	100BaseT4
<b>Sidemeedium</b>	kahe paariga STP või UTP kategooria 5	Kiudoptiliste kiudude paar	neli paari UTP kategooria 3/5
<b>Maksimaalne kaugus kontsentraatorist sõlmeni</b>	100 m	2000 m	100 m
<b>Eelised</b>	Täis-dupleks kiirusega 100 Mbit/s	Täis-dupleks kiirusel 100 Mbit/s + suuremad kaugused	Kasutab kaablit UTP kategooria 3

- 1995. aasta juunis tutvustati 802.3u (Fast Ethernet), mis võimaldab andmeedastuskiirust kuni 100 Mbit/s.

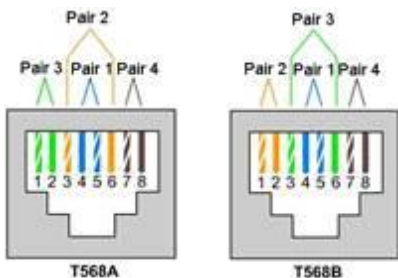
# Ethernet võrguspetsifikatsioon

	1000BaseCX (802.3z)	1000BaseT (802.3ab)	1000BaseSX (802.3z)	1000BaseLX (802.3z)
<b>Sidemeedium</b>	150 tasakaalustatud STP kaabel (uut tüüpi kaabel)	UTP kaabel, kategooria 5	Paar optilisi multimoodkiude	Paar optilisi multimoodkiude
<b>Maksimaalne kaugus kontsentraatorist sõlmeni</b>	25 m	100 m	500 m	3 km
<b>Eelised</b>	Halli suuruses	Külgnevate hallide ulatuses	Ehitise põhivõrguna	Ehitistevahelise põhivõrguna

1998. aasta juunis tutvustati 802.3z standardit kiudoptilise kaabli jaoks ja 1999. aasta märtsis võeti kasutusele 802.3ab UTP kategooria 5 kaabli jaoks. Need standardid võimaldavad andmeülekannet kiirusel 1 Gbit/s. Gigabit Ethernet standard on kombinatsioon 802.3 ja ANSI X3T11 fiiberkanali (*Fibre Channel*) standarditest. Tabelis 9.3 on esitatud erinevate standard Gigabit Etherneti versioonide omadused.

# Ethernet võrguspetsifikatsioon

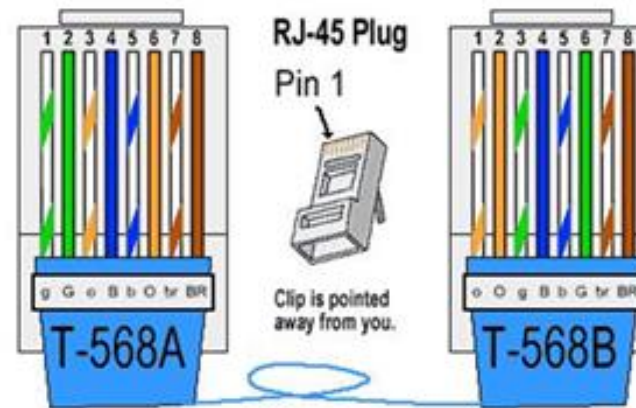
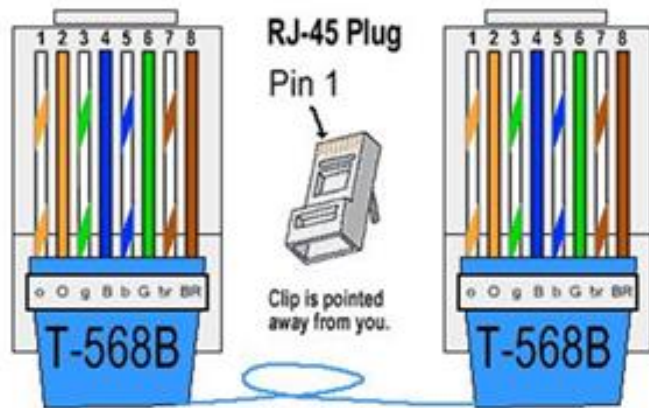
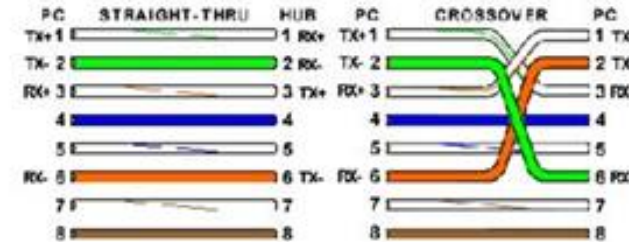
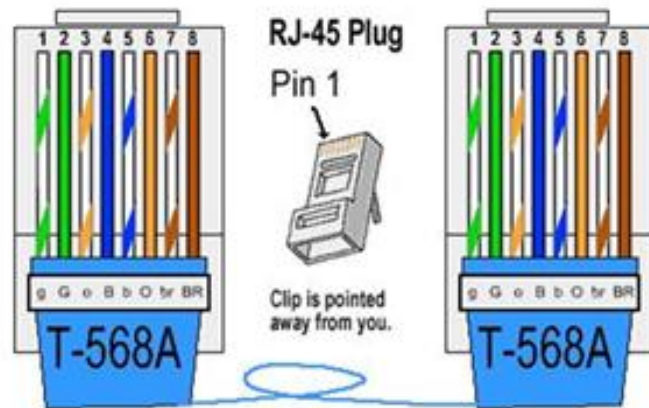
# Ethernet võrguspetsifikatsioon üleandemeedium



Jalg	TIA/EIA 568B	TIA/EIA 568A
JALG1	oranz-valge	roheline-valge
JALG2	oranz	roheline
JALG3	roheline-valge	oranz-valge
JALG4	sinine	sinine
JALG5	sinine-valge	sinine-valge
JALG6	roheline	oranz
JALG7	pruun-valge	pruun-valge
JALG8	pruun	pruun

# Ethernet võrguspetsifikatsioon

## Ülekandemeedium



# CAT Kaablite klassifikatsioon ja nende erinevused

## 1. CAT3 (Category 3)

- Maksimaalne andmeedastuskiirus: 10 Mbps
- Maksimaalne sagedus: 16 MHz
- Kasutus: Kasutati varasemalt telefoni- ja vanemates Ethernet-võrkudes (10BASE-T).
- Eripära: Sobib lühikeste vahemaade jaoks ja pakub piisavat ribalaiust vanemate rakenduste jaoks.

## 2. CAT5 (Category 5)

- Maksimaalne andmeedastuskiirus: 100 Mbps
- Maksimaalne sagedus: 100 MHz
- Kasutus: Kasutatakse Ethernet-võrkudes (100BASE-TX) ja vanemates 100 Mbps võrkudes.
- Eripära: Pakub paremat jõudlust kui CAT3 ja toetab kiiret andmeedastust lühikeste ja keskmiste vahemaade korral.

# CAT Kaablite klassifikatsioon ja nende erinevused

## 3. CAT5e (Category 5 Enhanced)

- **Maksimaalne andmeedastuskiirus:** 1 Gbps (1000 Mbps)
- **Maksimaalne sagedus:** 100 MHz
- **Kasutus:** Laialdaselt kasutusel Gigabit Ethernet-võrkudes (1000BASE-T).
- **Eripära:** Parandatud spetsifikatsioonid ja väiksem interferents võrreldes CAT5-ga, võimaldades kõrgemat andmeedastuskiirust ja usaldusväärsust.

## 4. CAT6 (Category 6)

- **Maksimaalne andmeedastuskiirus:** 1 Gbps kuni 100 meetrit, 10 Gbps kuni 55 meetrit
- **Maksimaalne sagedus:** 250 MHz
- **Kasutus:** Gigabit Ethernet ja mõned 10 Gigabit Ethernet-võrgud (10GBASE-T).
- **Eripära:** Paksem kaabel ja täiendav varjestus, mis vähendab interferentsi ning tagab parema jõudluse suurematel sagedustel.



# CAT Kaablite klassifikatsioon ja nende erinevused

## 5. CAT6a (Category 6 Augmented)

- **Maksimaalne andmeedastuskiirus:** 10 Gbps
- **Maksimaalne sagedus:** 500 MHz
- **Kasutus:** 10 Gigabit Ethernet (10GBASE-T) võrgud.
- **Eripära:** Parandatud varjestus ja suurem sagedusvõimekus, võimaldades 10 Gbps andmeedastust kuni 100 meetri kaugusel.

## 6. CAT7 (Category 7)

- **Maksimaalne andmeedastuskiirus:** 10 Gbps
- **Maksimaalne sagedus:** 600 MHz
- **Kasutus:** Kasutatakse kõrgjõudlusega Ethernet-võrkudes ja mõnes spetsialiseeritud tööstuslikus rakenduses.
- **Eripära:** Täielikult varjestatud kaabel (individuaalne varjestus igale juhtmepaarile ja üldine varjestus), mis vähendab interferentsi ning suurendab jõudlust.

# CAT Kaablite klassifikatsioon ja nende erinevused

## 7. CAT8 (Category 8)

- **Maksimaalne andmeedastuskiirus:** 25 Gbps või 40 Gbps  
**Maksimaalne sagedus:** 2000 MHz  
**Kasutus:** Andmekeskused ja serveriruumid, kus on vaja väga kiiret andmeedastust.  
**Eripära:** Kõrgeim sagedus ja andmeedastuskiirus, millele lisandub parim varjestus, et tagada suure jõudlusega ja madala latentsusega ühendused

# Ülevaade ja Erinevused

- **Sagedus ja Andmeedastuskiirus:** Kõrgema kategooria kaablitel on suurem sagedusvõimekus ja kõrgem andmeedastuskiirus. Näiteks CAT8 kaablid võimaldavad kuni 2000 MHz sagedust ja 40 Gbps andmeedastuskiirust, samas kui CAT5 võimaldab ainult kuni 100 MHz sagedust ja 100 Mbps andmeedastuskiirust.
- **Varjestus:** Kõrgema kategooria kaablitel, nagu CAT7 ja CAT8, on parem varjestus, mis vähendab interferentsi ja parandab signaali kvaliteeti. CAT5 ja CAT5e kaablid tavaliselt ei ole varjestatud.
- **Kasutus:** CAT5 ja CAT5e kaablid sobivad koduvõrkude ja väiksemate äri võrkude jaoks. CAT6, CAT6a ja kõrgemad kaablid on sobilikud suuremate ja nõudlikumate võrguühenduste jaoks, nagu andmekeskused ja suured ettevõtted.
- **Füüsilised omadused:** CAT6 ja kõrgematel kaablitel on paksemad juhtmed ja lisavarjestus, mis muudab need jäigemaks ja keerulisemaks paigaldada, kuid tagab parema jõudluse ja vastupidavuse.



# Kommunikatsiooniprotokollid

## IEEE 802.3 Kaader

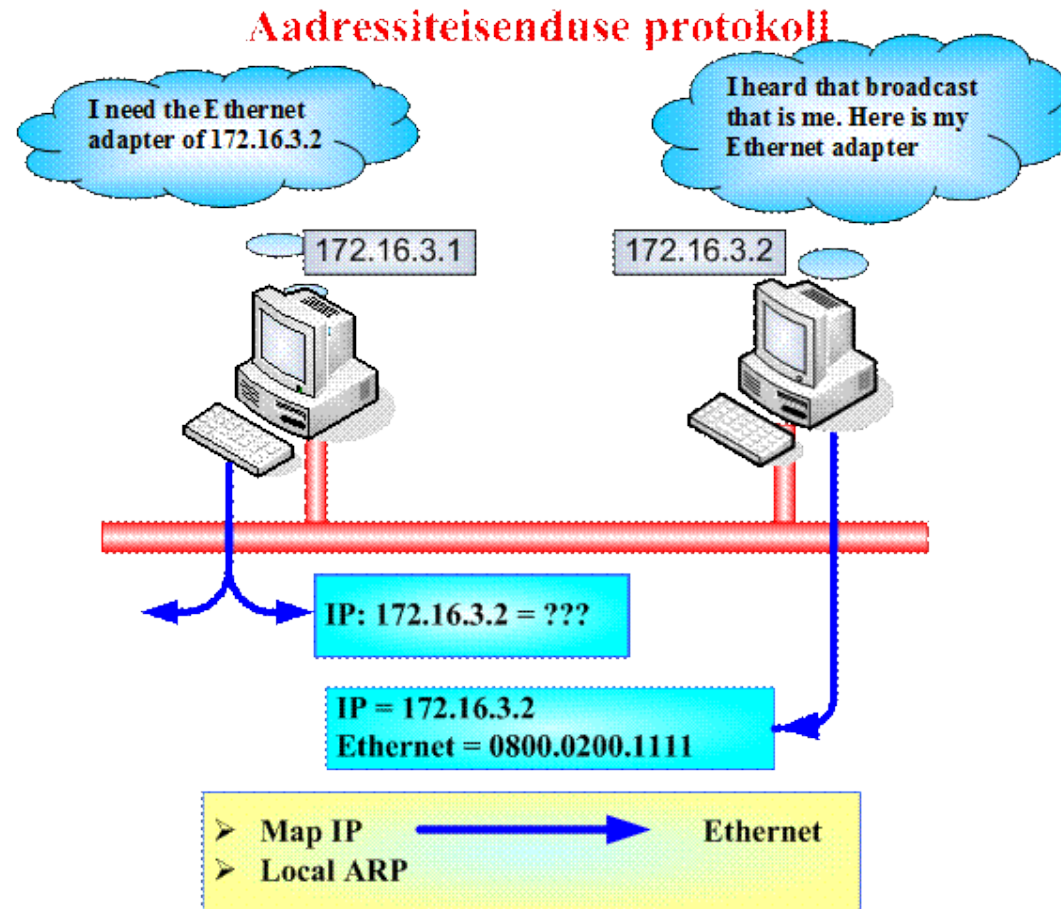
<b>56 bitti</b>	<b>8 bitti</b>		<b>48 bitti</b>		<b>48 bitti</b>	<b>16 bitti</b>	<b>368 kuni 12000 bitti (46 kuni 1500 baiti)</b>	<b>32 bitti</b>
Eelsignaali	SFD	Individaalse/ Grupi aadressi bitt	Globaalselt/ lokaalselt administreeritud aadressi bitt	Siht- aadress	Lähte- aadress	Pikkus	LLC/ Andmed	Kaadri kontroll- number

# Kommunikatsiooniprotokollid

## Ethernet II DIX Kaader

<b>64 bitti</b>		<b>48 bitti</b>		<b>48 bitti</b>	<b>16 bitti</b>	<b>368 kuni 12000 bitti (46 kuni 1500 baiti)</b>	<b>32 bitti</b>
Eelsignaali	Individuealse/ Grupi aadressi bitt	Sihtaadress	Lähteadress	Tüüp	Andmed	Kaadri kontrollnumber	

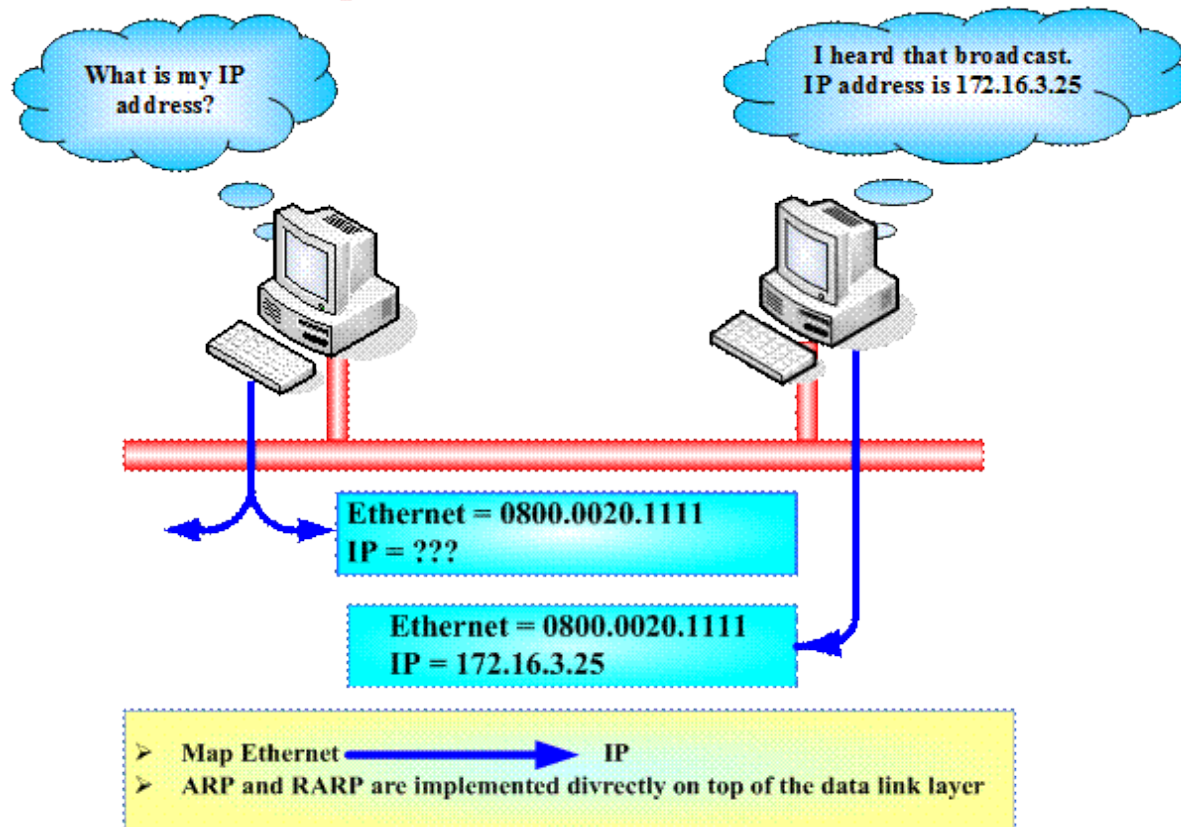
# Adressiteisenduse protokoll (Address Resolution Protocol, ARP)



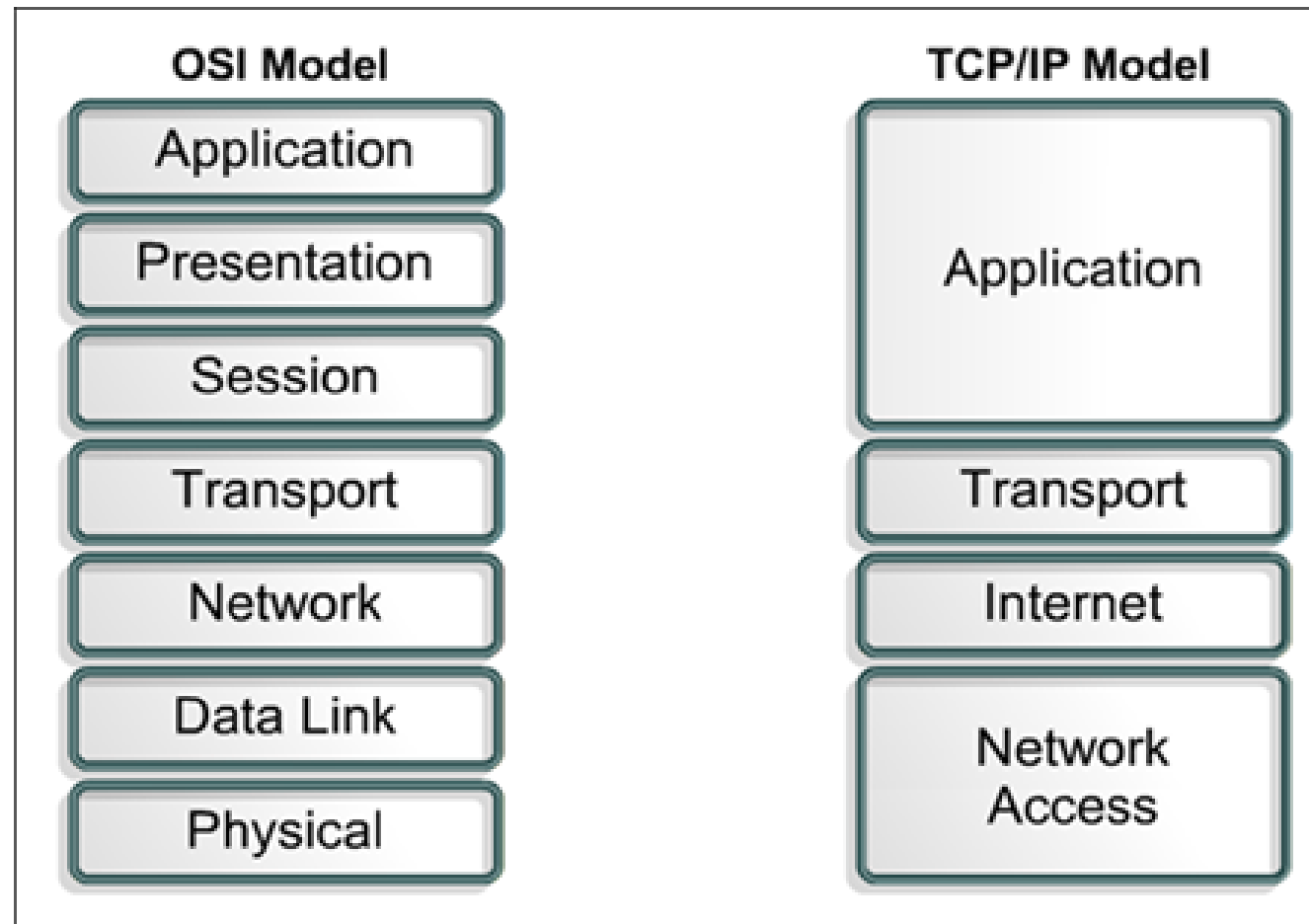


# RARP-protokoll (*Reverse Address Resolution Protocol*)

## RARP-protokoll (Reverse ARP)

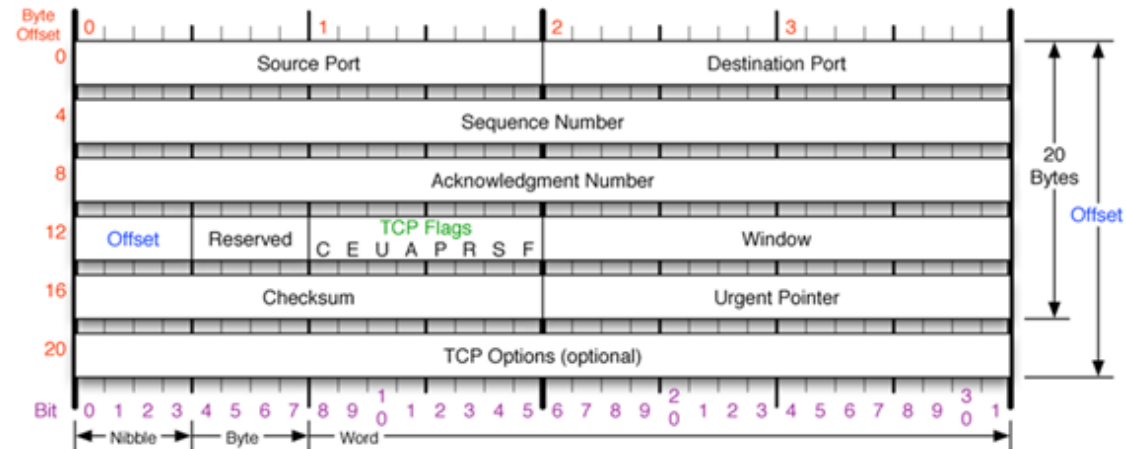


# TCP/IP protokollid



# TCP protokoll

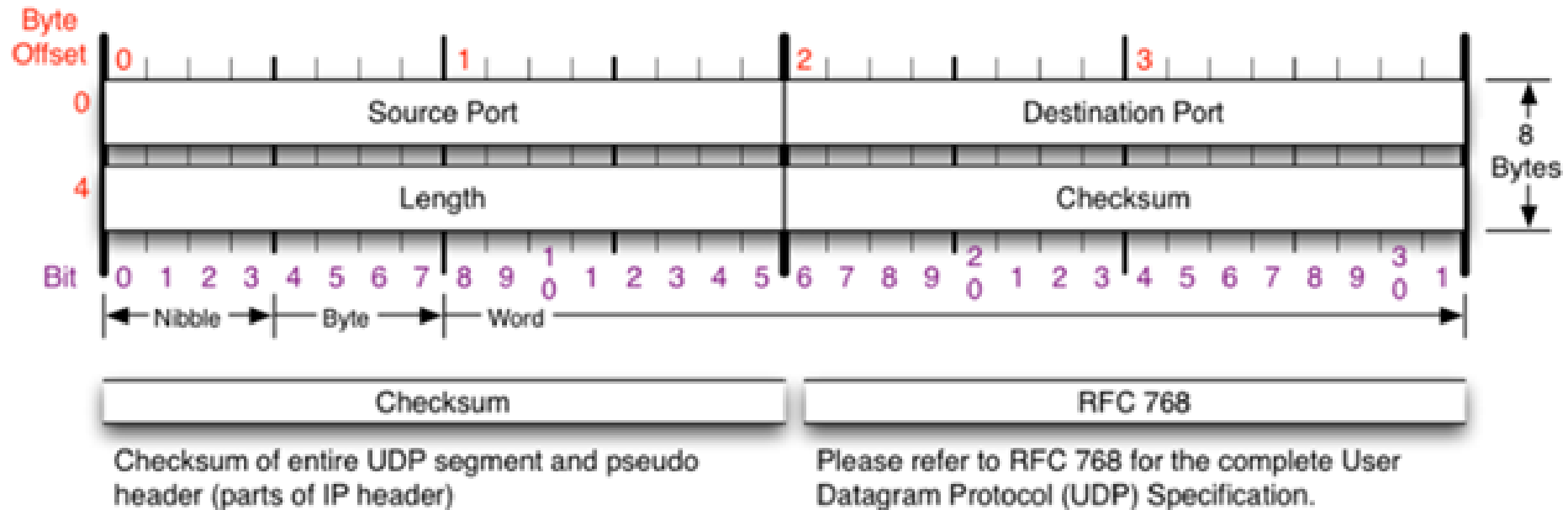
## TCP Header



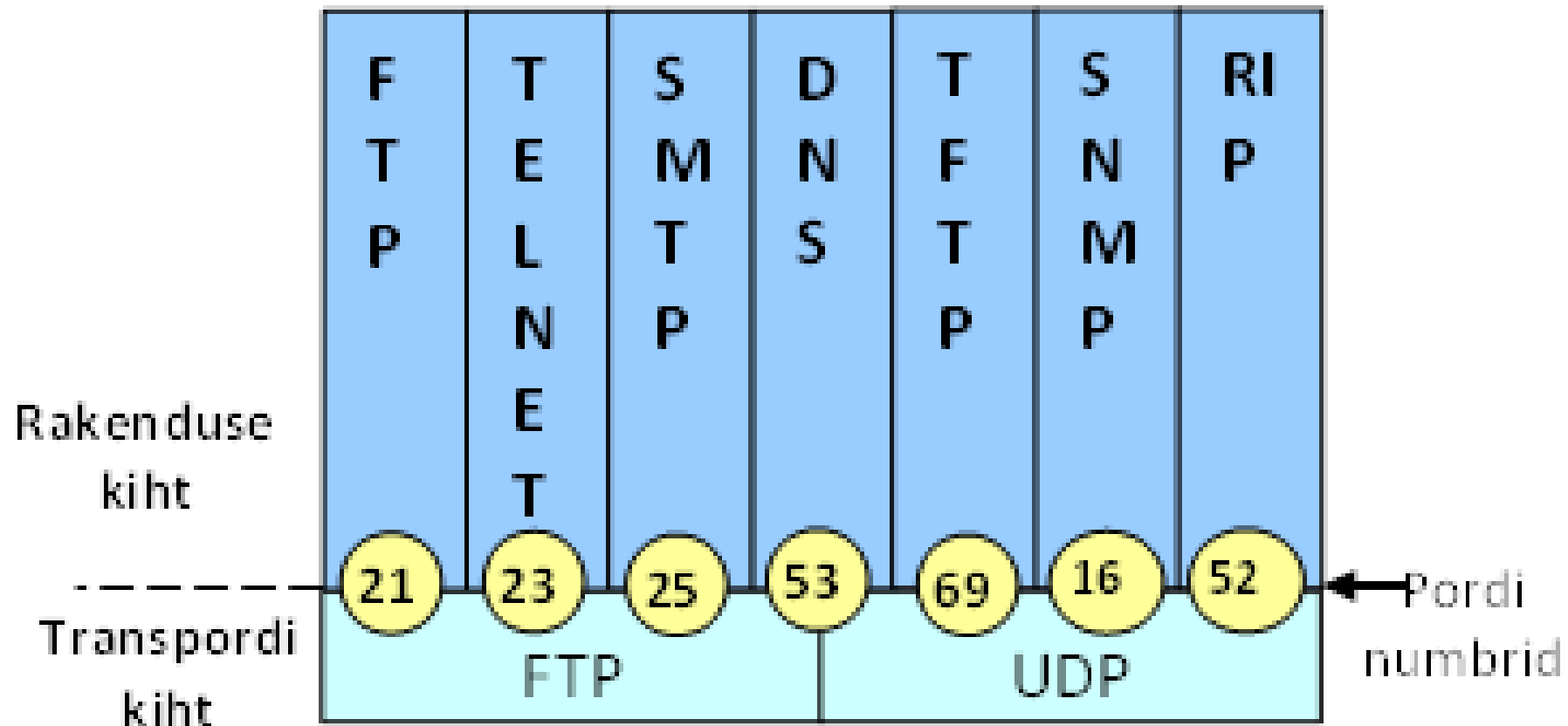
TCP Flags	Congestion Notification	TCP Options	Offset																								
C E U A P R S F	ECN (Explicit Congestion Notification). See RFC 3168 for full details, valid states below.	0 End of Options List 1 No Operation (NOP, Pad) 2 Maximum segment size 3 Window Scale 4 Selective ACK ok 8 Timestamp	Number of 32-bit words in TCP header, minimum value of 5. Multiply by 4 to get byte count.																								
Congestion Window C 0x80 Reduced (CWR) E 0x40 ECN Echo (ECE) U 0x20 Urgent A 0x10 Ack P 0x08 Push R 0x04 Reset S 0x02 Syn F 0x01 Fin	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Packet State</th> <th>DSB</th> <th>ECN bits</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Syn</td> <td>0 0</td> <td>1 1</td> </tr> <tr> <td>Syn-Ack</td> <td>0 0</td> <td>0 1</td> </tr> <tr> <td>Ack</td> <td>0 1</td> <td>0 0</td> </tr> <tr> <td>No Congestion</td> <td>0 1</td> <td>0 0</td> </tr> <tr> <td>Congestion</td> <td>1 1</td> <td>0 0</td> </tr> <tr> <td>Receiver Response</td> <td>1 1</td> <td>0 1</td> </tr> <tr> <td>Sender Response</td> <td>1 1</td> <td>1 1</td> </tr> </tbody> </table>	Packet State	DSB	ECN bits	Syn	0 0	1 1	Syn-Ack	0 0	0 1	Ack	0 1	0 0	No Congestion	0 1	0 0	Congestion	1 1	0 0	Receiver Response	1 1	0 1	Sender Response	1 1	1 1	Checksum Checksum of entire TCP segment and pseudo header (parts of IP header)	RFC 793 Please refer to RFC 793 for the complete Transmission Control Protocol (TCP) Specification.
Packet State	DSB	ECN bits																									
Syn	0 0	1 1																									
Syn-Ack	0 0	0 1																									
Ack	0 1	0 0																									
No Congestion	0 1	0 0																									
Congestion	1 1	0 0																									
Receiver Response	1 1	0 1																									
Sender Response	1 1	1 1																									

Copyright 2004 - Matt Baxter - mjb@fatpipe.org

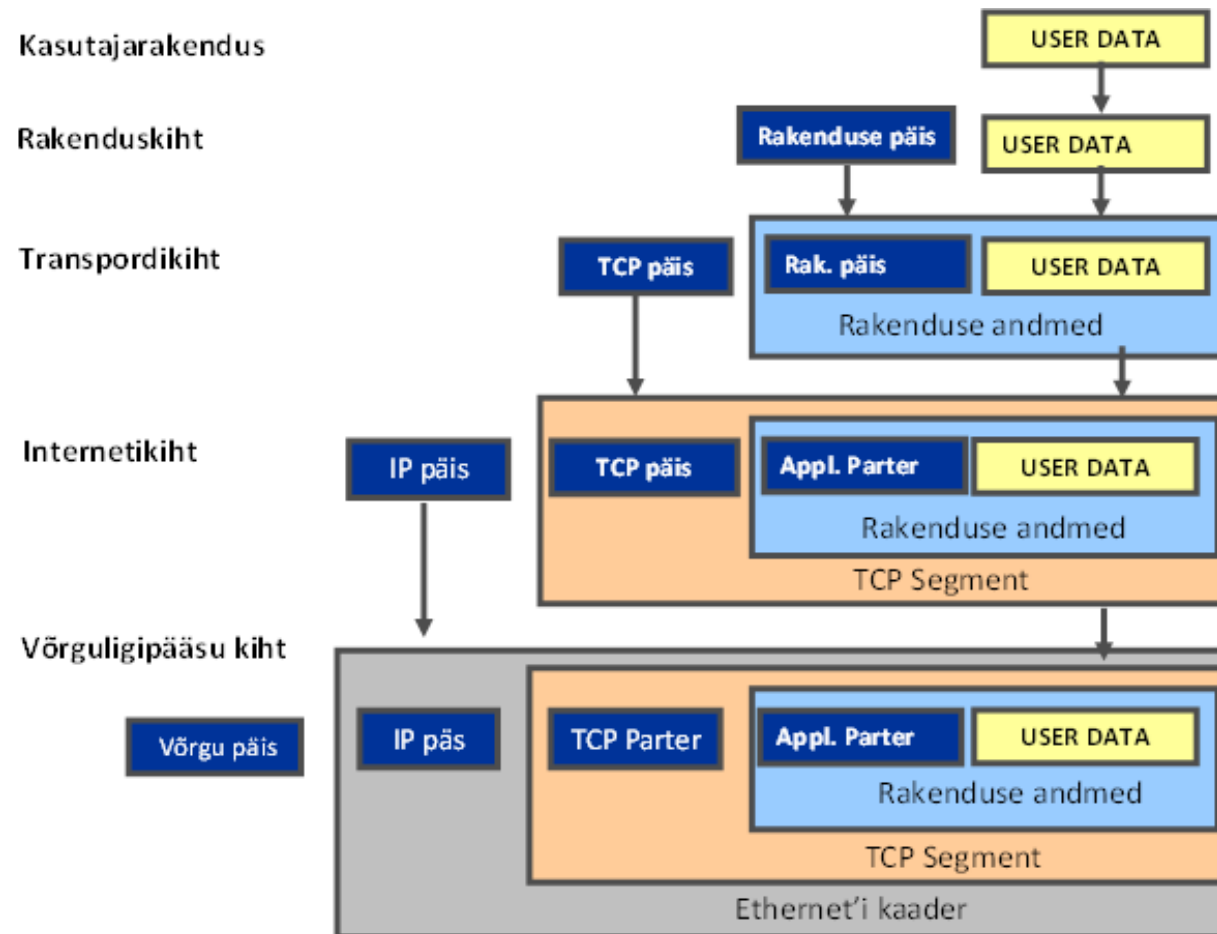
# Kasutajadatagrammi protokoll (*User Datagram Protocol, UDP*)



# Kasutajadatagrammi protokoll (*User Datagram Protocol, UDP*)

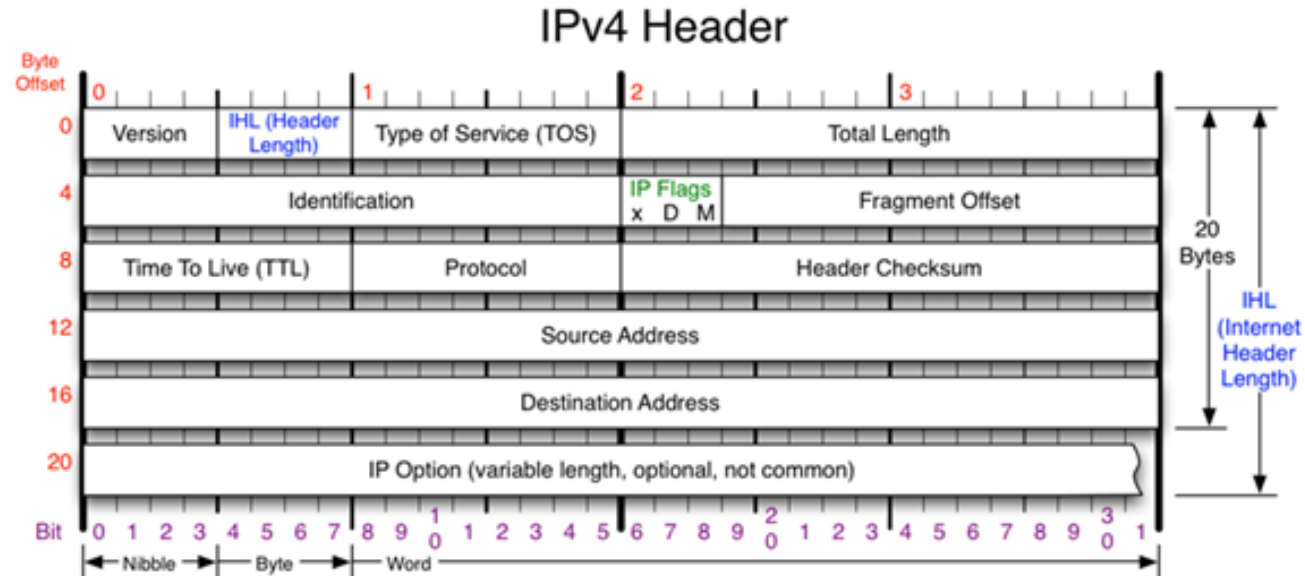


# Internetiprotokoll IP



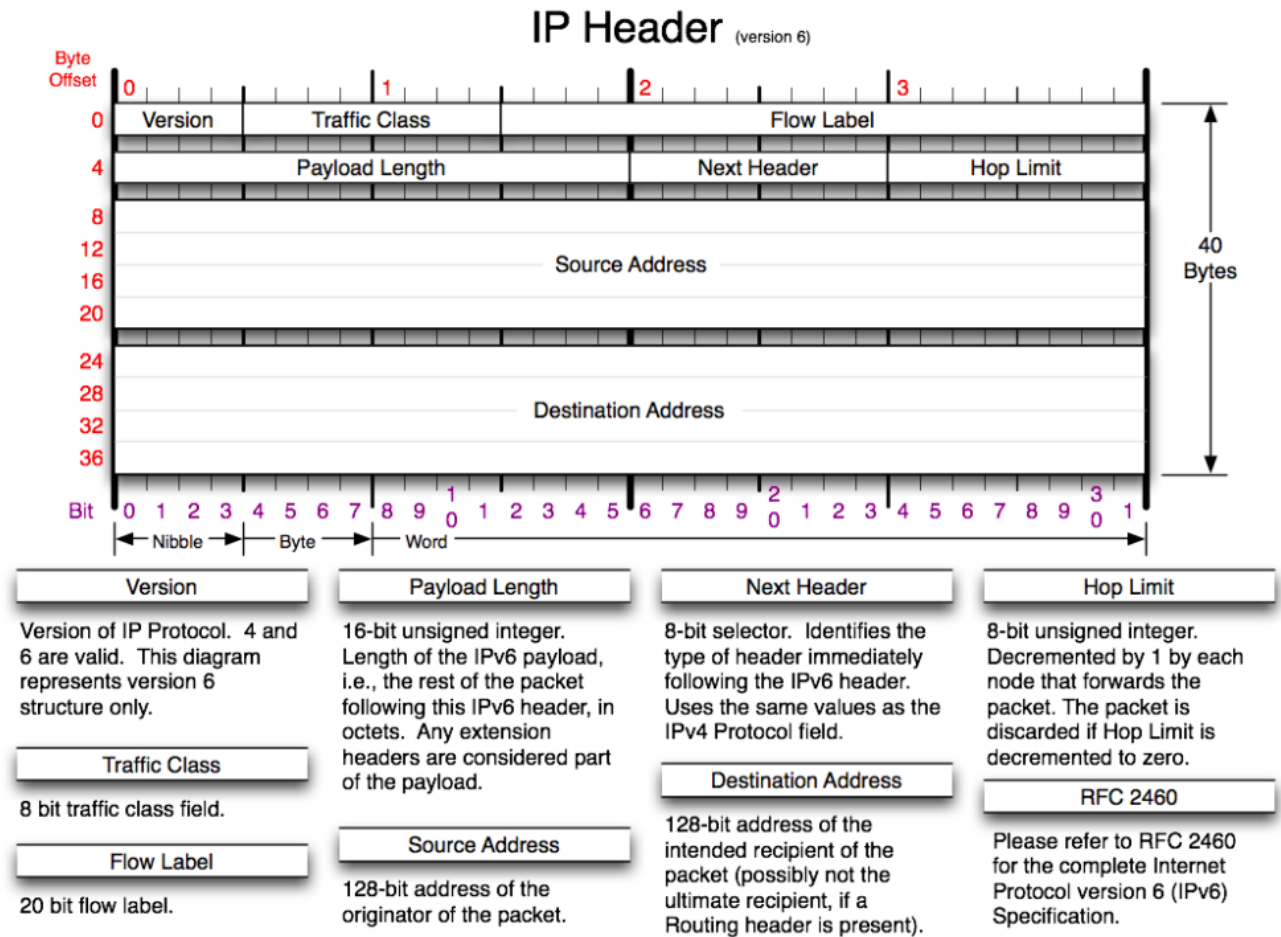


# Internetprotokoll IP (IPv4)



<b>Version</b>	<b>Protocol</b>	<b>Fragment Offset</b>	<b>IP Flags</b>
Version of IP Protocol. 4 and 6 are valid. This diagram represents version 4 structure only.	IP Protocol ID. Including (but not limited to): 1 ICMP 17 UDP 57 SKIP 2 IGMP 47 GRE 88 EIGRP 6 TCP 50 ESP 89 OSPF 9 IGRP 51 AH 115 L2TP	Fragment offset from start of IP datagram. Measured in 8 byte (2 words, 64 bits) increments. If IP datagram is fragmented, fragment size (Total Length) must be a multiple of 8 bytes.	<b>x D M</b> x 0x80 reserved (evil bit) D 0x40 Do Not Fragment M 0x20 More Fragments follow
<b>Header Length</b>	<b>Total Length</b>	<b>Header Checksum</b>	<b>RFC 791</b>
Number of 32-bit words in TCP header, minimum value of 5. Multiply by 4 to get byte count.	Total length of IP datagram, or IP fragment if fragmented. Measured in Bytes.	Checksum of entire IP header	Please refer to RFC 791 for the complete Internet Protocol (IP) Specification.

# Internetprotokoll IP (IPv4)



X osa

Traadita  
võrkude sisu  
ja taust



**Rahastanud Euroopa Liit**  
NextGenerationEU



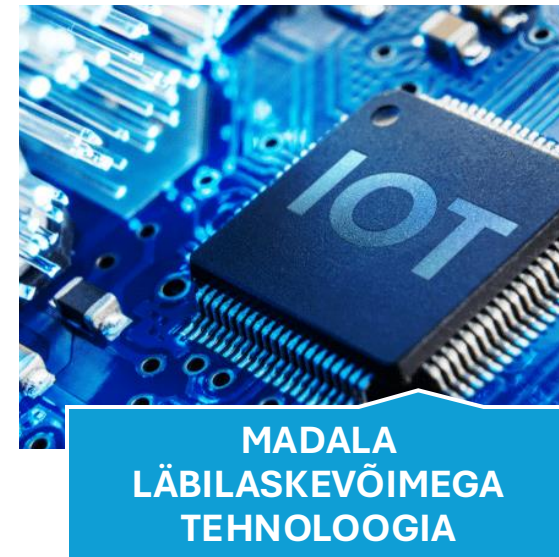
**Eesti**  
tuleviku heaks

# Traadita võrkude sisu ja taust

Traadita kommunikatsioonitehnoloogiaid iseloomustab:

- Kõrge paindlikkus võrgutopoloogia seadistamisel;
- Puuduvad juhtmed; teisisõnu ei toimud andmeedastusmeediumi kaudu mehhaanilist kandmist;
- Laiendatud mobiilsus ja kõigi võrguseadmete vaba liikumine;
- Otsapunktide vaheline väiksem võrguliiklus tänu individuaalsete süsteemisegmentide vahelisele kõrgema tasandi mitte-koostoimele.
- Asjakohane andmeülekanne kiirus;
- Sobivus tööstuslike automatiseerimisstandarditega nagu DeviceNet, Ethernet jne;
- Kõigi võrku ühendatud seadmete lihtne ja kiire käivitamine jms.

# Traadita võrkude grupid



Kaasaegne WLAN suhtleb tavaliselt üle vahemike, mis varieeruvad ühest kuni mõnesaja meetrini, üle kantakse ainult digitaalset infot. Maksimaalse läbilaskevõime alusel jaotatakse tehnoloogiad kolme gruppi.

# Traadita võrkude grupid



KÕRGE  
LÄBILASKEVÕIMEGA  
TOPOLOOGIA

Nr	Võrk	Standard	Maksimaalne andmekiirus	Ribalaius	Ülekanne ulatus	Sagedus
1	HIPERLAN/2	ETSI Projekt BRAN	54 Mbps	–	–	5 GHz
2	UWB	IEEE802.15.3a	480 Mbps	500 MHz	10 m	3.1-10.6GHz
3	5G	3GPP	2 Gbps	100 MHz kuni 400 MHz	sõltuvalt infrastruktuurist ja rakendatavatest tehnoloogiatest	600 MHz kuni millimeeterlaineteni (üle 24 GHz)
4	Wi-Fi 6E	IEEE 802.11ax	9.6 Gbps.	160 MHz	keskkonnast tavaliselt kuni 20 meetrit	2,4GHz, 5 GHz, 6 GHz
5	Wi-Fi 6	IEEE 802.11ax	9.6 Gbps.	160 MHz	keskkonnast tavaliselt kuni 20 meetrit	2,4GHz, 5 GHz
6	Wi-Fi 5	IEEE802.11ac	54 Mbps	160 MHz	50 m	2,4GHz, 5 GHz



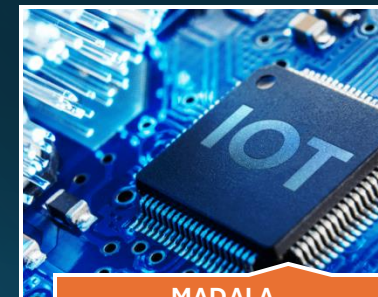
# Traadita võrkude grupid



KESKMISE  
LÄBILASKEVÕIMEGA  
TEHNOLOOGIA

Nr	Võrk	Standard	Maksimaalne andmekiirus	Ribalaius	Ülekanne ulatus	Sagedus
7	Wi-Fi	IEEE802.11b (perekond)	11 Mbps	sõltub standardist	50 m	2.4 GHz
8	HomeRF	N/A	10 Mbps		5 m	2.4 GHz
9	Bluetooth	IEEE 802.15.1	2 Mbps	–	10 m	2.45 GHz

# Traadita võrkude grupid



MADALA  
LÄBILASKEVÕIMEGA  
TEHNOLOOGIA

Nr	Võrk	Standard	Maksimaalne andmekiirus	Ribalaius	Ülekanne ulatus	Sagedus
10	ZigBee	IEEE 802.15.4	250kbps	–	30–100 m	2.4 GHz, 868, 915 MHz
11	LoRaWAN	LoRa Alliance	50 kbps	–	15 km maapiirkondades ja 2–5 km	868 MHz Euroopas ja 915 MHz Ameerikas
12	Z-Wave	Z-Wave Alliance	100 Kbps	–	30m	908.42 MHz (USA), varieerub regiooniti
13	EnOcean	ISO/IEC 14543-3-10	120 Kbps	–	300m	868 MHz, 902 MHz, 928 MHz

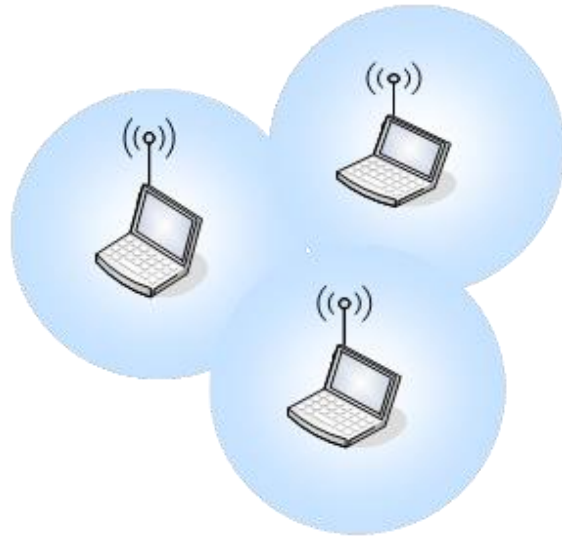
# Traadita võrkude grupid



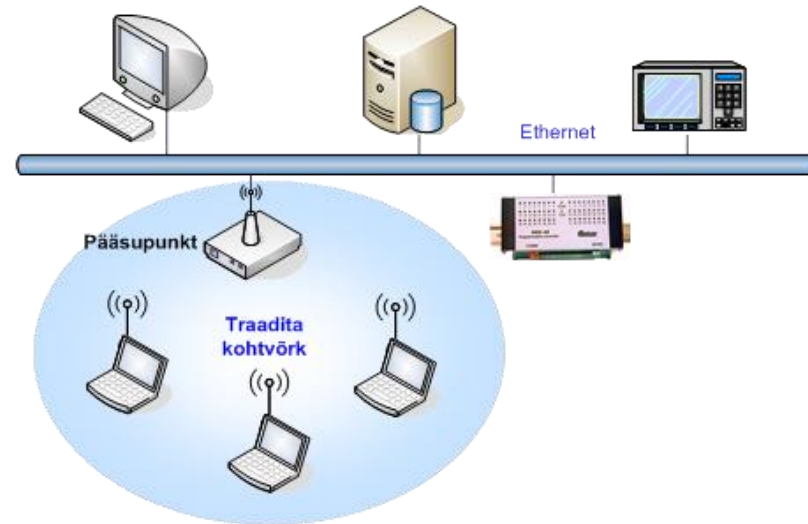
MADALA  
LÄBILASKEVÕIMEGA  
TEHNOLOOGIA

Nr	Võrk	Standard	Maksimaalne andmekiirus	Ribalaius	Ülekanne ulatus	Sagedus
14	DECT	ETSI EN 300 175	32 Kbps	–	100 m	1.96 GHz
15	KONNEX	KNX;EN50090, ISO/IEC 14543	38.4 Kbps	–	–	868 MHz
16	Sigfox	Sigfox	600 bps	–	30–50 km maal ja 3–10 km linnas	Erinevad sagedused sub-GHz
17	NB-IoT	3GPP	250 kbps	–		200 kHz

# Traadita võrkude loogilised topoloogiad

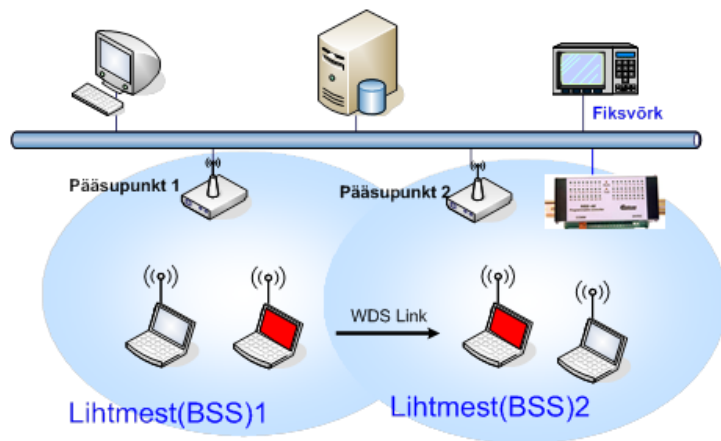


AD-HOC

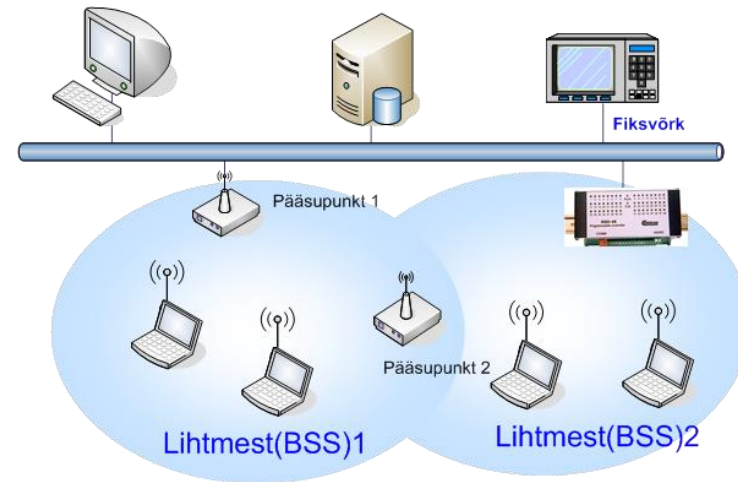


Juurdepääsupunkt - klient

# Traadita võrkude loogilised topoloogiad

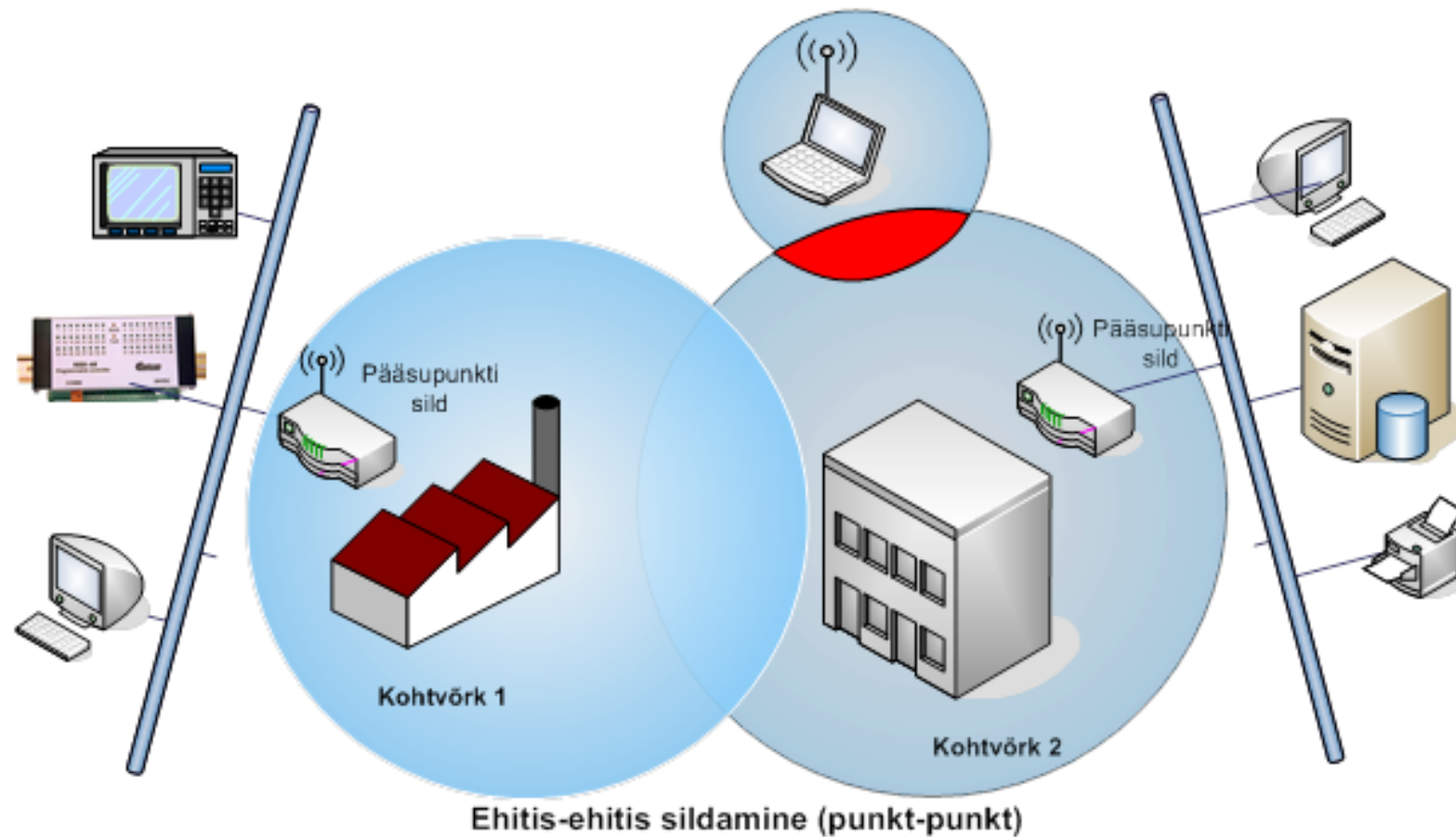


Traadita võrk (WDS, *Wireless Distributed System*)



Repiiter

# Traadita võrkude loogilised topoloogiad





# Andmekaitse traadita võrkudes

- Kõik traadita tehnoloogiad kasutavad andmete kaitsmiseks ühel või teisel viisil andmete kodeerimist. IEEE802.11 standardile vastavad võrgud kasutavad WEP krüpteerimisfunktsioone informatsiooni kodeerimiseks, kusjuures sõltuvalt seadmeklassist võib krüpteerimine olla 64-bitine või 128-bitine.
- Bluetooth'il on 3 andmekaitse viisi, kus kõige paremini kaitstud Security Mode 3 (viida tasandil täidetud turvalisus) tegutseb seansivõtmetega, mis genereeritakse kahe seadme ühendamise protsessi käigus ja kasutatakse ka linkimiseks, identifitseerimiseks ja andmeülekandeks nende seadmete vahel.
- 802.11b tagab andmekontrolli MACi tasemel ja kontrollib ka Wired Equivalent Privacy (WEP) krüpteerimismehhanismi, mida saab sisse ja välja lülitada. Kui WEP on sisselülitatud, kaitseb see ainult andmepaketti, mitte selle päist, võimaldades kõigil võrgus asuvatel seadmetel mööduvaid andmeid „läbi vaadata“.
- Media Access Control (MAC) – 48-bitine unikaalne tootja poolt omistatud võrguseadme identifikaator.
- Open System Interconnect (OSI) – võrgumudel, milles kommunikatsiooniprotsess on jaotatud seitsmeks iseseisvaks etapiks (kihiks).

# 1. WEP, WPA, WPA2 (WI-FI KAITSE)

## WEP (Wired Equivalent Privacy)

- Esimene laialdaselt kasutatud Wi-Fi võrgu turvaprotokoll.
- Pakub põhilist krüpteerimist, kuid on tänapäevaseks kasutuseks liiga nõrk ja hõlpsasti murdumisele avatud.

## WPA (Wi-Fi Protected Access)

- WEP-i järeltulija, mis pakub tugevamat andmekaitset ja kasutajautentimist.
- Kasutab TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) krüpteerimist, mis on keerulisem ja turvalisem kui WEP.

## WPA2

- Praegune standard, mis pakub veelgi paremat turvalisust.
- Kasutab AES (Advanced Encryption Standard) krüpteerimist, mis on äärmiselt turvaline.
- WPA2 on kohustuslik kõigile uutele Wi-Fi seadmetele.

## 2. END-TO-END ENCRYPTION (E2EE)

### END-TO-END ENCRYPTION (E2EE)

- Oluline meetod andmete turvaliseks edastamiseks, kus ainult saatja ja saaja saavad lugeda sõnumeid.
- Kasutatakse laialdaselt mobiilside ja Interneti kommunikatsioonis.
- Tagab, et andmed püsivad krüpteeritud kogu edastamise vältel, vältides kolmandate osapoolte sekkumist.

# 3. TLS/SSL

## 3. TLS/SSL

- Transport Layer Security (TLS) ja selle eelkäija Secure Sockets Layer (SSL) on protokollid, mis tagavad turvalise andmeedastuse Internetis.
- Kasutatakse laialdaselt veebilehtede ja muude online-teenuste puhul andmete krüpteerimiseks.

# 4. VPN (VIRTUAL PRIVATE NETWORK)

## 4. VPN (VIRTUAL PRIVATE NETWORK)

- Loob turvalise ühenduse kasutaja seadme ja Interneti vahel.
- Krüpteerib kogu internetiliikluse, peites andmed ja kasutaja IP-aadressi.
- Kasutatakse eriti siis, kui ühendutakse avalike Wi-Fi võrkudega.

# 5. IOT SPETSIIFILISED TURVAPROTOKOLLID

## 5. IOT SPETSIIFILISED TURVAPROTOKOLLID

- **LoRaWAN** kasutab mitut turvatasandit, sealhulgas võrgutasandi ja rakendustasandi krüpteerimist.
- **ZigBee** turvalisus põhineb 128-bitisel AES krüpteerimisel, mis kaitseb võrguliiklust ja tagab seadmete autentsuse.
- **Z-Wave** kasutab samuti AES-128 krüpteerimist andmete kaitsmiseks.



# 6. AUTENTIMINE JA JUURDEPÄÄSU KONTROLL

## 4. VPN (VIRTUAL PRIVATE NETWORK)

- Täiendavad turvameetmed nagu kaheastmeline autentimine (2FA), biomeetriline identifitseerimine ja keerukad paroolipoliitika.
- Juurdepääsu kontrolli protokollid nagu RBAC (Role-Based Access Control) piiravad juurdepääsu ainult autoriseeritud isikutele.

Järgmine kursus:  
**TÖÖSTUS IT**  
**TURVALISUS**



Rahastanud Euroopa Liit  
NextGenerationEU



Eesti  
tuleviku heaks