

Andmesidevõrkude üldised alused

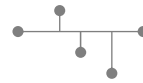
Lihtsustatud mudel:

Source → Transmitter → Transmission system → Receiver → Destination

Ühenduse liik:

Point-to-point,

Multipoint



Topoloogia:

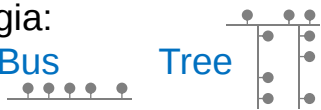
Bus

Tree

Star

Ring

Mesh



Protokoll – sõnumite formaat, järjestus, tegevused saatmisel ja vastuvõtul

Võrgu tüüp:

Circuit Switching

Packet Switching

Võrguseadmed:

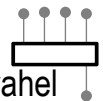
Repeater – (järgur) signaali edastamiseks pikemate vahemaade taha

Bridge – (erinevate el. parameetritega) kahe võrgusegmendi sidumiseks

Switch – kommutaator ühendab seadmed (~hub) võrgusegmenti või segmentid omavahel

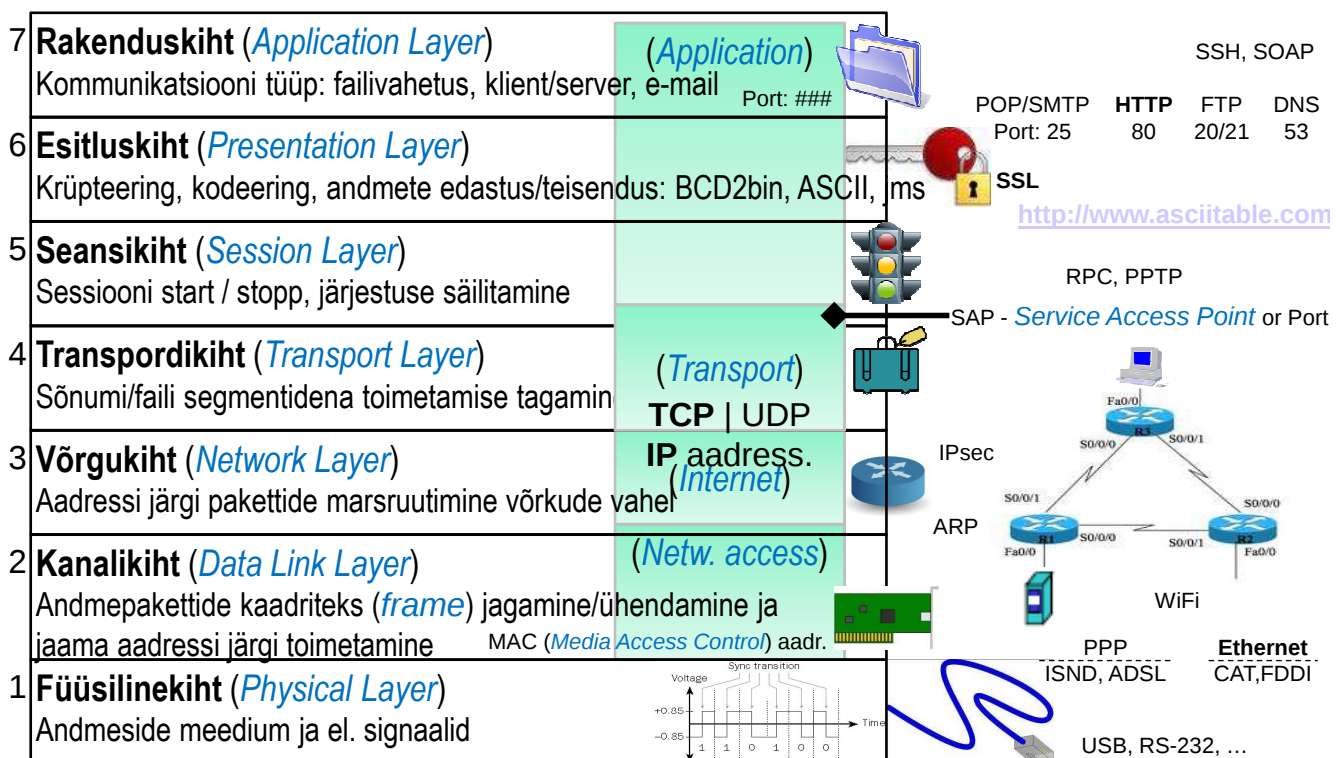
Router – andmesidepakettide suunatud edastamiseks erinevate võrgusegmentide vahel

Gateway – erinevate tüüpi võrkude (protokollide) ühendamiseks



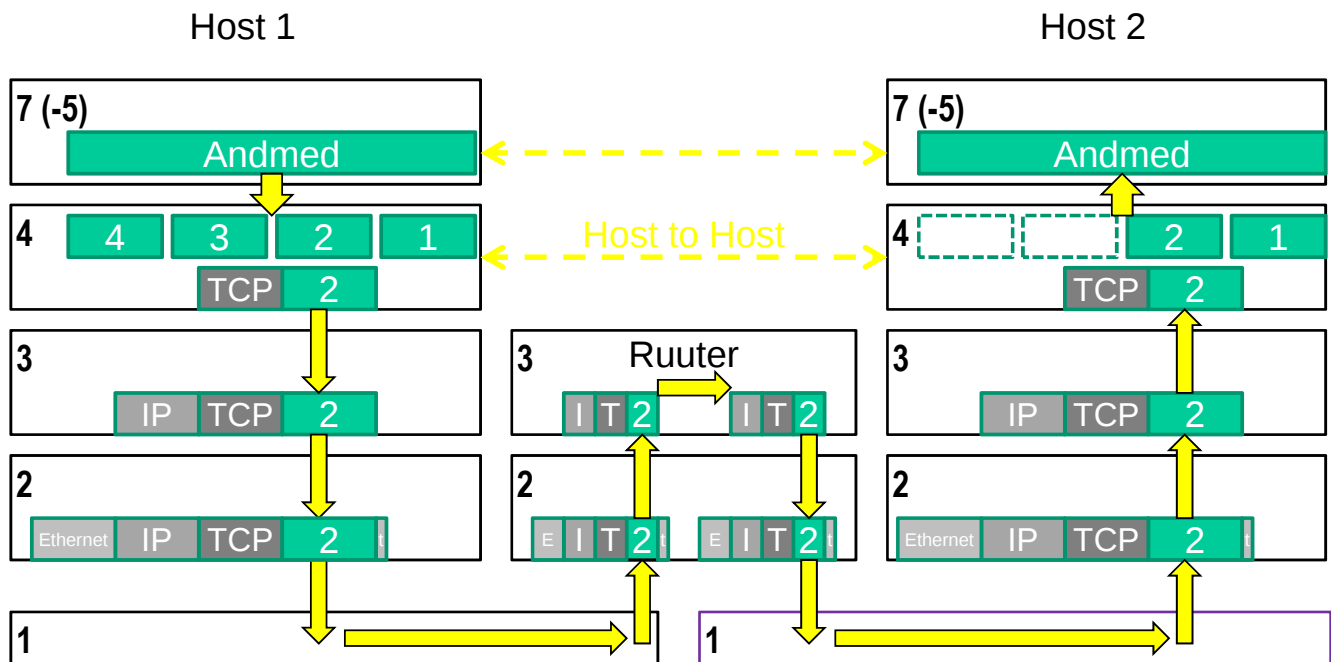
Andmesidevõrgu standardi kirjeldamine

OSI (*Open Systems Interconnection*) stack ja TCP/IP



<http://eava.ee/opiobjektid/voip/IP.html>

Andmete liikumine erinevate võrkude sõlmede vahel



TCP/IP pakett (*packet*)

1 byte		1 byte	2 byte		IPv4 Header
Version	Head.Length	Type of Service	Total Length		
Identification		Flags	Fragment Offset		
Time to Live	Protocol	Header Checksum			
IPv4 Source Address (32 bit)					
IPv4 Destination Address (32 bit)					
Options (if any) & Padding					
Source Port		Destination Port		TCP Header	
Sequence Number					
Acknowledgment Number					
Data Offset & Flags		Window			
Checksum		Urgent Pointer			
TCP Options & Padding					
DATA					

paketi suurus al. 576 baiti

IPv6 pakett

1 byte					IPv6 Header 40 octets
Version	Type of Service	Flow Label			
Payload Length		Next Header	Hop Limit		
IPv6 Source Address (128 bit)					
IPv6 Destination Address (128 bit)					

paketi päis on lihtsam ja madalajõudlusega ruuterseadmele kergem töödelda.

lokaalne IPv6 aadress saab olla moodustatud MAC aadressist

MAC: 5c:26:0a:26:76:dc

IPv6: fe80::5e26:caff:fe26:76dc/64 (EUI-64 address)

lokaalne ei lähe ruuterist väljapoole

Extension Headers & Options (if any)	
Transport Header (TCP, etc.)	
DATA (Payload)	

paketi suurus al. 1280 baiti

Traditsioonilised (vanad) andmeside lahendused

Tsentraliseeritud püsikaabeldusega lahendused

- iga seade ühendatud oma kaabliga (kesk)juhtseadmesse
- analoogsignaaside ülekande kaod ja mürad

Multipleksoritega kaabelduslahendus

- multipleksor seade edastab kordamööda valitud signaale
- või kasutab kodeeringut aktiivsete oleku näitamiseks

Otsene digitaaljuhtimine (DDC)

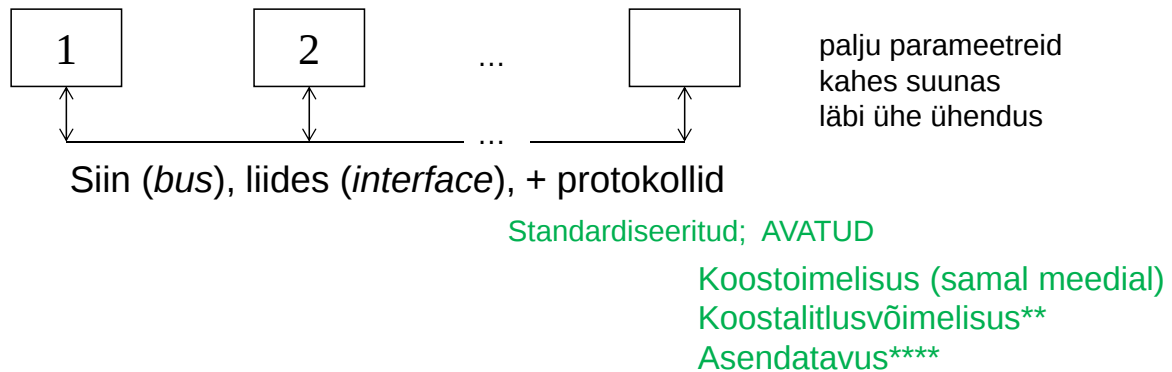
- juhtalgoritmid arvutil, mis kasutab otse signaale seadmetega

Kaudne arvutijuhtimine

- otsesed juhtimisalgoritmid spets seadmetes, arvutil teostatakse monitooringut, seadesuuruste muutmist, lihtsamaid binaarseid juhtimisotsuseid jms.

Andmeside automaatikas

1. Binaarsed elektrilised signaalid, 2. Analoogsignaalid
3. Digitaalsed (numbrilised) signaalid, andmesidevõrgud



Hooneautomaatika (siinide) standardiseerimise *Technical Committees*

ISO TC205/WG3: Building Environment Design/Building Control Systems Design
CENLEC

CLC TC65CX: Fieldbus.

CLC TC205: Home and Building Electronic Systems (HBES)

CEN TC247: Building Automation, Controls and Building Management

Andmeside siinilahenduste (andmesidevõrkude) eelised

(võrreldes siinita tsentraliseeritud lahendustega)

- väiksem juhtmestamise ja installatsiooni aeg.
- vähem ühenduste vigasid
- seadmete kiire kaugseadistamine ja konfigureerimine üle võrgu
- tõrgete ennetav diagnostika ja kiire veaotsing
- andmetele parem juurdepääs ja erinevate tootjate seadmete koostalitlusvõime
- IT ja automaatika lihtsam sidumine (+varahaldus).
juhtinfo (*fail-safe*) ja muud andmed saadetakse koos
- kergem laiendatavus (paindlikkus)

- ☹ Tekib vajadus andmesideturbe funktsionaalsuse järele

Mõisteid

Connection-oriented service

Transpordikihi sideteenus, ühenduse loomise, andmeedastuse ja lõpetamisega faasiga. Hostilt hostile õieti järjestatud pideva voona. Vookontrolliga ei koorma vastuvõtjat üle. Ummikute piiramiseks saatja aeglustab. Kättetoimetamise kinnitusega uuesti.
Nt. **TCP** (*Transmission Control Protocol*)
HTTP

Connectionless service

Aadressiga pakettide teeeläkitamine. Vookontrollita ja kättetoimetamise kindlusega. Nt. **IP** (*I Protocol*), Ethernet, UDP (*User Datagram Protocol*)

Sõnumivahetuse formaadid (*Messaging formats*) nt. DeviceNet, CANopen, ...

Polling: scanner küsib järjekorras igalt seadmelt uue oleku info saatmist või vastuvõtmist.

Strobing: scanner broadcast'ib kõigile seadmetele nõude staatuse uuendamiseks. Iga seade vastab määratud järjekorras.

Cyclic: Seadmed on seadistatud määratud aja tagant automaatselt sõnumeid saatma.

Change of State: Seadmed saadavad sõnumi scanner'ile, kui nende staatus muutub.

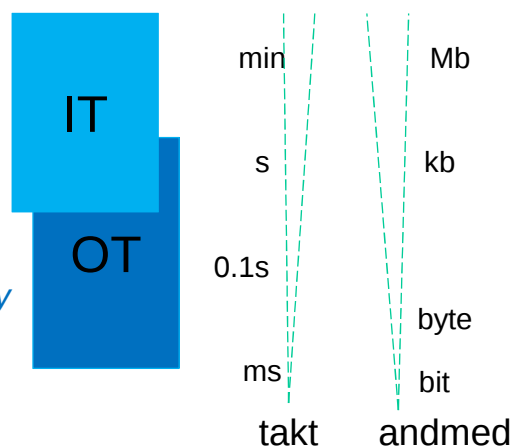
Andmesidevõrkude hierarhia (hoone)automaatikas

1. Äritase (ettevõtte juhtimine)
haldus, konfiguratsioon, aruandlus

2. Juhtimistase (*Automation*)
protsessi seire ja talitlusjärelvalve, protsessi juhtimine.

Operational Technology

3. *Field* (Seadmete: andurite, täiturite tase)



Fieldbus tagab andmesidet kahel alumisel tasemel ja võib olla nimetatud erinevalt.

IEC 61158 (2000,2010,2014) - field bus for industrial control systems

IEC 61784 (2002,2009,2016) - digital data communication in control systems

IEC 62734 (2014) - Industrial networks - Wireless communication network and CP's
- ISA 100.11a

IT & OT integration

Otsuste ja toimimise efektiivsuse parandamiseks (turvaline juurdepääs kolmandal osapoolel)

Vähem teeninduse kohalesõite, töötunde, rikkeid (kaughaldus parima kvalifikatsiooniga, ennetav hooldus)

Laiem osapoolete haaramine (kaugmonitoring, andmed kellel õigus)

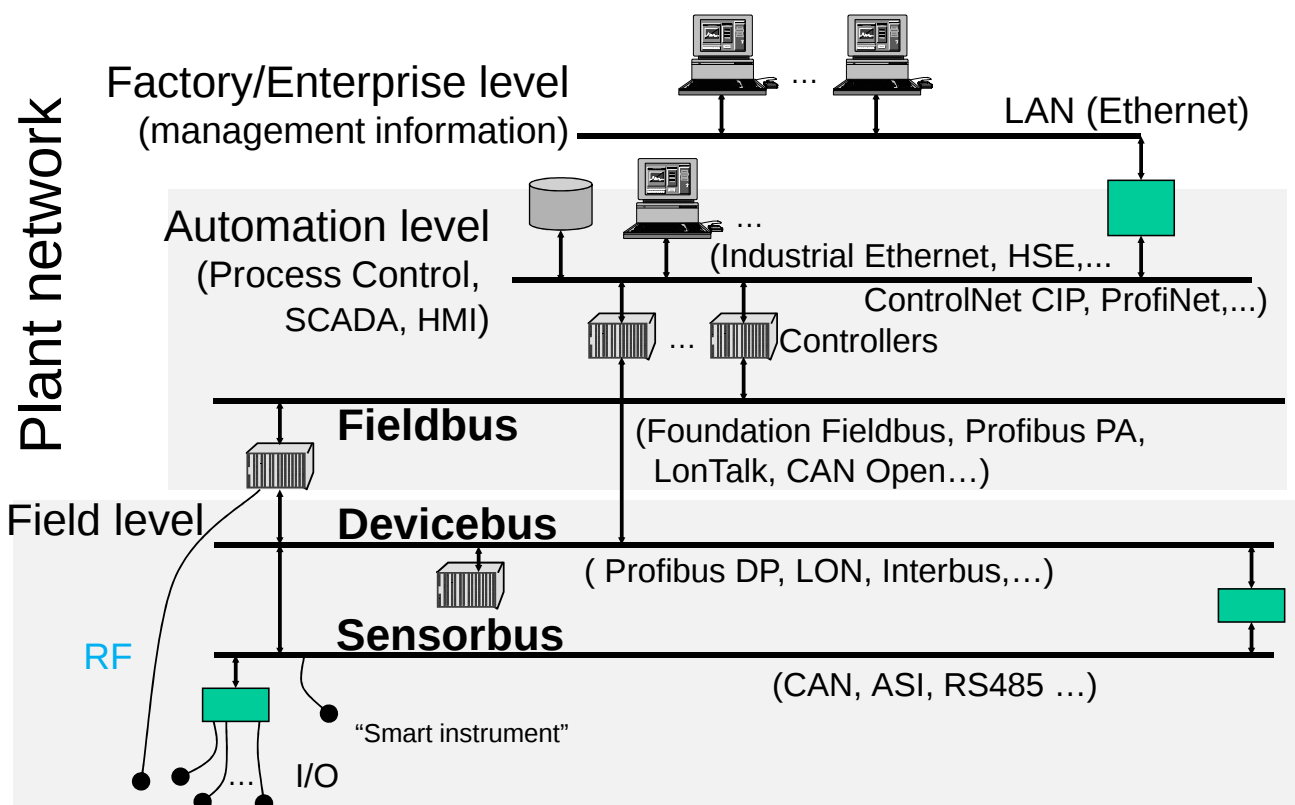
Väljakutse

Kahe valdkonna erinev arusaam ja alluvushierarhia. IT ja OT projektid arendatud eraldi. Integratsiooni turvalisus raskem saavutada. Pikem arendusprotsess. Pole ühest lahendust.

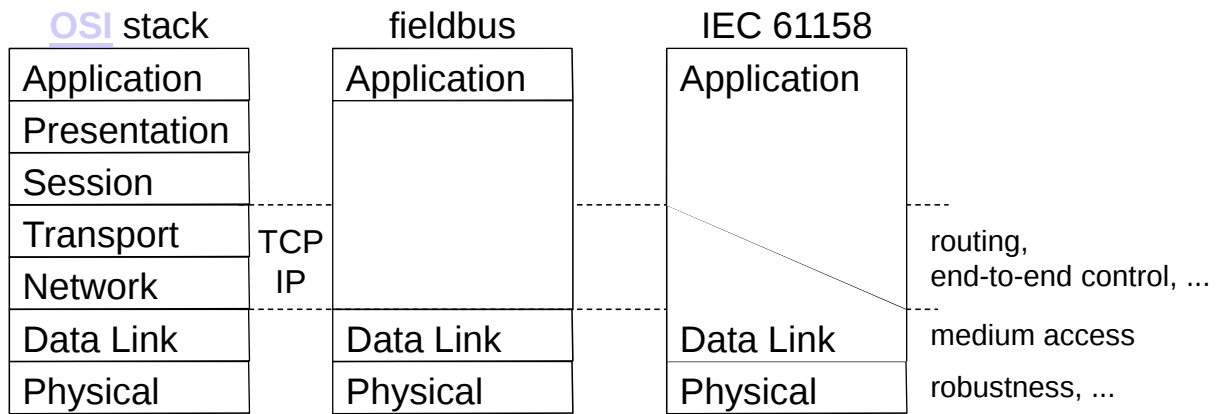
Vajadus

Kahe valdkonna tihe haaramine. Teadvustada muu kasu hinna kõrval. Visiooni püstitamine (strateegiad). Arendusprotsess kasu näitavate etappide kaupa.

Industrial networking



ISO OSI mudeli kihid *fieldbus-is (layer structure)*



Paljud tööstusliku andmeside standardid lisavad olemasoleva võrgustandardi kahele esimesele OSI mudeli kihile (füüsiline ja kanalikiht) oma spetsifikatsiooniga seitsmenda (rakenduskiht).

OSI Layer 7 (Application)	Profibus DP*	BACnet
OSI Layer 2 (Transport)	Fieldbus DataLink	IEEE 802.2
OSI Layer 1 (Physical)	RS 485 / optil. / Wireless	Ethernet

Hooneautomaatika süsteemides (LON, KNX, BacNet) vajatakse hierarhilist võrgu topoloogiat ja jaotus ainult kolmeks kihiks poleks piisav; lisaks nt Network layer.

*DP (*Decentralized Peripheral*)

Nõuded automaatika andmesidele

Juhtandmete (I/O uuendused ja kontrolleri-kontroller side) edastus peab olema deterministlik, (juht-kriitilised andmed) ajas korratav.

Automatiseerimise tasemel tuleb tagada (fail-safe) ülekandeaja määratus (püsivus) ja sõltumatus seadmetest, mis võrku lisanduvad või sealt lahkuvad.

Interoperability - koostalitlusvõime

Praktika näitas, et andmeside protokollide standardiseerimisest ei piisanud koostalitlusvõimeliste süsteemide loomisel.

Sertifitseerimine

Andmeobjektide semantika vajab täpsustamist

Protokolli kihtidele on lisaks vaja määrata ka sobivad *profiilid* e. koostoimivad kaasstandardid defineerides kõrgtaseme funktsioonide alamhulgad konkreetses rakendusvallas

Ühtlustatud konfigureerimise ja haldusvahendite vajadus
(SNMP, Directory Services, Web+XML)

Vertical integration

e. märkamatu automaatika (*fieldbus*) ja kõrgtaseme andmeside võrkude sidumine, võimaldamaks juurdepääsu suvalisele informatsioonile, suvalisel ajal üle Interneti.

Reaalaja *fieldbus* liikluse kooseksisteerimine mitteaajakriitilise andmevahetusega (konfigureerimise info jm. nt Weebipõhiste kasutajasõbralike teenuste info)

Kasutades sisseintegreeritud (*embedded*) web-servereid automaatika-seadmetes (nt. PLC-des) tunneldades TCP/IP üle *fieldbus*'i.

Võimalikuks võib osutuda automaatikaliidest täielik asendamine reaalaajanõuetele vastava Etherneti+UDP/TCP/IP lahendustega, kuigi praegu on lihtsamate seadmete *fieldbus* lahendused (nt. ASIC) siiski soodsamad (lihtsamad *fieldbus* kaabeldused on ka hinnalt ja paigalduselt odavamad).

Süsteemide hierarhilise struktuuri lamendumine (*backbone + fieldbus segments*)

Andmeturbe probleemid, ohukriitilistes süsteemides kasutamine.

Pilveteenuste laiem kasutuselevõtt

Pilveteenused on tarbija ja äri tooted, teenused ja lahendused, mida tarbitakse ja vahendatakse reaalajas üle andmesidevõrgu (reeglina üle Interneti)

- Andmete hulk ja mitmekesisus, mida arukast hoonest koguda on võimalik, nõuab tasemel andmete haldust ja analüütikat.
- *Open platform* pilvelahendus saab integreerida andmeid erinevate formaatidega allikatest ja neid ühtlustada vajaliku detailsusega kujule;
- lahendus saab olla paindlik (skaleeruv) edasiste mahtude ja arukuse kasvades;
- kulutusi teenusele saab sobitada kasutuspõhiselt; sobib ka väikestele tarbijatele;
- ühtlustatud veebipõhised kasutajaliidesed
- *Cloud computing*- Interneti vahendusel koostalitluses rakendused (pilves)

Süsteemide keerukuse kasv, arengusuunad

Suurem osa kulutustest võrgus olevate sõlmede tarkvara ja haldustarkvara arenduses.

Võrgusõlmede arvu kasv, hinna odavnemine ja arukuse lisandumine, tekitab keerukaid kümnetesse-sadadesse tuhandettesse sõlmedesse ulatuvaid kohtvõrke eelkõige suurhoonete (hoonekomplekside) süsteemides.

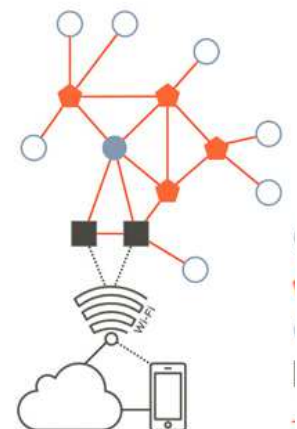
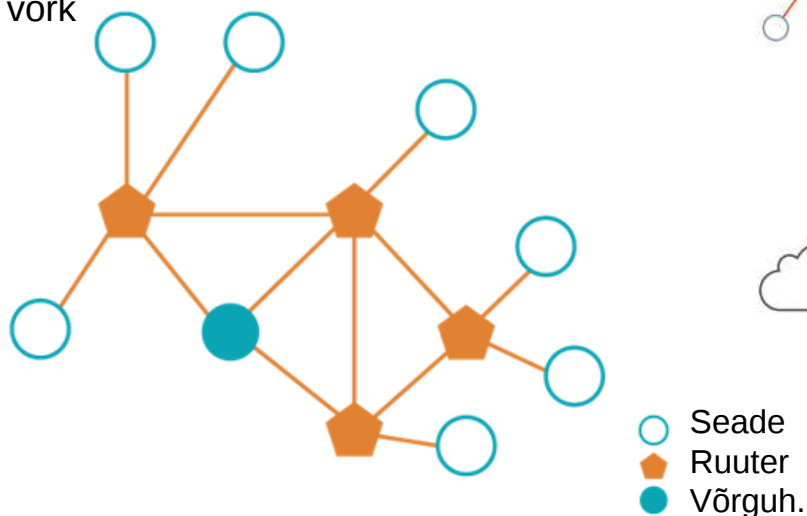
Sellised lahendused vajavad korralikku rakenduste hajutatust ja arendusvahendeid nende loomiseks. Vajadus lihtsama koostamise ja konfigureerumise järele süsteemi sisseseadmisel ja sõlmede lisandumisel. Moodustuvad **multiagent** süsteemid.

Suur osa automaatikaliidest haldustarkvarast on tootja põhine, omades erinevate süsteemi eluea aspektide (planeerimine, konfigureerimine, üleandmine, testimine, diagnostika, hooldus) haldamise tööriistu. Pigem toetavad topoloogilist, mitte funktsionaalset lähenemist. Vajadus unifitseeritud andmeobjektidel esitusele avatud andmebaasis (Network-Oriented Application Harmonization, IEC61804). OPC põhine lähenemine. Functional Blocks esitus (IEC 61499). Device description Libraries. XML

Mesh tüüpi võrgud

mesh e nn silmusvõrk on andmeside võrk, kus igal sõlmel on otseühendus mitme naabersõlmega.

(Ad hoc) suvalise topoloogiaga ruuterite ja hostide isekonfigureeruv võrk

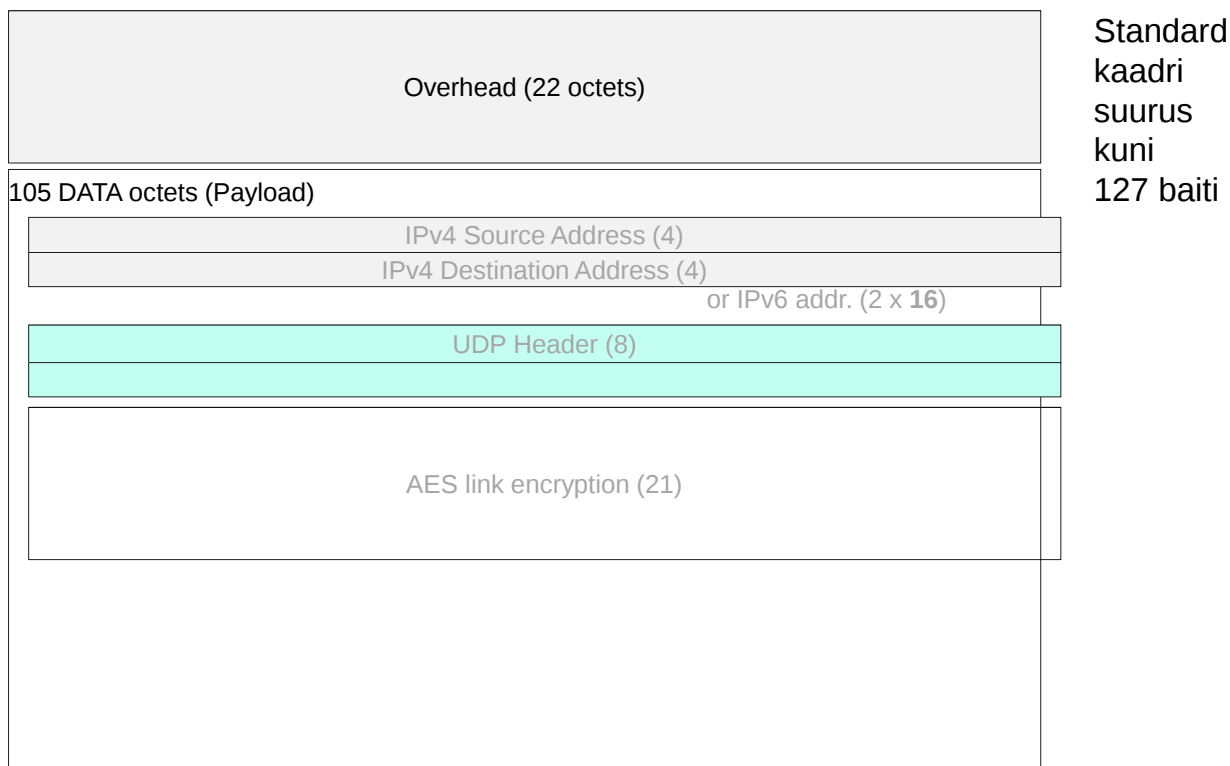


nt
IEEE 802.15.4 2.4 GHz mesh topol.
6LoWPAN
ZigBee

IEEE 802.15.4 „säästu“ juhtmevaba andmeside

Alumine ja MAC kiht. 868MHz, 2,4 GHz, 20...250 kbit/s

LR-WPAN (Low Rate Wireless Personal Area Network)



Erikaabelduseta võrgulahendused

Fieldbus wireless



IEEE 802.15.4 2.4 GHz, ZigBee Alliance <http://www.zigbee.org/>
(Ad-hoc) **mesh** network topology, proaktiivne
konfigureerimine ja rekonf., säästlik (eriti ZigBee PRO Green Power), IPv6



Bluetooth[®] /BLE (**Low Energy**) (BT v4.0) <https://www.bluetooth.org>

odavam, 128-bit AES encryption, 10-250 m,
BT v4.2 (12.2014) IP ühilduvus, IPSP lisab IPv6
2016 **V5.0**, seadistatav ulatus (kuni 4X suurem), LE compatible, 2017 **mesh**

6LoWPAN - IPv6 over Low power Wireless (IEEE 802.15.4) Personal Area Networks

<http://www.eliko.ee/smartstreet/>

Z-wave, EnOcean,



<http://threadgroup.org>

Toitevõrgupõhine andmeside (Power-line Communication – PLC)

Homeplug Alliance <http://www.homeplug.org> (kiire andmeside)

HomePlug Green PHY (Smart Energy IoT) IEEE P1901-2010

jms.

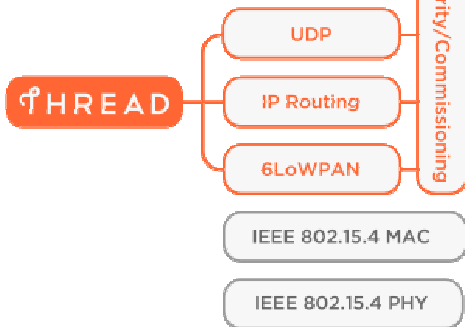
Thread

<http://threadgroup.org>

Closed-documentation (paid membership required for access to specifications) royalty-free networking protocol for Internet of Things (IoT) "smart" home automation devices ⁽²⁵⁰⁾ to communicate on a local wireless mesh network

ZigBee profiles → Application ← Devices Apps

<https://github.com/openthread/openthread>



IP addr., cloud access, AES encryption,

Router, Coordinator & Devices

<https://youtu.be/478IJRUvpTY>

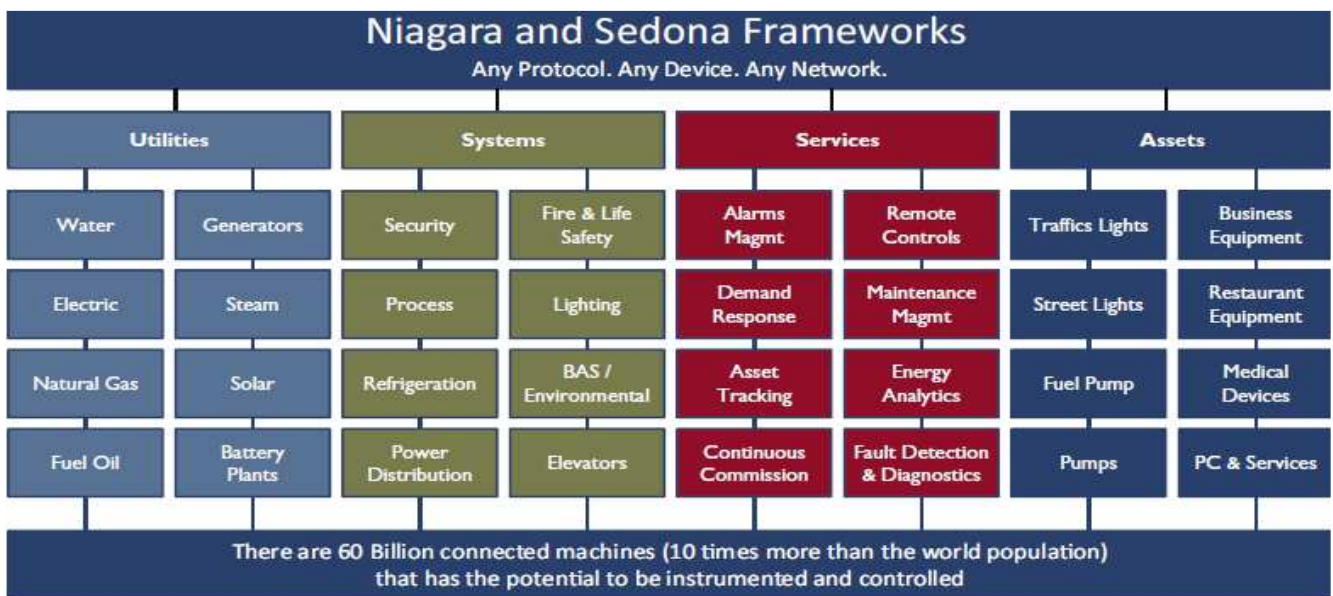
- IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks

<https://youtu.be/1OGoltSxG-s>



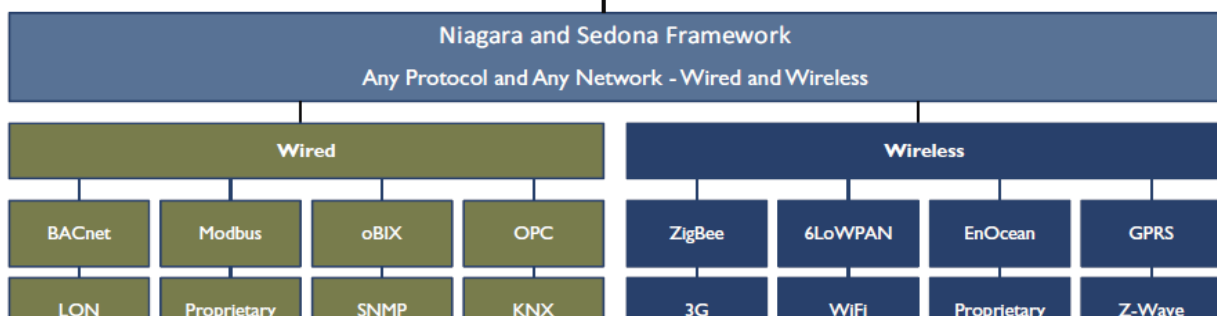
Certification
st 2015

Liikmed nt: **ARM**, Atmel, Belimo, Busch-Jaeger, D-Link, Daikin, Danfoss, Dell, Eaton, Grundfos, HP, htc, Huawei, Intel, Johnson Controls, Leadtek, Legrand, LG, LiteOn, Logitech, Marvell, Microsoft, Midea, **Nest**, NXP Semiconductors/Freescale, **Osram**, Philips, Phytel, P&G, **Qualcomm**, Realtek, Bosch, **Samsung**, Schneider Electric, Siemens, **Silicon Labs**, **Somfy**, Texas Instruments, Tieto, Zipato, Velux, Verizon, Viessmann, Whirlpool, Yale jpt.



IT Systems - TCP/IP, HTML, XML, SOAP

Source: **Tridium** and Frost & Sullivan



Protsessijuhtimise võrgu töö olulised erinevused tava LAN-ga

- rakenduste erilised nõuded, kõrgem töökindlus, tõrke ohtlikkus suur
- andmed enamjaolt lühikesed, determineeritud edastusega
- seadmed väiksema arvutusvõimsusega,
- füüsilisel kihil rangemad nõuded.

„Introduction to Industrial Control Networks“
Brendan Galloway and Gerhard P. Hancke, *IEEE*