

**WIRELESSHART™ PROSESSIAUTOMAATION
KENTTÄLAITTEIDEN TIEDONSIIRROSSA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Valkeakoski, 16.11.2009

Mikko Heikkilä

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Tietotie 1
37630 Valkeakoski

Työn nimi WirelessHART™ prosessiautomaation kenttälaitteiden
tiedonsiirrossa

Tekijä Mikko Heikkilä

Ohjaava opettaja Aimo Tikka

Hyväksytty _____ . _____ . 20 _____

Hyväksyjä

VALKEAKOSKI

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Tekijä

Mikko Heikkilä

Vuosi 2009

Työn nimi

WirelessHART™ prosessiautomaation kenttälaitteiden tiedonsiirrossa

TIIVISTELMÄ

Tässä työssä käsiteltiin HART-protokollaa ja siihen perustuvaa langatonta tiedonsiirtoa prosessiautomaatiossa. Lisäksi tutustuttiin yleisesti langattomiin anturiverkkoihin, niiden käyttökohteisiin ja standardeihin. Apuna työssä käytettiin tietoliikennetekniikan ja langattoman tiedonsiirron teorioita nykyaikaisen anturiverkon toiminnan selvittämiseksi.

Lisäksi tehtiin katsaus eri laitevalmistajien WirelessHART™-tuotevalikoimaan.

Käytännön osuudessa otettiin käyttöön yhteistyössä Emerson Process Management Oy:n kanssa Rosemountin WirelessHART™-anturiverkko Neste Oil Oyj:n Naantalin jalostamolla. Työn tavoitteena oli tuoda esille langattoman anturiverkon toiminnallisuus prosessiympäristössä, liitettävyyden automaatiojärjestelmään sekä eroavaisuudet perinteiseen kenttäväylätekniikkaan.

Työn lopputuloksena oli onnistunut uusien ja jatkuvien mittausten lisääminen, mikä parantaa kuumaöljykattilan toiminnan seuraamista.

Avainsanat: HART, kenttälaite, tietoliikenne, langaton

Sivut

42 s. + liitteet 3 s.

VALKEAKOSKI

Author

Mikko Heikkilä

Year 2009

Subject of Bachelor's thesis

WirelessHART™ in Data Transfer of the Field Devices of Process Automation

ABSTRACT

Keywords HART, field device, cordless data transfer, wireless

Pages 42 p. + appendices 3 p.

In this work, a HART-protocol and the cordless data transfer that is based on it were dealt with in process automation. Furthermore, wireless sensor networks, their applications and standards were studied. The theories of data communications technique and cordless data transfer were used in the work to help clarify the operation of a modern sensor network.

In addition, a survey of the different component manufacturers' WirelessHART™ product range was made.

In the practice part, a Rosemount WirelessHART™ sensor network was put into use at the Naantali refinery of Neste Oil Ltd in cooperation with Emerson Process Management Ltd. The objectives of the work were to study the functionality of the wireless sensor network in the process environment, the connectivity to the automation system and the differences compared with traditional fieldbus techniques.

The adding of new and continuous measurements has succeeded as a final result of the work that improves the supervision of the operation of the oil heating boiler.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	1
2. HART-PROTOKOLLA	1
2.1 Protokollan rakenne.....	2
2.2 HART-käskyt	3
2.3 Laitekuvaus	3
3. KENTTÄLAITE.....	4
4. YLEISTÄ TIETOLIIKENTEESTÄ.....	5
4.1 OSI-kerrosarkkitehtuuri	5
4.2 OSI-mallin käyttö.....	6
4.3 Siirtotie.....	7
4.4 Siirtotien haltuunotto.....	7
4.4.1 Kiertokysely	7
4.4.2 Vuoronsiirto.....	8
4.4.3 Kilpavaraus.....	8
4.5 Langattomien verkkojen topologioita	8
4.5.1 Tähtitopologia.....	8
4.5.2 Puutopologia.....	9
4.5.3 Mesh-topologia.....	10
4.6 Kanavanvaraus	11
4.6.1 FDMA-tekniikka	11
4.6.2 TDMA-tekniikka	12
4.6.3 CDMA-tekniikka.....	12
5. ANTENNI	12
6. RADIOAALLOT	13
7. LANGATTOMAT VERKOT JA STANDARDIT	14
7.1 802.15.4-standardin taajuusalueet.....	15
7.2 Modulointi.....	16
7.3 Lähetysteho	16
7.4 Langattoman anturiverkon käyttökohteita	16
8. WIRELESSHART™-VERKON TEKNIikka.....	17
8.1 TDMA.....	17
8.1.1 Synkronointi	18
8.1.2 Energiankulutuksen minimointi	19
8.2 Hajaspektritekniikka.....	19
8.3 Taajuushyppely	20
8.4 TSMP	20
8.4.1 Paketin rakenne	21
8.4.2 Kommunikaatiotaulukot.....	22
8.4.3 Laitetaulukot.....	23

8.5	Verkonmuodostus.....	23
8.6	Verkon gateway-yksikkö.....	26
8.7	TSMP-verkon suorituskyky	27
8.8	Verkon salaus	27
8.9	Teholähde.....	28
9.	AMST TM -KENTÄNHALLINTAOHJELMISTO.....	28
10.	ERI VALMISTAJIEN WIRELESSHART TM -LAITTEITA.....	29
10.1	Emerson Process Management.....	29
10.2	ABB.....	31
10.3	Endress+Hauser.....	31
10.4	MACTek.....	32
10.5	Pepperl+Fuchs.....	32
10.6	Siemens	33
11.	WIRELESSHART SUHTEESSA KENTTÄVÄYLIIN.....	33
12.	KÄYTÄNNÖN OSUUDEN LÄHTÖKOHDAT	34
13.	TOTEUTUS.....	34
14.	LOPPUTULOKSET	39
15.	YHTEENVETO.....	40
	LÄHTEET.....	41
	LIITTEET	
	LIITE 1 Laitteen konfigurointi AMS-ohjelmistolla	
	LIITE 2 Rajojen asettaminen	
	LIITE 3 Yleisnäkymä konfiguroidusta laitteesta	

1. JOHDANTO

Tässä työssä käsitellään langatonta, HART-protokollaan perustuvaa tiedonsiirtoa prosessiautomaatiossa. Käytännön osuudessa pyritään tuomaan ilmi langattoman verkon toimintaa oikeassa teollisuusympäristössä käyttäen Rosemountin valmistamia WirelessHART-kenttälaitteita.

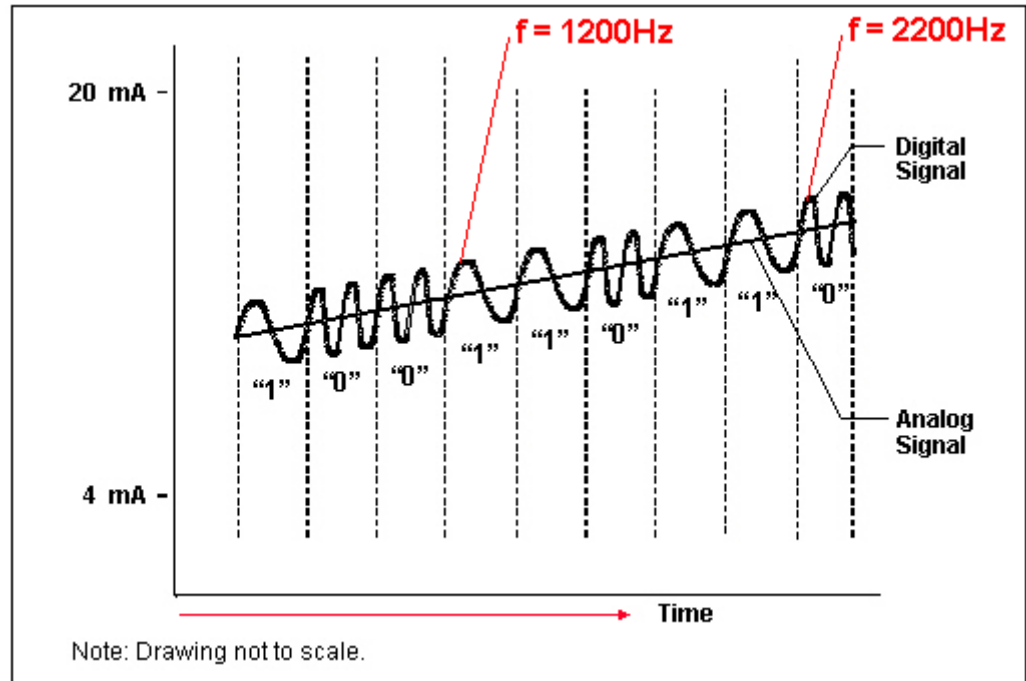
2. HART-PROTOKOLLA

HART (Highway Addressable Remote Transducer)-kommunikaatio on kaksisuuntainen, teollisuudessa käytettävä kenttäväyläprotokolla, jota käytetään älykkäiden kenttälaitteiden ja automaatiojärjestelmien väliseen kommunikointiin. HART- standardi on yleisesti tunnettu ja tänä päivänä valtaosa asennetuista älykkäistä kenttälaitteista on HART-yhteensopivia. Maailmanlaajuisesti asennettu HART- protokollaa tukeva laitekanta on yli kaksikymmentä miljoonaa.[1].

HART on ns. isäntä-renki-tyyppinen kommunikaatioprotokolla, joka kehitettiin 1980-luvun loppupuolella älykkäiden kenttälaitteiden konfigurointia ja käyttöönottoa varten. Myöhemmin 2000-luvulla mahdolliseksi tuli myös tiedonsiirto automaatiojärjestelmään. HART-protokolla perustuu Bell202-modeemiin ja taajuusmodulointiin, missä digitaalinen signaali muodostuu kahdesta sinitaajuudesta. Taajuus 1200 Hz vastaa digitaalista arvoa ”1” ja 2200 Hz arvoa ”0”. Järjestelmässä kulkee kaksisuuntainen, digitaalinen signaali samassa virtapiirissä 4 - 20 mA:n standardivirtaviestin kanssa. Digitaalinen signaali kelluu analogiasignaalin päällä ja sen keskiarvo on nolla, näin ollen se ei häiritse analogiasignaalia. Tiedonsiirtonopeus on 1200 bittiä sekunnissa yhteen suuntaan kerrallaan. Tämä tekniikka mahdollistaa kaksisuuntaisen kommunikaation kenttälaitteen ja järjestelmän välillä, sekä lisäinformaation lähettämisen/vastaanottamisen älykkäiltä kenttälaitteilta normaalin prosessimuuttujan lisäksi. HART-järjestelmän avulla mittauspiirille voidaan tehdä mm. seuraavia toimenpiteitä:

- konfigurointi: mittausalueen ylä- ja alarajojen määrittäminen, ja arvojen muuttaminen
- viritys ja kalibrointi: lähettimen kalibrointi ja nollaus, sekä uudelleen viritys ulkoista kalibraattoria käyttäen
- prosessiarvojen seuranta: mittasuureen seuranta
- diagnostiikka: virtasilmukan eheyden testaus ja hälytystietojen lukeminen.[1, s.161].

Kuvassa 1 on esitetty HART-signaali taajuusarvoineen.



KUVA 1 Yhtäaikainen analoginen ja digitaalinen signaali [3]

2.1 Protokollan rakenne

HART-protokolla perustuu seitsenosaiseen OSI (Open Systems Interconnection)-malliin, jonka on kehittänyt kansainvälinen standardointi-organisaatio (ISO). OSI-malli tarjoaa elementit ja rakenteet tiedonsiirtojärjestelmille. HART-protokolla käyttää suoranaisesti kolmea kerrosta OSI-mallista: fyysistä, siirtoyhteys- sekä sovelluskerrosta. Kerros 1, fyysinen kerros, operoi FSK- periaatteella, joka perustuu Bell 202 kommunikaatioon:

1. Datan siirtonopeus 1200 bit/s
2. Looginen "0" taajuus: 2200 Hz
3. Looginen "1" taajuus: 1200 Hz.

Kerros 2, siirtoyhteyskerros, muodostaa HART-viestin ja vastaa paketin eheydestä ja virheettömyydestä sekä lisää lähetykseen virheentarkistuskoodin. Siirtoyhteyskerros antaa myös kaikille laitteille verkossa mahdollisuuden kommunikoida vuoronperään valtuuden välitys (token-passing) tiedonsiirtomenettelyn avulla. Koska HART-protokolla on nk. isäntä renki-tyyppinen, niin isäntälaitte määrittää vuorot rengeille verkon käyttämiseen. Saatuaan käskyn isäntälaitteelta renki käsittelee käskyn ja lähettää vastauksen.

Kerros 7, sovelluskerros, tuo käyttöön käskyt ja vastaa laitteiden tunnistuksesta. Isäntälaitte lähettää rengeille viestin, jossa pyydetään ennalta määriteltäviä ja nykyisiä arvoja sekä mitä tahansa muuta dataa tai parametreja joita laitteelta voi saada.

Kenttälaitte käsittelee kyseiset ohjeet niin kuin HART-protokollassa on määritelty. Vastausviesti, jonka laite lähettää isännälle, on varustettu tilatiedolla ja varsinaisella datalla.[2]. Taulukossa 1 on vertailtu HART-protokollaa suhteessa OSI-malliin.

TAULUKKO 1 OSI- HART- vertailu [2]
OSI- mallin seitsemän kerrosta

HART käyttää kolmea kerrosta

<i>Kerros</i>	<i>Toiminto</i>	<i>HART</i>
7. Sovelluskerros	Käyttäjän sovelluksien sijoittuminen	HART- käskyt
6. Esitystapakerros	Tieto käyttäjälle sopivaan muotoon	
5. Istuntokerros	Huolehtii dialogista	
4. Kuljetuskerros	Pakettien perille saattaminen	
3. Verkkokerros	Reititys ja kohteen löytäminen	
2. Siirtokerros	Laitteiden välinen liikennöinti	HART-protokollan ohjesäännöt
1. Fyysinen kerros	Kytkee laitteet	Bell 202

2.2 HART-käskyt

HART-laitteiden välinen kommunikaatio perustuu käskyihin. HART-käskylista takaa yhdenmukaisen kommunikaation kenttälaitteille valmistajasta riippumatta. Käskylista jakautuu kolmeen eri ryhmään:

1. Yleiset käskyt (Universal Commands) löytyvät jokaisesta HART-laitteesta. Laitteiden pitää tunnistaa yleiset käskyt, koska niistä ilmenee mm. valmistaja, prosessimuuttuja ja suure.
2. Yhdenmukaiset käskyt (Common Practice Commands) riippuvat laitevalmistajasta. Tällaisia käskyjä voivat olla mm. laitteen kalibrointi ja resetointi.
3. Laitekohtaiset käskyt (Device Specific Commands) niin ikään riippuvat laitevalmistajasta. Laitevalmistajilla on mahdollisuus lisätä uusia toimintoja laitteisiinsa. Laitekohtaisia käskyjä ja tietoja ovat esim. ensisijaisen prosessimuuttujan valitseminen ja laitteen materiaalitiedot.[3].

2.3 Laitekuvaus

Laitekuvaus (Device Description) on tekstimuotoinen kuvaus kenttälaitteen tiedoista ja toiminnoista. Laitekuvaus kertoo tarkalleen mitä kyseessä olevalle laitteelle voi tehdä HART-kommunikaation avulla. Laitekuvaus on kirjoitettu tavalliseen tekstimuotoon, mutta se muutetaan tehokkaammaksi ja käytännöllisemmäksi koodiksi. Laitekuvaus kuvaa pääasiassa muuttujat, käskyt, menetelmät ja valikot.

Laitteesta kaikki saatavilla oleva tieto on sisällytetty laitekuvaukseen, esimerkkinä prosessimittaukset ja kaikki sisäiset parametrit, kuten mitta-usalue, anturin tyyppi ja laitteen materiaalitiedot.[3].

Laitekuvaukseen määritellään jokaisesta muuttujasta (Variables) ainakin seuraavat tiedot: muuttujan datatyyppi, nimi, vaihtoehtoiset yksiköt ja mahdollisesti kuvaus muuttujasta sekä käyttötarkoituksesta.[3].

Jokaiselle käskylle (Commands) ja käskyn vastaukselle laitekuvaus määrittelee datarakenteen./3/.

Menetelmissä (Methods) kuvataan toiminnoille menettelytapa. Niissä voidaan esimerkiksi neuvoa käyttäjää kalibroimaan laite uudelleen.[3].

3. KENTTÄLAITE

Kenttälaitte voidaan jakaa kahteen eri osaan, anturiin ja lähettimeen. Anturi on laite, joka muuntaa fysikaalisen suureen, prosessisuureen, sähköisesti luettavaksi suureeksi, esim. jännitteeksi, virraksi, impedanssiksi tai taajuudeksi. Anturi voi olla aktiivinen tai passiivinen. Aktiivinen anturi generoi suoraan lähtösignaalinsa, esim. mitattavaan suureeseen verrannollisen jännitteen. Passiivisen anturin lähtösignaalin lukemiseen tarvitaan erillinen energialähde, esim. vastusarvon mittaamisen tarvittava virta. Sitä anturin osaa, johon mittasuure välittömästi vaikuttaa, sanotaan tuntoeli-meksi.[4].

Mittalaitteen lähetinosaa käytetään anturin lähtösignaalin eteenpäin välit-tämiseen kenttälaitetasolta ylemmälle tasolle esim. ohjelmoitavaan logiikkaan tai automaatiojärjestelmään. Anturin lähettimessä suoritettava anturin lähtösignaalin muokkaus voi käsittää laadunmuunnoksen, vahvistuksen tai kompensoinnin. Anturilähettimen lähtösignaalina on standardiviesti.[4].

Nykyään puhutaan ”älykkäistä” kenttälaitteista, millä tarkoitetaan sitä, että laite pystyy itse prosessoimaan mittaamaansa tietoa. Älykkäistä kenttälaitteesta löytyy yleensä mikroprosessori, ohjelma- ja datamuistia sekä liittimiä. Lisäksi laitteesta voi löytyä laskureita, matematiikkaydin, reaaliaika-kello sekä sarjaliikenne- ja väyläohjain. Nämä ominaisuudet mahdollistavat loogisten toimintojen toteuttamisen, kaksisuuntaisen kommunikoinnin ja itsenäisten päätösten tekemisen. Esimerkiksi paineanturiin liitetyn lämpötila-anturin mittaaman toimintalämpötilan perusteella voidaan tehdä painemittauksen lämpötilakompensointi ja näin saavuttaa parempi mittaus-tarkkuus. Älykkäiden kenttälaitteiden monipuoliset diagnostiikkaominaisuudet mahdollistavat laitevikojen havaitsemisen ennen niiden varsinaista syntymistä. Nämä ominaisuudet ovat tärkeitä ennakoivan kunnossapidon kannalta, sillä niiden avulla voidaan estää tuotantokatkoksia ja parantaa koko prosessin toimintaa. [5].



KUVA 2 Rosemount- lämpötilalähetin [21]

4. YLEISTÄ TIETOLIIKENTEESTÄ

Tietoliikenne tarkoittaa yleisellä tasolla tiedon välitystä lähettäjältä vastaanottajalle. Postikortin lähettämistä voidaan pitää tietoliikenteenä siinä missä sähköpostinkin, toimitustapa on vain hieman erilainen.

Tietoliikenteessä tärkeimpänä vaatimuksena on hyvä signaali. Mitä paremmin vastaanotettu signaali vastaa lähetettyä signaalia, sitä parempi yhteys. Signaali voi olla joko jännitettä tai virtaa ja johdin kuparikaapelia. Langattomissa järjestelmissä signaalina on sähkömagneettinen säteily ts. radioaallot.[6].

4.1 OSI- kerrosarkkitehtuuri

OSI- kerrosarkkitehtuuri on malli, jossa tietoliikennejärjestelmä on jaettu kerroksiin. Kerrosajattelu perustuu siihen, että ylempi kerros käyttää hyväkseen alempia kerroksia. OSI- malli on ISO:n kansainvälinen standardi ja se jakautuu seitsemään eri kerrokseen:

1. Fyysinen kerros: määrittelee siirtoyhteyden mekaaniset, fyysiset ja toiminnalliset osuudet. Tehtävänä on konvertoida bittejä sähköisiksi pulseiksi, valoksi tai radiotien signaaliksi.
2. Siirtoyhteyserkerros: ylläpitää kahden pisteen välistä yhteyttä, havaitsee fyysisellä kerroksella tapahtuneet siirtovirheet sekä korjaa ne, tietovuon hallinta: siirtoyhteyserkerros ei salli fyysiselle kerrokselle enempää dataa kuin vastaanottaja pystyy käsittelemään.

3. Verkkokerros: tarjoaa tietoverkon yli yhteyden, joka ei ota kantaa verkon rakenteeseen, sanomien reititys.
4. Kuljetuskerros: tarjoaa tiedonsiirtoyhteyden kahden päätepisteen välille.
5. Istuntokerros: huolehtii sovellusten välisistä ohjaustoiminnoista kuten yhteyden muodostamisesta ja siihen liittyvästä siirtoyhteyspalvelun varaamisesta.
6. Esitystapakerros: sopii yhteisestä tiedon esitystavasta päätelaitteiden välillä.
7. Sovelluskerros: tarjoaa sovelluksille rajapinnan OSI-järjestelmään. [6, s. 7 – 11].

4.2 OSI-mallin käyttö

OSI-kerrosarkkitehtuuri kuvaa tiedon kulkua tietoverkossa alkaen ylimmästä kerroksesta. Kerrokset ottavat vastaan palvelupyynnön ylemmältä kerrokselta ja esittävät omansa alemmalle kerrokselle.[6]. Kuvassa 3 on esitetty OSI-malli.



KUVA 3 ISO:n-OSI-malli.[22]

Siirtoyhteyserros jakautuu kahteen alikerrokseen, LLC (Logical Link Control)-alikerrokseen ja MAC (Media Access Control)-alikerrokseen. LLC:n tehtävänä on kontrolloida siirtokerroksen kommunikaatiota. MAC-alikerros on puolestaan vastuussa virheettömästä tiedonsiirrosta. MAC-alikerros sisältää MAC-osoitteen. MAC-alikerros sisältää myös toiminnot, joilla tarjotaan pakettipohjainen yhteydetön tiedonsiirto verkon laitteiden välillä. MAC-alikerroksen tärkeimpiä tehtäviä ovat kehysten rajoittaminen

ja tunnistaminen, määränpääaseman tunnistaminen ja lähde-aseman osoitetietojen luovuttaminen. [14, s. 22 – 23]

4.3 Siirtotie

Teknisesti siirtotie on kanava, jota pitkin lähettäjän informaatio siirtyy vastaanottajalle. Tällaista kanavaa voidaan käyttää monella tavalla, ja käyttötapaan vaikuttavat sekä siirtotien ominaisuudet, käytettävissä olevat tiedonsiirtolaitteet että tiedonsiirtopalveluja käyttävät sovellukset.

Yksisuuntainen tiedonsiirto tarkoittaa yhteyttä, jossa tietoa siirretään johdinparia pitkin vain yhteen suuntaan. Tyypillisiä tällaisia kohteita ovat lämpötilojen ja nestepintojen tilaa koskevat tiedonsiirrot.

Vuorosuuntainen tiedonsiirto tarkoittaa myös yksisuuntaista yhteyttä, mutta siinä käyttösuuntaa voidaan vaihtaa liikennöinnin aikana. Jos osapuolet A ja B lähettävät viestejä toisilleen käyttäen vuorosuuntaista yhteyttä, niin se tapahtuu siten, että ensin lähettää A viestin B:lle ja sitten käyttösuunta vaihdetaan. Mm. WLAN-verkot käyttävät vuorosuuntaista yhteyttä.

Kaksisuuntaisella tiedonsiirrolla tarkoitetaan puolestaan yhteyttä, jossa nimensä mukaisesti siirretään tietoa kahteen suuntaan. Perinteinen kaksisuuntainen yhteys käyttää kahta johdinparia, joista toinen kuljettaa tietoa ylävirtaan ja toinen alavirtaan. Tämä menettely on nykyään käytössä nopeissa Ethernet-lähiverkoissa.[6, s.74 – 76].

4.4 Siirtotien haltuunotto

Siirtotien haltuunottomenetelmiä ovat mm. kiertokysely, vuoronsiirto ja kilpavaraus.

4.4.1 Kiertokysely

Kiertokyselyssä isäntälaitte ohjaa liikennettä ja se käy määrävälein kysymässä muilta laitteilta onko niillä lähetettävää. Jos jollakin laitteella on sanoma odottamassa siirtoa, se vastaa lähettämällä sanoman tai se kuittaa kyselyn. Kun isäntälaitte puolestaan haluaa lähettää sanoman jollekin päätelaitteelle, se joko lähettää sanomansa kysymättä lupaa päätelaitteelta, tai kysyy lupaa ja lähettää sitten. Kiertokyselystä käytetään myös nimitystä isäntä-renki ja sen etuna on verkon resurssien helppo hallinta. Mm. HART perustuu isäntä-renki kommunikaatioprotokollaan.

4.4.2 Vuoronsiirto

Vuoronsiirto perustuu ajatukseen, että kaikki verkossa olevat laitteet ovat samanarvoisia ja että aika jaetaan tasapuolisesti näiden laitteiden kesken. Kun tietyllä laitteella on puheenvuoro, se voi osoittaa sen suoraan jollekin toiselle laitteelle. Vuoronsiirrossa lähetysvuoron vaihtumista ohjataan lähettämällä vuoronsiirtosanomaa. Kun laite on lähettänyt sanomansa toiselle laitteelle, se siirtää vuoronsiirtosanomaa järjestyksessä seuraavalle laitteelle verkossa.[6].

4.4.3 Kilpavaraus

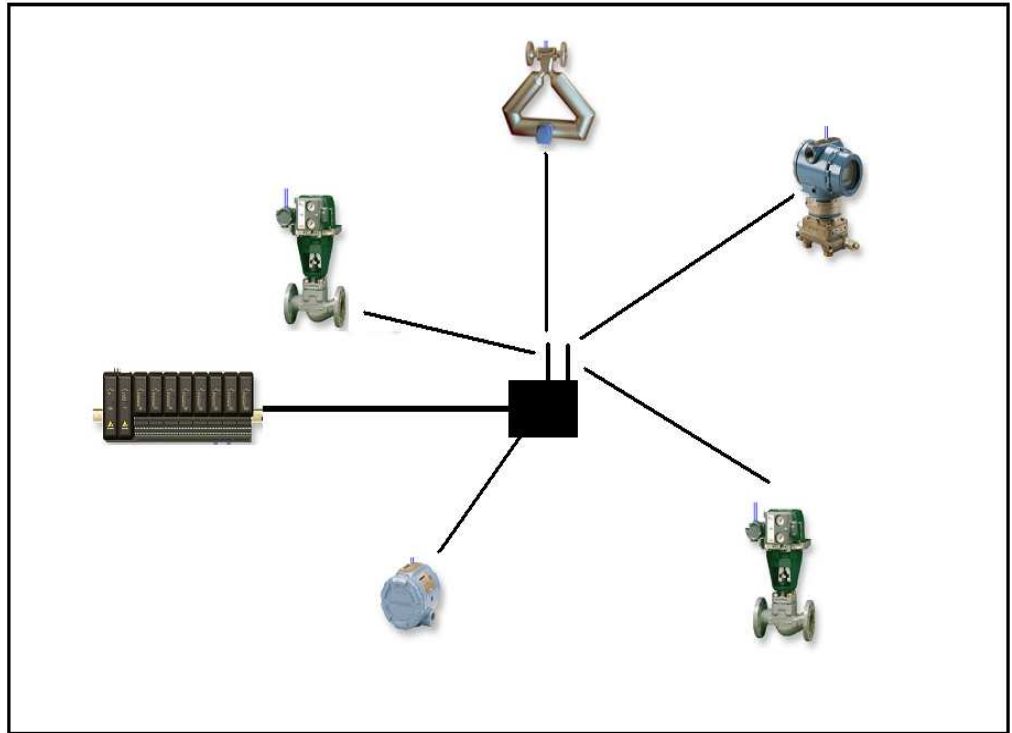
Kilpavaraus puolestaan perustuu siihen, että jokaisella laitteella on yhtäläinen oikeus lähettää sanomia koska tahansa. Tekniikoita on monia ja joista ehkä tunnetuin on CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect)-tekniikka. Kilpavarausverkossa on suuri todennäköisyys sille, että kaksi laitetta lähettää sanoman samaan aikaan ja siitä johtuen tapahtuu törmäys. Jos törmäys tapahtuu, niin sanomat tuhoutuvat. CSMA/CD-tekniikalla voidaan välttää törmäyksiä, pienentää törmäyksen todennäköisyyttä tai keskeyttää viestin lähetys jos törmäys havaitaan. Linjaa voidaan siis kuulostella ja lähettää viesti silloin, kun se vaikuttaa olevan vapaana. [6, s. 255 – 259].

4.5 Langattomien verkkojen topologioita

Langattomassa verkossa laitteet voidaan asettaa eri tavoin käyttötarkoituksen mukaisesti. Topologiat kuvaavat eri malleja kuinka laitteita voidaan verkottaa.

4.5.1 Tähtitopologia

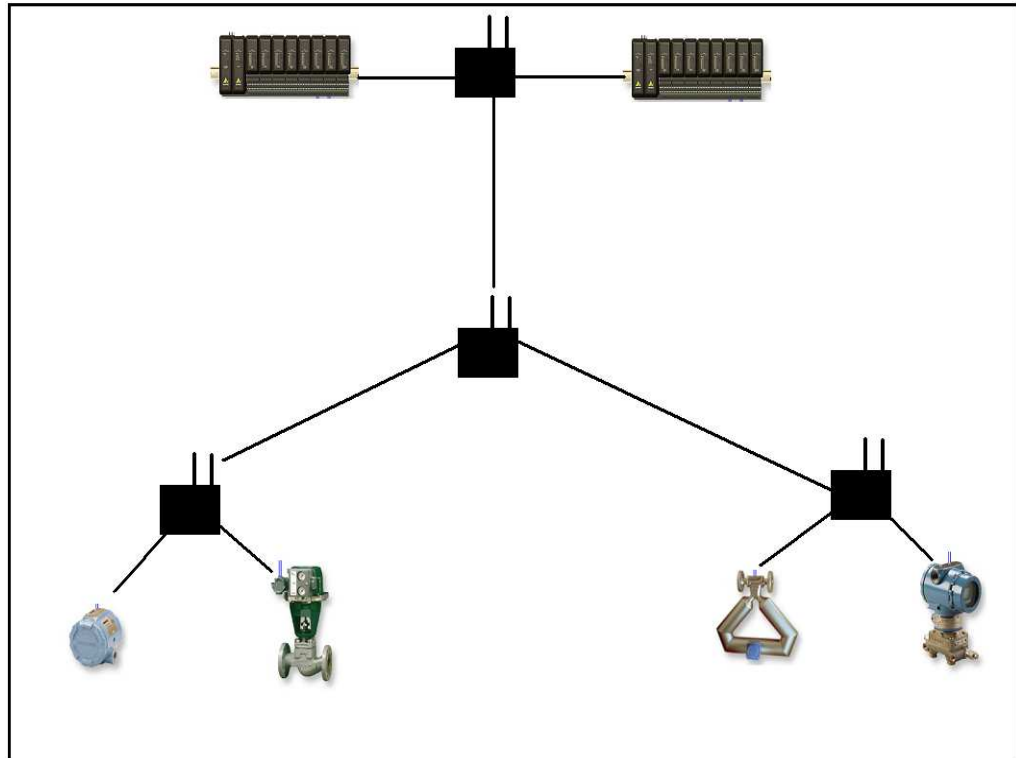
Tähtitopologia on point-to-point arkkitehtuuri, missä yksilölliset langattomat laitteet (solmut) kommunikoivat suoraan yhdyskäytävän kanssa. Laitteet eivät kykene kommunikoimaan keskenään. Yhdyskäytävä (gateway) välittää datan eteenpäin väylää pitkin esimerkiksi automaatiojärjestelmään, joko suoraan tai toisen verkon välityksellä. Tähtitopologia on hyvä valinta sellaisiin sovelluksiin, joiden täytyy kattaa vain pieni alue. Huonona puolena tähtitopologiassa on haavoittuvaisuus, jos keskusyhdyskäytävään tulee vikaa, koko verkko lopettaa toimintansa.[7, 8]. Kuvassa 4 on tähtitopologia.



KUVA 4 Tähtitopologia [9]

4.5.2 Puutopologia

Kuten langoitettut järjestelmät, langattomatkin voidaan organisoida puutopologiaksi. Puutopologiassa laitteet ovat konfiguroitu tavallaan omaksi verkoksi, jotka puolestaan ovat yhteydessä yhdyskäytävään. Yhdyskäytävä puolestaan on yhteydessä hierarkisesti ylempänä olevaan yhdyskäytävään, joka on lähempänä langallista verkkoa.[9]. Kuvassa 5 on puutopologia.

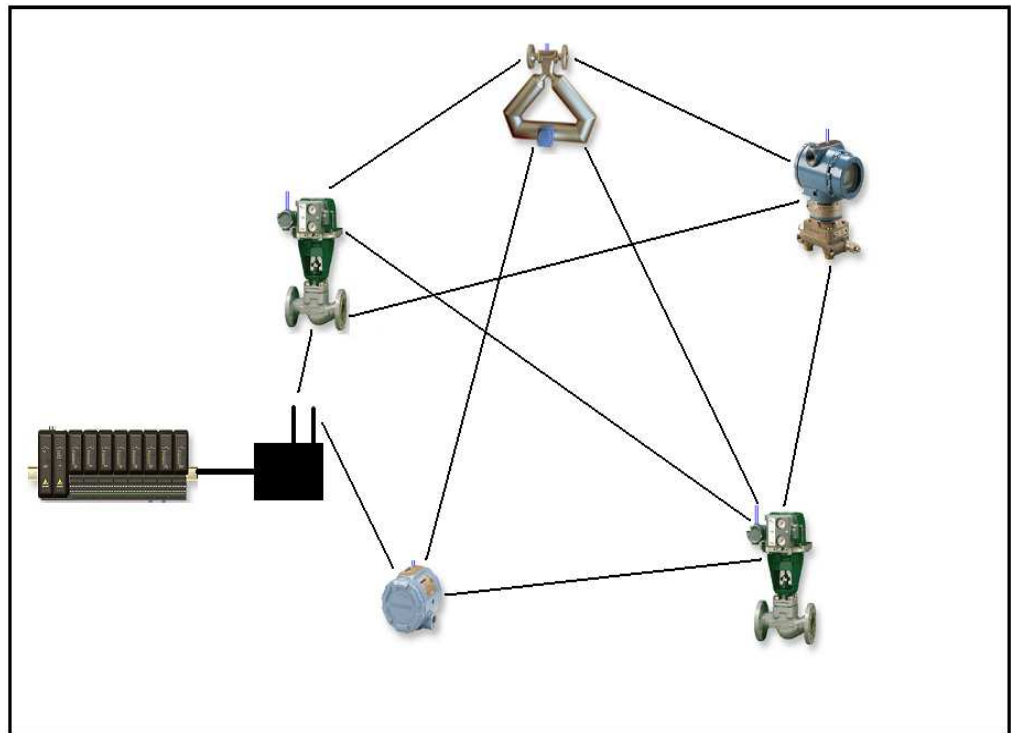


KUVA 5 Puutopologia [9]

4.5.3 Mesh-topologia

Toisin kuin tähtitopologiassa, mesh-topologiassa verkon laitteet voivat kommunikoida toistensa kanssa. Sanomat voivat ”hyppiä” solmulta solmulle kunnes saapuvat yhdyskäytävälle. Tätä ominaisuutta kutsutaan monihyppelyksi. Mesh-topologian etuina voidaan pitää helppoa laajennettavuutta ja korkeaa viansietokykyä. Silloin kun verkkoon lisätään uusia laitteita, riittää että mikä tahansa verkon solmuista on kantoetäisyydellä, eli uutta yhdyskäytävää ei tarvitse lisätä järjestelmään. Jokaisella laitteella on enemmän kuin yksi reitti yhdyskäytävälle ja muille laitteille. Jos tavanomainen reitti on tukittu esim. tilapäisellä esteellä, niin viestit pääsevät perille vaihtoehtoisia reittejä pitkin. Tämä tekee verkosta redundanttisen.

Tavanomainen mesh-verkko vaatii sen, että solmut ”kuuntelevat” jatkuvasti toisten solmujen lähettämiä viestejä. Tämä ns. jatkuva hereillä olo kuluttaa tehölähdettä tarpeettomasti. Uusilla tekniikoilla kuten esim. TSMP-tekniikalla pystytään kuitenkin välttämään tämä ongelma, sillä niissä solmu on aktiivinen vain lähettäessään, vastaanottaessaan ja itse mittausprosessin aikana.[7]. Kuvassa 6 on mesh-topologia.



KUVA 6 Mesh-topologia [9]

4.6 Kanavanvaraus

Jokainen langaton järjestelmä saa käyttöönsä yhden tai useamman radiokaistan, jolla järjestelmän osapuolet liikennöivät. Järjestelmän sisällä on menetelmä, joka määrää, miten käytössä oleva siirtotie jaetaan käyttäjien kesken. Menetelmää kutsutaan kanavanvaraukseksi.

4.6.1 FDMA-tekniikka

Järjestelmässä, jossa radiokaista jaetaan osa-alueisiin (kanaviin) ja jossa järjestelmä jakaa käyttäjille radiokanavan yhden yhteyden ajaksi käytetään nimitystä FDMA (Frequency Division Multiple Access) tai taajuudenjakokanavointi. FDMA-järjestelmässä käyttäjät voivat varata kanavia tarpeidensa mukaisesti. Käytössä olevista kanavista voidaan varata yksi tai useampi yhteyksien hallintaan, ja muita käytetään liikennöintikanavina. Mm. vanha analoginen NMT-järjestelmä toimi FDMA-tekniikalla.[10].

4.6.2 TDMA-tekniikka

TDMA (Time Division Multiple Access) on tekniikka, jossa aikaa jaetaan eri käyttäjien kesken. Radiotiellä on taajuuden jako ja sen sisällä aikajako, vaikka järjestelmällä olisi käytössä vain yksi taajuusalue. Aikajako perustuu siihen, että jokainen laite verkossa saa lähetyvuoron hetkeksi.

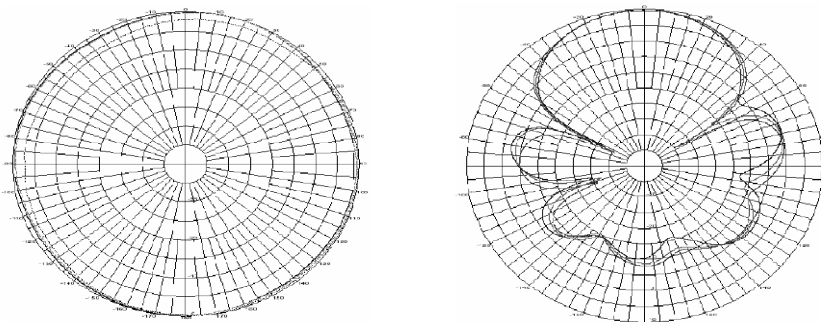
Puheenvuoro kiertää laitteelta toiselle ja täyden kierroksen jälkeen palaa takaisin ensimmäiselle laitteelle. Näin informaatio muodostuu aikaväleistä (timeslots), jotka sisältävät näytteitä eri laitteiden datasta. TDMA-tekniikka vaatii synkronointia, jotta laitteet tietävät oikean lähetyaikansa. [10].

4.6.3 CDMA-tekniikka

CDMA (Code Division Multiple Access) on kanavanvarausmenetelmä, mikä alun perin kehitettiin sotilaskäyttöön. Tekniikan peruserätyksenä on jakaa perinteisen kapeakaistaisen signaalin bittiaika osiin, joista käytetään nimitystä lastu (chip). Näiden lastujen lukumäärä bittiä kohti voi olla vaikkapa 64 tai 128. Nyt yksi bitti ei muodostu tilamuutoksesta, vaan sen esittämiseen tarvitaan 64 tai 128 lastua. Laitteen lähettämät bittivirrat tunnistetaan lastuista muodostuvan koodin perusteella. [10].

5. ANTENNI

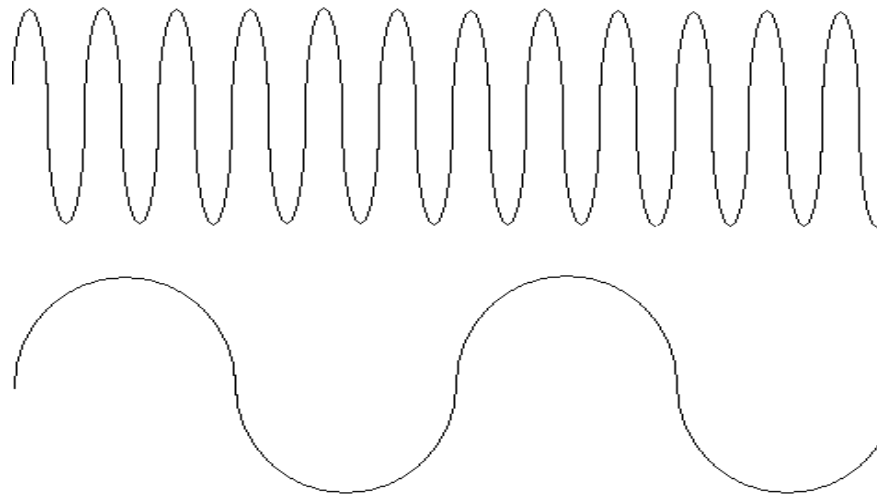
Antennin tehtävänä on vahvistaa, joko vastaanotettavaa signaalia tai lähetettävää signaalia. Hyvin usein samaa antennia voidaan käyttää tiedon lähettämiseen ja vastaanottamiseen. Antennin pituus on usein lähety- tai vastaanottotaajuus tai sen monikerta. Antennit voidaan jakaa karkeasti kahteen luokkaan: ympärisäteileviin ja suunnattuihin antenneihin. Ympärisäteilevä antenni säteilee joka suuntaan yhtä voimakkaasti, mutta näin tapahtuu vain teoriassa. Käytännössä kaikilla antenneilla on suuntaavia vaikutuksia. Suunnatun antennin säteily jaetaan pää-, taka- ja sivukeiloihin. Suunnattua antennia voi verrata auton ajovalokeilaan, jossa suuntaus eteenpäin on voimakkain. [11, s.4-5]. Kuvassa 7 on esitetty suunnatun ja ympärisäteilevän antennin säteilykuviot.



KUVA 7 Ympärisäteilevän ja suunnatun antennin säteilykuviot [11]

6. RADIOAALLOT

Radioaallot ovat värähtelevää elektromagneettista säteilyä. Yksi aalto on sinimuotoinen, millä on amplitudi, taajuus, jakso ja vaihe. Elektromagneettinen säteily kuljettaa energiaa, jonka suuruus kuvautuu amplitudin voimakkuutena. Etäisyyden kasvaessa amplitudi pienenee. Tyhjiössä elektromagneettiset aallot eivät kohtaa esteitä, kuten ilmaa, rakennuksia tai muita esteitä. Kaikki edellä mainitut kuitenkin vaimentavat tai muuttavat säteilyn kulkua. Matalataajuudelliset radioaallot eivät vaimene niin nopeasti kuin korkeataajuiset. Kuvassa 8 on esitetty korkea- ja matalataajudellinen radioaalto [11, s.6].



KUVA 8 Korkea- ja matalataajudellinen radioaalto [11]

Hyvänä esimerkkinä matala- ja korkeataajuuksisten radioaaltojen etenemisessä voidaan pitää esimerkiksi FM-radiolähetyksiä ja tietokoneen langatonta hiirtä. Siinä missä radiolähetykset kulkevat hyvin pitkiä matkoja lähetysasemalta omaan kotiradioon, niin langattoman hiiren toimintasäde puolestaan rajoittuu noin kymmeneen metriin tietokoneen ympärillä.

7. LANGATTOMAT VERKOT JA STANDARDIT

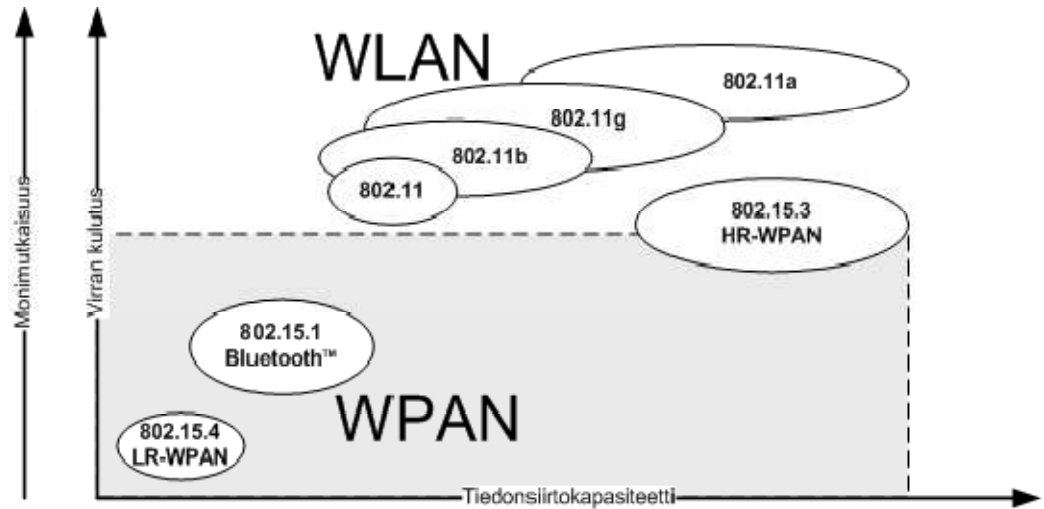
Langattomia verkkoja ja standardeja on olemassa useita erilaisia. Langattomat lähiverkot (WLAN) suunniteltiin suuren toimintasäteen, suuren laitekannan, raskaiden tiedostojen ja saumattoman liikkumisen tekniikaksi. PAN-verkkojen (WPAN) toimintasäde on puolestaan kymmeniä metrejä liikkuvan tai paikallaan olevan kohteen ympärillä. Taulukossa 2 on vertailtu kolmea yleistä IEEE-standardin mukaista langatonta tekniikkaa.

TAULUKKO 2 *Langattomien verkkojen ominaisuuksia [8]*

	802.11b	802.14.1	802.15.4
	WLAN	Bluetooth	LR-WPAN
Toimintasäde	~100m	~10-100m	10m
Tiedonsiirtokapasiteetti	~2-11Mb/s	1Mb/s	≤0,25Mb/s
Virran kulutus	keskiverto	matala	erittäin matala
Koko	laaja	keskilaaja	pieni
Hinta/monimutkaisuus	korkea	keskiverto	matala

IEEE 802.15.4 Working Group jakaa WPAN-verkot kolmeen luokkaan tiedonsiirtokapasiteetin, virrankulutuksen ja QoS (Quality of Service)-ominaisuuksien mukaan. 802.15.3 on korkeimman tason HR-WPAN-verkko (High Rate Wireless Area Network) esimerkiksi multimediasovelluksille. Keskitason MR-WPAN-verkko puolestaan on suunniteltu korvaamaan fyysisiä kaapeliyhteyksiä laitteiden välillä. Tästä hyvä esimerkki on Bluetooth, joka on suunniteltu puhelinten ja oheislaitteiden väliseen tiedonsiirtoon, kuten esimerkiksi Hands-Free laitteiden äänensiirtoon. Matalimman tason LR-WPAN-verkot on suunniteltu yksinkertaisille sovelluksille, joissa elementteinä ovat matala virrankulutus ja alhaiset kustannukset. Näitä verkkoja edustaa IEEE 802.15.4-standardi. 802.15.4-standardi määrittelee kaksi alimmaista kerrosta OSI-mallin seitsentasoisesta tiedonsiirtoprotokollasta, fyysisen ja siirtoyhteyshierarkian. WirelessHART-verkon tekniikka perustuu kyseiseen standardiin. [8, s. 15 – 16].

Kuvassa 9 on havainnollistettu muutamia IEEE-standardien mukaisia langattomia verkkoja suhteessa virrankulutukseen ja tiedonsiirtokapasiteettiin.



KUVA 9 WLAN JA WPAN-verkkojen toiminta-alueet [8]

7.1 802.15.4-standardin taajuusalueet

WPAN-verkot toimivat lisenssivapailla ISM (Industrial, Scientific and Medical) taajuuksilla ja niiden täytyy noudattaa viranomaisten määrittämiä rajoja mm. lähetystehon suhteen. Taulukossa 3 on esitelty WPAN-verkkojen taajuusalueet, kanavat sekä niihin liittyviä parametreja.

TAULUKKO 3 Lisenssivapaat kaistat ja niiden ominaisuuksia [8]

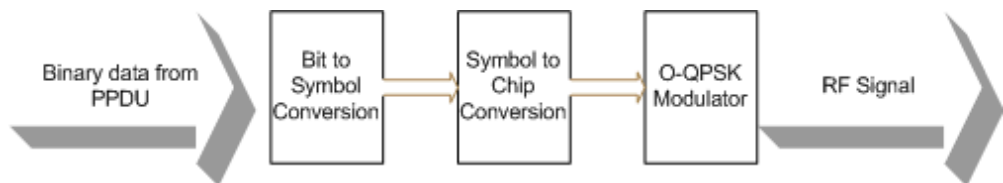
Kaista MHz	Taajuusalue MHz	Hajaspektritekniikan parametrit		Dataparametrit		
		Chip siirtonopeus kchips/s	Modulaatio	Tiedonsiirt nopeus kb/s	Symbolin siirtonopeus ksymbols/s	Symboli
868/915	868-868,6	300	BPSK	20	20	Binary
	902-928	600	BPSK	40	40	Binary
868/915 (valinnainen)	868-868,6	400	ASK	250	12,5	20-bit PSSS
	902-928	1600	ASK	250	50	5-bit PSSS
868/915 (valinnainen)	868-868,6	400	O-QPSK	100	25	16-ary orthogonal
	902-928	1000	O-QPSK	250	62,5	16-ary orthogonal
2,4GHz	2,4-2,4835 GHz	2000	O-QPSK	250	62,5	20-bit PSSS

Euroopassa käytetään 868 MHz:n taajuutta, Pohjois-Amerikassa 902-928 MHz:n taajuutta ja 2,4 GHz:n taajuus on maailmanlaajuinen.

7.2 Modulointi

Moduloinnissa 868 MHz:n ja 915 MHz:n taajuuksilla käytetään BPSK-menetelmää (Binary Phase Shift Keying). Valinnaisilla taajuuksilla voidaan käyttää ASK- ja O-QPSK-modulointeja (Amplitude-Shift Keying ja Offset-Quadrature Phase Shift Keying). 2,4 GHz:n kaistalla käytetään jälkimmäistä.

O-QPSK-moduloinnissa alkuperäinen data muutetaan neljän bitin jaksoissa 32 bitin lastuiksi (chip) ja käsitellään O-QPSK-modulaattorilla ennen radiotielle lähettämistä. Kuvassa 10 on havainnollistettu bittien muunnosta radiotielle.



KUVA 10 Bittien muunnos radiotielle 2,4GHz:n taajuudella [8]

7.3 Lähetysteho

802.15.4-standardi määrittelee laitteille lähetystehon. Minimissään verkon laitteesta pitää löytyä -3 dBm:n lähetysteho, mikä vastaa 0,5 mW:n tehoa. Suomessa maksimilähetystekoksi on määritelty 100 mW 2,4 GHz:n kaistalle ja 25 mW 868 MHz:n kaistalle. Standardi määrittelee laitteille myös herkkyysvaatimukset. Laitteen pitää olla kykeneväinen vastaanottamaan sanoma oikein vielä -85 dBm:n lähetystekolla 2,4 GHz:n taajuudella. WirelessHART-verkossa laitteet pystyvät säätämään lähetystehoa portaittain. Laitteiden nimellislähetysteho on 10 dBm (10mW) ja seuraava lähetystehoporras voi olla esim. 0dBm (1mW).[8, s. 24 - 27, 20].

7.4 Langattoman anturiverkon käyttökohteita

Langattomat anturiverkot ovat nopeasti kasvava kehityskohde. Erilaisia sovelluskohteita on nyt jo olemassa laidasta laitaan, aina prosessiautomaation mittaus- ja säätökohteista auton rengaspaineseurantaan ja vaikkapa kotiautomaation tilatietojen seurantaan. Erityisesti vähän energiaa kuluttavat ja itseorganisoituvat anturiverkot tulevat todennäköisesti lisääntymään tulevaisuudessa huomattavasti.

Eräiden arvioiden mukaan langattomat anturiverkot tulevat saavuttamaan yhtä laajan suosion kuin kenttäväylät aikanaan. Emersonilla on esitetty visioita, että kymmenen vuoden kuluttua uudet tehtaat, erityisesti prosessiautomaatiokohteet, tullaan varustamaan perinteisten mittauskohteiden osalta langattomilla kenttälaitteilla. Esimerkkinä kemianteollisuus, missä on monia pinnankorkeusmittauksia laajalla alueella. Nämä mittauskohteet

ovat toteutettavissa helpommin ja edullisemmin langattomasti kuin perinteisellä instrumentoinnilla.

8. WIRELESSHART™-VERKON TEKNIikka

WirelessHART™-verkon tiedonsiirtotekniikka perustuu aikasynkronoituun mesh-protokollaan (TSMP) ja IEEE 802.15.4 standardiin. TSMP-protokollan viisi pääkomponenttia ovat

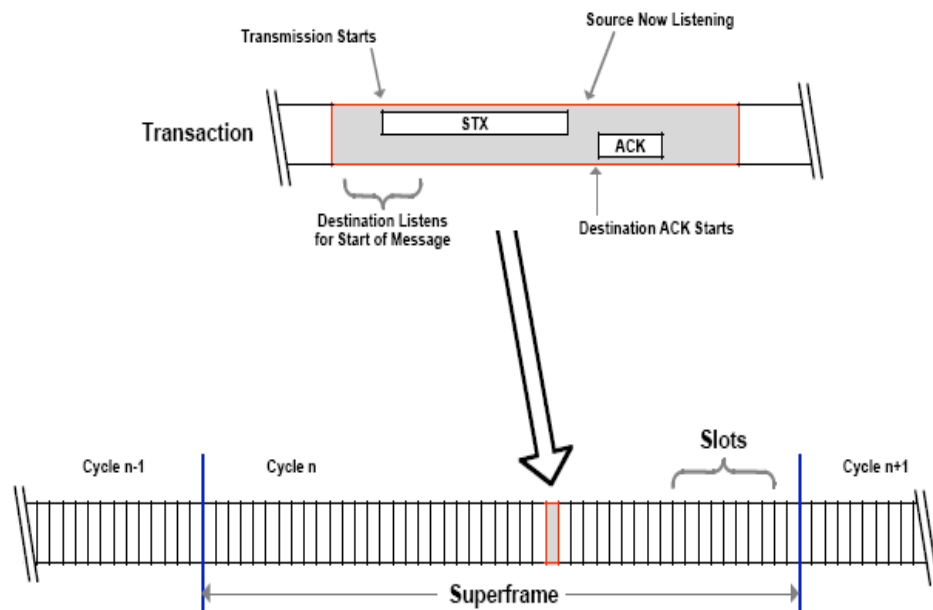
- aikasynkronointi
- taajuushyppely
- automaattinen verkon muodostus ja laitteen verkkoon liittyminen
- redundanttinen tiedonvälitys
- suojattu tiedonsiirto.

Edellä mainittuja elementtejä käytetään myös muissa anturiverkoissa, joissa tavoitteina ovat pieni virrankulutus ja luotettava tiedonsiirto. TSMP puolestaan perustuu aikajakokanavointiin (TDMA), taajuushyppelyyn (FHSS) ja suorasekvenssihajaspektriin (DSSS).[12].

8.1 TDMA

TDMA (Time Division Multiple Access) on kanavanvarausmenetelmä, missä tiedonsiirto tapahtuu erityisissä aikaväleissä. Aikajako perustuu siihen, että jokainen kanavaa käyttävä laite saa lähetysvuoron hetkeksi. Lähetysvuoro kiertää laitteelta toiselle ja täyden kierroksen jälkeen vuoro palaa takaisin ensimmäiselle laitteelle. Siirtotielle lähetetty informaatio muodostuu aikaväleistä (timeslots), jotka sisältävät näytteitä eri laitteiden datasta. Kun tietyn laitteen lähettämät aikavälit yhdistetään vastaanottajalla, saadaan muodostettua laitteen lähettämä datavirta. Sarja aikavälejä muodostaa kehyksen ja aikavälien pituudet dataliikenteessä voivat vaihdella aina yhdestä bitistä satoihin tavuihin. WirelessHART-toteutuksessa kehyksen pituus on konfiguroitavissa oleva parametri. Lyhyt kehyksen pituus mahdollistaa nopeamman päivityksen, mutta lisää samalla tehonkulutusta. Pidempi kehys päinvastoin madaltaa päivitysnopeutta ja tehonkulutusta. WirelessHART-laite kykenee vastaanottamaan useamman kehyksen samaan aikaan ja sillä voi olla useampia päivitysnopeuksia eri tehtäville. Näin ollen voidaan valita käyttötarkoituksen mukainen vaihtoehto. Esimerkiksi pinnankorkeuden monitorointiin voidaan määritellä hitaampi päivitysnopeus. [10, 12].

WirelessHART käyttää TDMA-tekniikkaa ja taajuushyppelyä kontrolloidakseen laitteiden liittymistä verkkoon sekä laitteiden keskinäistä kommunikaatiota. Kommunikaatio laitteiden välillä tapahtuu aikaväleissä. Yksi aikaväli on 10ms ja sarja aikavälejä muodostaa kehyksen (superframe).[12]. Kuvassa 12 on havainnollistettu superkehyksen rakenne.



KUVA 11 Superkehysten rakenne [12]

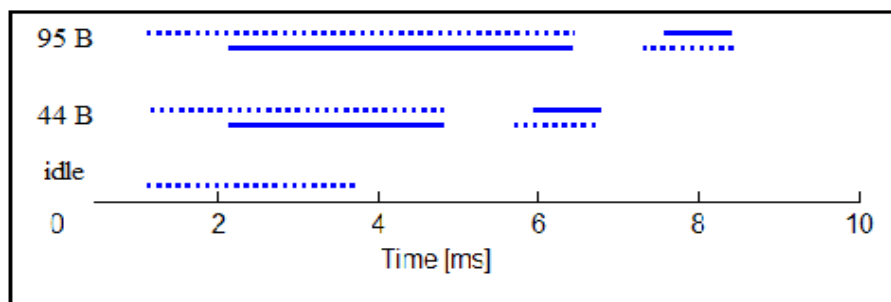
8.1.1 Synkronointi

TDMA-tekniikassa kriittiseksi muodostuu laitteiden välinen yhteinen ajan-taju; niiden pitää jakaa millisekunnilleen sama aika. Tarkka aikasykronointi takaa sen, että laitteet tietävät juuri oikean ajan milloin pitää lähettää, vastaanottaa tai ”nukkua”. Laitteet kommunikoivat aikaväleissä ja vastaanottavan laitteen täytyy tietää milloin aikaväli alkaa. Itse aikavälin alkamisesta varsinaisen viestin alkamiseen on tietty viive ja se mahdollistaa sen, että lähettävä ja vastaanottava laite asettavat taajuuskanavansa samoiksi. Näin vastaanottaja voi aloittaa ennalta määritellyn kanavan kuuntelemisen. Laitteiden täytyy aloittaa viestin kuuntelu jo ennen ideaalista lähetysaikaa ja jatkaa kuuntelua lähetyksen päätyttyä johtuen kellojen toleranssista.[12, 15].

Verrattuna moniin muihin langattomiin anturiverkkoihin esim. ZigBee pohjaisiin sovelluksiin, WirelessHART-verkossa lähettimien välinen aikasykronointi kanavan aikaväleihin ei tapahdu lähetetyn kehyksen sisältämällä ns. beacon-majakkanomalla. WirelessHART-tekniikassa lähettimien kellot ovat hyvin tarkkoja ja jos liukumista esiintyy, niin siitä ilmoitetaan naapurille ACK (acknowledgement) vastaanottoilmoitusviestin yhteydessä, ja tarvittaessa laitteet säätävät sisäisiä kellojaan. ACK-viesti on standardin mukainen kuittausviesti, jonka paketin vastaanottaja lähettää lähettäjälle, että data on saapunut perille. Beacon-signaaliin tahdistus voi vaatia pitkän kuunteluajan, mikä kuluttaa tarpeettomasti tehölähdettä.[12].

8.1.2 Energiankulutuksen minimointi

WirelessHART-verkon laitteet ovat aktiivisina vain kolmessa eri vaiheessa: lähetyksen aikana, kuuntelun aikana ja itse mittausprosessin aikana. Kaikkina muina aikoina solmu ei ole aktiivinen kuluttaen näin vain vähän energiaa. Langattomissa laitteissa itse radio kuluttaa suurimman osan energiasta, tyypillisesti yli 95 %. Jotta saavutettaisiin pieni energiankulutus, on selvää että radion päälläoloaika on minimoitava. TDMA-tekniikka on osoittautunut käytännölliseksi ratkaisuksi pelkästään paristoista tehonsa saaviin langattomiin anturiverkkoihin. Kuvassa 12 on esitetty radion päälläoloaikoja TSMP-verkossa kahden erikokoisen paketin vastaanotossa ja lähetyksessä. Pisteet kuvaavat vastaanottoa ja viivat lähetystä. [12, 17].



KUVA 12 Mitattuja radion päälläoloaikoja [17]

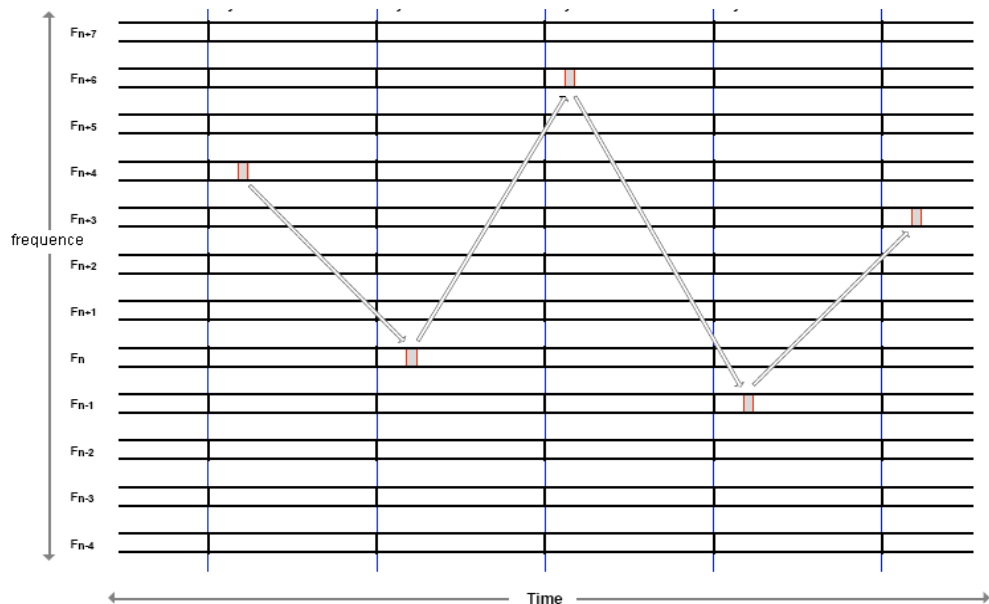
8.2 Hajaspektritekniikka

Hajaspektritekniikka on siirtotapa, joka käyttää huomattavasti laajempaa kaistaa kuin mikä on lähetettävän datasiignaalin perustaajuus. WirelessHART-käyttää suorasekvenssimenettelyä (Direct Sequence Spread Spectrum) tiedonsiirrossa. Hajaspektritekniikka poikkeaa perinteisestä siirtotekniikasta, jossa tiedonsiirtoa varten käytetään yhtä kapeaa taajuus-alueetta liikennöintiin. Hajaspektritekniikassa taajuusalue jaetaan useaan alitaajuuteen, joilla lähetetään dataa samanaikaisesti tai vuorotellen. Hajaspektritekniikka parantaa lähetyksen häiriöttömyyttä ja tietoturvaa, mutta tarvitsee samalla suuremman taajuuskaistan.

Suorasekvenssimenettelyssä lähetykseen lisätään bittejä kertomalla jokainen lähetettävän tiedon bitti 11 bitin näennäissatunnaisella kohinalla, joka lisää signaalin tekokohinaa (Pseudo Noise, PN). Lähetettävän signaalin spektri on alkuperäistä leveämpi, mutta jokaisen alitaajuuden lähetysteho ei ole juuri normaalia taustakohinaa suurempi. Tämän johdosta myös tietoturva paranee, koska signaalia on vaikea havaita taustakohinan seasta. [8, s.25 – 26].

8.3 Taajuushyppely

Taajuushyppely eli FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) toimii niin, että lähetyksessä energia jakautuu taajuusalueella. Jakautumiseen päästään siten, että kapea-alainen kantaalto pakotetaan siirtymään satunnaisesti taajuusalueesta toiseen koodisekvenssin mukaan. Taajuushyppelyssä lähetyksen kantaallon taajuus vaihtelee käytössä olevien kanavien välillä. Kapea-alainen taajuusalue sekä yksilöllinen kantaallontaajuus keskellä aallonpituutta määrittävät jokaisen lähetetyn kanavan. Taajuushyppelyssä vastaanottajan täytyy tietää minkä algoritmin mukaan lähettäjä lähettää viestinsä, jotta se pystyy vastaanottamaan viestin. Taajuushyppely lisää häiriönsietoa sekä tietoturvallisuutta ja vähentää mm. monitie-etenemistä. WirelessHART-verkossa on käytössä 15 taajuuskanavaa välillä 2,4 - 2,4835GHz. FFHS- menetelmässä ulkopuolisen on vaikea löytää lähete, kun samaan aikaan samalla taajuusalueella toimii muita taajuushyppelyllä toimivia laitteita.[13, 11]. Kuvassa 12 on esitetty taajuushyppelyn periaate.



KUVA 13 Taajuushyppely [12]

8.4 TSMP

WirelessHART-verkon kuljetus- ja verkkoyhteyskerrokset perustuvat TSMP-protokollaan. TSMP-protokollan on kehittänyt DUST™ Networks ja se on suunniteltu erityisesti sellaisia verkkoja varten, joissa vaatimuksena ovat alhainen virrankulutus ja luotettavuus. Mm. näiden ominaisuuksien johdosta TSMP valittiin WirelessHART-protokollan tiedonsiirtomenetelyksi. Nykyiset TSMP-sovellukset operoivat 2,4 GHz ja 900 MHz ISM – taajuuksilla ja IEEE 802.15.4-standardin mukaisesti. Taulukossa 4 on esitetty TSMP-protokolla suhteessa OSI-kerrosarkkitehtuuriin.

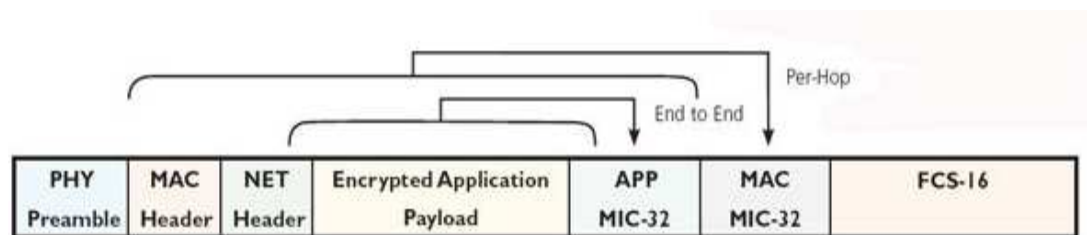
TAULUKKO 4 TSMP-OSI-kerrosvertailu [12]

TSMP	Langattomat verkot	OSI
Sovellus	Sovellus	Sovelluskerros
Esitys	Esitys	Esityskerros
Istunto	Istunto	Istuntokerros
TSMP	Verkko	Kuljetuskerros
		Verkkokerros
	MAC	Siirtokerros
Fyysinen	Fyysinen	Fyysinen kerros

TSMP-protokollan tiedonsiirto on pakettipohjainen, missä jokainen lähetys sisältää yhden paketin. Silloin kun vastaanottava laite vastaanottaa muuttumattoman ja eheän paketin, se lähettää acknowledgement (ACK)-kuittausviestin merkiksi onnistuneesta lähetyksestä. Järjestelmä on havaittu hyväksi ja toimivaksi pakettien toimituksessa monihyppely verkoissa. [12, 15].

8.4.1 Paketin rakenne

TSMP-paketit sisältävät aloituskehysten, varsinaisen datan ja lopetuskehysten. Paketit sisältävät kenttiä, joissa todennetaan lähetävä laite, määritellään vastaanottaja, varmistetaan salattu viestin siirto sekä määritellään QoS-taso (Quality of Service). IEEE 802.15.4-standardi määrittelee paketin pituudeksi maksimissaan 127 bittiä ja niistä 47 bittiä TSMP käyttää omiin toimintoihinsa, joten varsinaista dataa varten jää 80 bittiä pakettia kohden. [12]. Kuva 14 havainnollistaa TSMP-paketin rakennetta ja kuva 15 kuvaa paketin toiminnot.



Kuva 14 TSMP-paketin rakenne [12]

TAULUKKO 5 TSMP-paketin kuvaus [12]

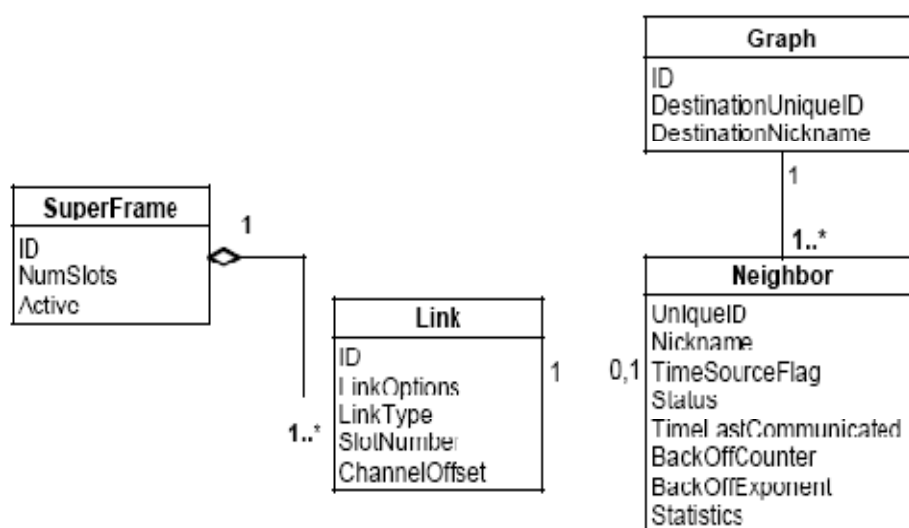
Paketin kenttä	Kuvaus
PHY Preamble	Alkutahdistus, määrittää kehyksien alun, lopun ja pituuden
MAC Header	Jokaisen lähetyksen osoite ja ajoitustiedot
NET Header	End-to-End osoite- ja reititys informaatio
App Payload	Varsinainen data, aina salattu
APP MIC-32	End-to-End viestin eheyskoodi sovellusdatalle, 32- bittiä
MAC MIC-32	Koko paketin eheyskoodi, 32-bittiä
FCS-16	Paketin kehyksien tarkistus-summa, 16-bittiä

8.4.2 Kommunikaatiotaulukot

Verkon kaikki laitteet ylläpitävät erilaisia taulukoita, jotka kontrolloivat laitteiden kommunikaatiota. Kommunikaatiotaulukot sisältävät seuraavat osiot:

- SuperFrame-ja Link-taulukot: verkon ylläpitäjä voi konfiguroida useita eri superkehyksiä ja määrittellä yhteyden kahden eri laitteen välillä.
- Neighbor-taulukko: on lista kaikista laitteista, joiden kanssa tietty laite voi kommunikoida.
- Graph-taulukko: käytetään viestien reititykseen lähettäjältä vastaanottajalle.

Kuva 15 havainnollistaa kommunikaatiotaulukoita.



KUVA 15 Kommunikaatiotaulukot [15]

8.4.3 Laitetaulukot

WirelessHART-protokollassa on määritelty, että jokaisella laitteella pitää olla erityinen taulukko, mistä selviävät kaikki kommunikointiin liittyvät yksityiskohdat. Taulukon täytyy sisältää seuraavat tiedot: aikavälit, joissa laite suorittaa kommunikoinnin, taajuushyppely-menetelmä, laite minkä kanssa kommunikaatio tapahtuu ja informaatio jokaisesta yhteydestä (link). Kuvassa 16 on esitetty laitetaulukko kenttien mahdollisilla arvoilla.

FrameID	TimeSlot	ChOffset	DevAddress	LinkOpt	LinkType
{1..Nbrframes}	{1..NbrSlots}	{1..Nbrch}	{1..NbrNodes}	0=RX 1=TX	0=normal 1=advertisement -1=shared

KUVA 16 Laitetaulukko [16]

Ensimmäinen sarake sisältää kehystunnuksen, eli superkehysten tunnistusnumeron. Tunnistusnumeroa tarvitaan koska WirelessHART-laitteet tukevat useita eri superkehysiä. Toisessa sarakkeessa on lista aikaväleistä, joissa laite haluaa kommunikoida. Kolmas sarake indikoi kanavaa, mitä laite käyttää lähetykseen. Neljännessä sarakkeessa on tieto mikä laite lähettää, tai vastaanottaa ja viides sarake kuvaa kommunikaation tyyppiä. Arvon ollessa 0, laitteen pitää vastaanottaa ja muissa tapauksissa lähettää.[15].

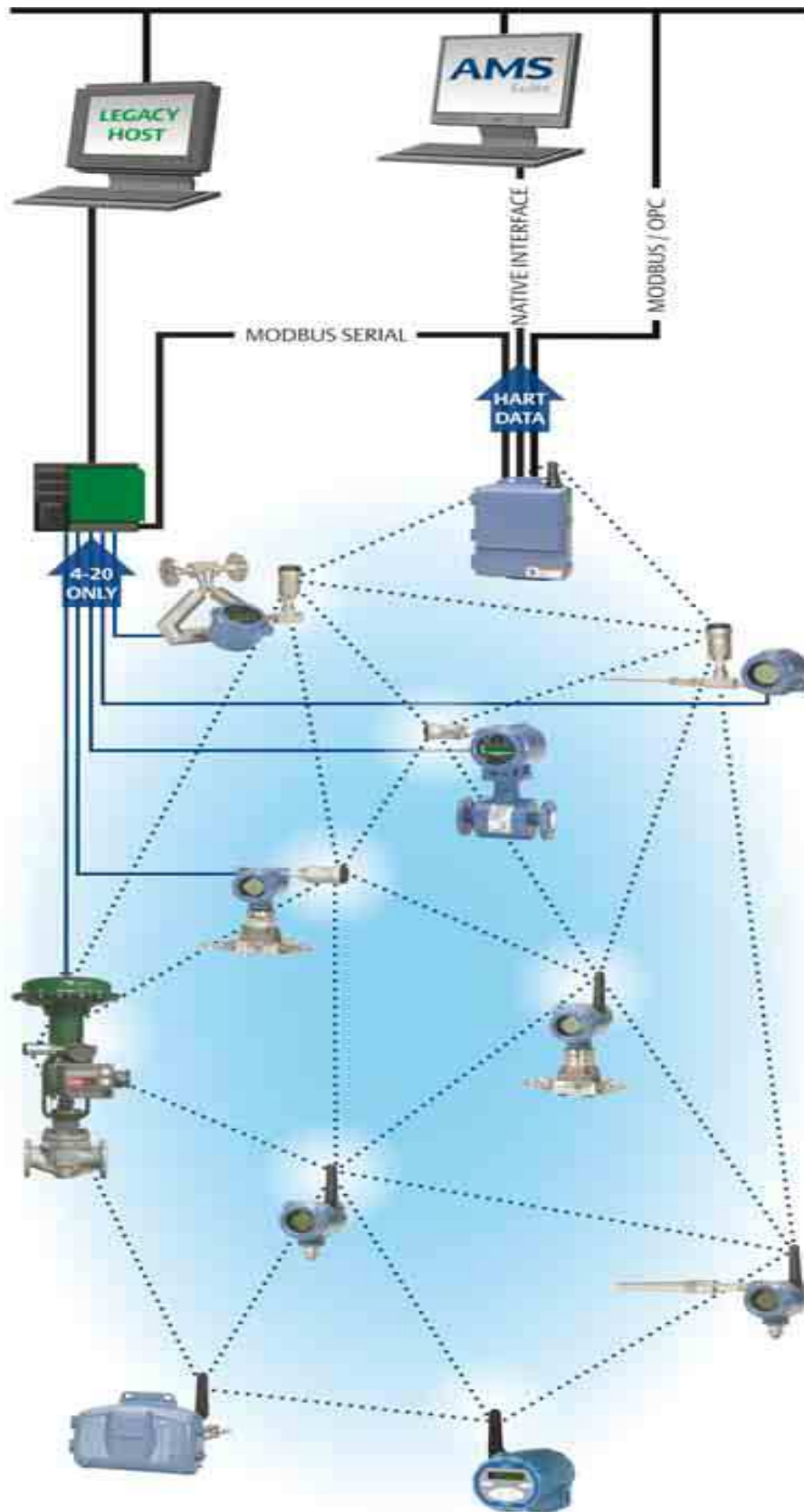
8.5 Verkonmuodostus

WirelessHART-verkon avainominaisuus on itseorganisoituminen ja se onkin yksi syy siihen, että verkkotyypiksi valittiin mesh-topologia. Jokaisella verkon laitteella on kyky havaita naapurilaitteet, mitata radiosignaalin voimakkuus, hankkia synkronointi- ja taajuushyppelytiedot ja lopuksi muodostaa reittejä ja yhteyksiä naapurilaitteiden kanssa. WirelessHART-verkko on joukko laitteita, jotka jakavat saman verkkotunnuksen ja salasanan, ja jotka ovat synkronoituneina toistensa kanssa. Verkossa on aina vähintään yksi gateway-yksikkö, joka toimittaa laitteille ajoitus- ja konfigurointi-informaation.

Varsinaisten dataviestien lisäksi on olemassa aikavälejä, jotka ovat tarkoitettu verkon konfigurointiin, naapurilaitteen havaitsemiseen ja verkkoon liittymispyyntöjen kuuntelemiseen. Myös näiden aikavälien päivitysnopeudet määritellään kehyksen pituudella. Verkon laitteiden viestiessä normaalisti pakettien mukana välittyy koodeja, jotka ”mainostavat” verkon asetuksia esim. kehyksen pituutta, avoimia aikavälejä- ja taajuuskanavia, verkon tunnusta (network ID) ja aikaa.

Laitteen liittyminen verkkoon tapahtuu seuraavasti: laite kuuntelee hetken taajuutta A, sitten taajuutta B ja sitten taajuutta C. Laite havaitsee naapurin ja lukittuu verkon aikaan (synkronointi) ja sen jälkeen kuuntelee aikaväleistä pelkän alun määrittääkseen, onko sille vastaanotettavaksi viestiä. Eri taajuuksia kuunnellessaan laite rakentaa listan naapureistaan. Listat sisältävät laitteet, jotka ovat radion kantaman päässä ja jotka ovat lähettäneet viestejä. Naapurilista sisältää myös tiedon vastaanotetun signaalin vahvuudesta (RSSI). Tämän jälkeen laite valitsee naapurin ja lähettää verkkoon liittymispyynnön. Lopuksi laite vastaanottaa aktivointikomennon naapurilaitteelta ja muodostaa yhteyden verkon muiden laitteiden välille.[12].

Laitteiden väliset etäisyydet suoralla näköyhteydellä voivat olla maksimissaan n. 200 metriä ja ns. tehdaslabyrintissä 100-200 metriä. Jatkoantennilla ja suoralla näköyhteydellä päästään jopa 800 metrin etäisyyksiin. Tässä tapauksessa laite pitää asentaa vähintään 5 metrin korkeuteen. Verkon käyttöönotossa pitää toimia siten, että gatewayn ollessa toimintakuntoinen ensimmäiseksi virta kytketään lähinnä olevaan laitteeseen jne. Tämä lähimmästä laitteesta kauimmaiseen käyttöönotto-menetelmä minimoi mahdolliset yhteysongelmat laitteiden välillä.[20]. Kuvassa 17 on esimerkki WirelessHART-verkosta ja liitännästä automaatiojärjestelmään.



KUVA 17 WirelessHART-verkko [16]

Verkossa kaikki viestit ovat salattu ja ne sisältävät verkkotunnuksen. Verkkotunnusta käytetään liitettäessä laitteita yhteen omaksi verkkokseen. Lisäksi verkkotunnuksen käyttö sallii useiden eri verkkojen toiminnan samassa radiotilassa ilman, että viestit päätyvät väärille laitteille. Jos laite havaitsee naapurin, jonka verkkotunnus ei täsmää sen omaan, laite ei aloita verkkoon liittymisprosessia. Laite jatkaa kuuntelua, kunnes havaitsee sille kuuluvan verkkotunnuksen.[12].

8.6 Verkon gateway-yksikkö

Kaikki kommunikaatio WirelessHART-verkossa välittyy gateway-yksikön kautta. Gateway toisin sanoen reitittää paketit tiettyihin kohteisiin esim. kenttälaitteelle tai verkon ylläpitäjälle. Gateway käyttää kommunikoinnissa standardin mukaisia HART-käskyjä, aivan kuten alkuperäinen, langallinen HART-järjestelmä. Gateway voidaan liittää automaatiojärjestelmiin käyttämällä RS485-sarjaliitintä ja Modbus RTU-protokollaa tai Ethernet-liitintä ja OPC tai Modbus TCP/IP-protokollaa. Laitteiden päivitysväli on käyttäjän valittavissa: 4, 8, 16, 32 sekuntia tai 1-60 minuuttia. 8 sekunnin päivitysvälillä verkon laajuus on suurimmillaan 100 laitetta. Käyttöjännite on 24V ja tehontarve 500 mA. Yhteys gatewayhin luodaan ethernetin välityksellä esim. omalta PC:ltä käyttäen IP-osoitetta ja selainpohjaista konfigurointisovellusta. Langattomien laitteiden konfigurointi ja toimintakunnon seuranta onnistuu gateway-yksikön kautta helposti käyttäen AMS-device manager-ohjelmaa.[16]. Kuvassa 18 Rosemountin valmistama gateway-yksikkö.



KUVA 18 Gateway-yksikkö [16]

8.7 TSMP-verkon suorituskyky

Seuraavassa esimerkki 1 (one-hop network, high throughput) TSMP-verkon suorituskyvystä 2,4 GHz:n taajuudella, 802.15.4-radiolla ja 10ms:n aikaväleillä.

TSMP sallii eri laitteille eri datanopeuden. Tässä tapauksessa on käytetty 16 eri laitetta, jotka muodostavat mesh-verkon ja jokainen laite on yhden hypyn päässä yhdyskäytävästä. Laitteille määriteltiin keskimäärin 40 linkkiä (siirtotapahtumaa) 10ms superkehyksessä ja tämän jälkeen laitteet saivat muodostaa dataa niin nopeasti kuin sitä on mahdollista onnistuneesti lähettää. Tuloksena gateway:llä vastaanotettiin 95 bitin datapaketteja nopeudella 47,3 pakettia/s ja sovelluskerroksen ulosanto oli 35,9kbps. Kokossa verkon luotettavuus oli yli 99,99%.[17].

Esimerkki 2 (maximum troughput, single accesspoint). TSMP-verkossa voidaan kerätä nopeasti dataa yksittäiseltä laitteelta. Tällaisessa tapauksessa käytetään kahden aikavälin superkehysketjua, missä parittomia välejä käytetään parittomiin hyppyihin ja parillisia välejä parillisiin hyppyihin. Tiedonsiirtonopeuteen vaikuttaa pakettien hyppyjen määrä ja verkon stabiilius, näistä jälkimmäinen vaikuttaa enemmän. Verkossa kaikkien reittien stabiilius pystytään arvioimaan ja sen johdosta valitsemaan paras vaihtoehto pakettien lähetykseen. Viive, päinvastoin, riippuu suoraan pakettien ottamien hyppyjen määrästä. Paketille voidaan valita reitti, missä optimoidaan viive tai reitti, missä minimoidaan viive, mutta säilytetään tietty lähetystaso. Käyttäen kahta erilaista ”ketjua” lähdelaitte pystyy lähettämään 95 bittiä yhdessä aikavälissä. Näillä asetuksilla yksittäinen solmu kykenee lähettämään gateway:lle dataa nopeudella n. 76kbps.[17].

8.8 Verkon salaus

Viestien turvallinen lähetyksen perustuu kolmeen seikkaan: salaukseen, oikeaksi toteamiseen ja eheyteen. Salaus varmistaa sen, että kolmas osapuoli ei pysty lukemaan viestiä. Autentikointi todentaa lähettäjän ja eheyden tunnistus varmistaa sen, että viesti toimitetaan muuttumattomana. Näiden lisäksi pitää muistaa, että myös taajuushyppely itsessään lisää verkon turvallisuutta.

Datapakettien salaukseen käytetään standardin mukaista 128-bittistä symmetristä AES-menetelmää. Datapaketin lähettäjä puolestaan todennetaan käyttämällä lähdeosoitetta, joka on suojattu 32-bittisellä MIC-koodilla (Message Integrity Code). Viestin eheys varmennetaan myös MIC-koodilla. Jos viestiä yritetään peukaloida, MIC mitätöityy ja vastaanottava laite huomaa, että viesti on viallinen.[12].

8.9 Teholähde

Rosemountin kenttälaitteiden teholähteenä toimii 2 kappaletta Tadiranin valmistamia litium tioniylidloridi paristoa, joista käytetään nimitystä tehomoduli. Tadiranin valmistamat paristot ovat erittäin laadukkaita ja ne ovat kestäneet todistetuksi jopa 20 vuotta haastavissa olosuhteissa. Paristot ovat ideaalisia erityisesti mm. langattomissa sensorisovelluksissa. Rosemount-laitteiden yhteydessä tehomodulille luvataan jopa 10 vuoden käyttöikä. Tämä tietysti riippuu olosuhteista ja päivitysväleistä yms. Suomen vaihtelevissa olosuhteissa teholähde kestää lyhyellä päivitysvälillä arviolta 5 vuotta. Yhden pariston jännite on 3,6 V ja nimelliskapasiteetti on 3 mA:lla 2V:iin asti 8,5 Ah. Lisäksi tehomoduli on vesitiivis, oikosulkusuojattu ja mm. ATEX-hyväksytty, mikä mahdollistaa moduulin turvallisen vaihtamisen prosessialueella.[16,18]. Kuvassa 19 nähdään avattu lähetin, jossa on keskellä musta tehomoduli.



KUVA 19 Tehomoduli [16]

9. AMS™-KENTÄNHALLINTAOHJELMISTO

AMS Device Manager on laitehallintaohjelmisto ja siihen liittyvät SNAP-ON lisätoiminnot ovat ryhmä ohjelmistoratkaisuja, joiden avulla voidaan kehittää tuotantolaitoksen prosessi-instrumentoinnin käyttöönotto-, käyttö- ja ylläpitotoimintoja. AMS tarjoaa laajimman tuotetuen eri valmistajien HART- kenttälaitteille, tällä hetkellä yli 600 HART-kenttälaitetta yli 50 valmistajalta. AMS on myös täysin avoin muille valmistajille.

AMS tuo näkyville enemmän tietoja HART- kenttälaitteista. Muutamassa selkeässä näytössä on esillä koko laitteen konfigurointi. AMSiin voidaan luoda esim. prosessialueen kenttälaitetietokanta, jota on helppo selata esim. Explorer tyyppisellä selainohjelmalla. Näin ollen jokaisen laitteen ohjelmointi ja viritystiedot voidaan katsoa liittymättä niihin. Seuraavassa luetellaan esimerkkejä toiminnoista, joissa AMS nopeuttaa normaalia toimintaa:

- laite- ja piiritestaukset varmistamaan, että laite on kytketty oikein ja toimii normaalisti

- reaaliaikaisten laite-, tila- ja prosessitietojen lukeminen laite- ja käyttöhäiriöiden selvittämiseksi piirin sopivimmasta paikasta laitteita irrottamatta
- erikoislaitteiden vianhaku käyttämällä erillisiä ohjelmamoduleja, esim. ValveLink ohjelmisto säätöventtiilien toimintakunnon tarkistukseen.

AMS on täysin moduulipohjainen. Suppeimmillaan se on kannettavalla työasemalla toimiva ”konfiguraattori”, jonka käyttö on samantyyppistä kuin 375 tai 475 HART ”kapula” käyttöliittymällä. Laajemmissa toteutuksissa on reaaliaikainen yhteys kenttälaitteille automaatiojärjestelmän HART-liityntäkorttien tai erillisten HART-multipleksien kautta. Ohjelmisto voidaan hajauttaa usean työaseman isäntä/palvelin toteutukseksi, jonka tiedot ovat web-serverin avulla saatavilla laitoksen intranetistä.

AMS tukee HART- ja Foundation kenttäväylälaitteita, sekä tulossa olevan laajennuksen jälkeen myös Profibus DP-laitteita.[19].

10. ERI VALMISTAJIEN WIRELESSHART™-LAITTEITA

Tässä osiossa tutustutaan eri valmistajien WirelessHART tuotteisiin. BASF: illa Saksassa on meneillään monivalmistaja kenttätesti, jossa mukana on seuraavia yrityksiä: ABB, Emerson, Endress-Hauser, MACTek, Pepperl+Fuchs ja Siemens. Onnistunut laboratoriotason yhteensopivuustesti on suoritettu 27-29.05.2009. Eri valmistajien laitteita on vielä vähän saatavilla, mutta niitä odotetaan julkistettavaksi 2009 loppuvuonna ja vuoden 2010 aikana.

10.1 Emerson Process Management

Emerson on tuonut markkinoille useita WirelessHART-laitteita, joista seuraavassa muutamia malleja. Kuvassa 20 painelähetin.



KUVA 20 Rosemount 3051S-sarja [16]

Kuvan 20 lähetin on Paine-, pinta- ja virtausmittauksiin. Paine-eron mitta-alueet välillä 0,25 mbar ja 140 bar ja paineen mitta-alueet välillä 20,7 mbar ja 689 bar. Tehomoduulin käyttöaika: 1 minuutin päivitysvälillä 10 vuotta.[16].



KUVA 21 Rosemount 848T- lämpötilälähetin [16]

Kuvan 21 lähettimestä löytyy 4 vapaasti konfiguroitavaa kanavaa. Sisään-tuloina vastusanturit, termoelementit, millivoltit, ohmit ja 4 – 20 mA. Tehomoduulin käyttöaika: 1 minuutin päivitysvälillä 4 vuotta, 10 minuutin päivitysvälillä 10 vuotta.[16].



KUVA 22 Rosemount 648- lämpötilälähetin [16]

Seuraavassa on kuvan 22 lämpötilälähttimen ominaisuuksia: mittausepä-varmuus: $\pm 0,23$ °C PT100 anturilla 20 °C:n lämpötilassa. Tehomoduulin käyttöaika: 1 minuutin päivitysvälillä 8 vuotta ja 10 minuutin päivitysvälillä 10 vuotta. [16].

10.2 ABB

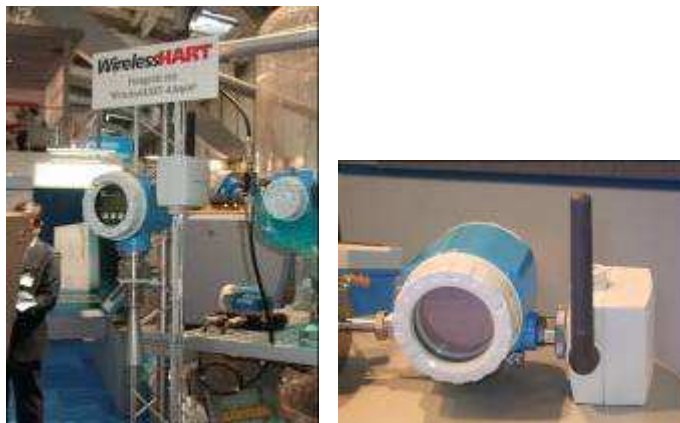
ABB tuo markkinoille kaapeloituun HART-laitteeseen liitettävän WirelessHART-adapterin, mutta julkistusaika on avoinna.[20]. Kuvassa 23 on ABB:n valmistama adapteri.



KUVA 23 ABB-WirelessHART-adapteri [20]

10.3 Endress+Hauser

Endress-Hauser on esitellyt paristokäyttöisiä WirelessHART-adaptereita, joiden julkaisu on mahdollisesti vuoden 2009 aikana.[20]. Kuvassa 24 on Endress+Hauserin paristokäyttöinen adapteri.



KUVA 24 Endress+Hauser paristokäyttöinen adapteri[20]

10.4 MACTek

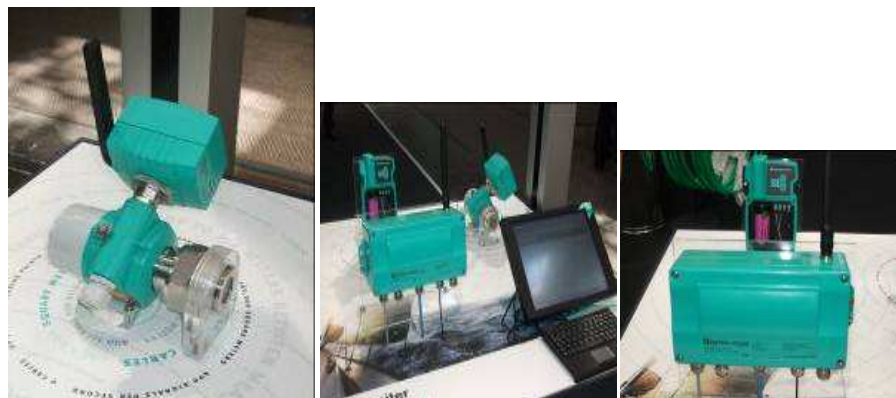
MACTekin kotisivuilla on esillä WirelessHART- adapteri, mutta tuotetta ei löytynyt tuoteluettelosta. Julkaisu tapahtuu mahdollisesti loppuvuodesta 2009.[20] Kuvassa 25 MACTek:in adapteri.



KUVA 25 *WirelessHART- adapteri [20]*

10.5 Pepperl+Fuchs

Pepperl+Fuchs on esitellyt paristokäyttöisen WirelessHART-adapterin, jota ei kuitenkaan vielä löytynyt tuoteluettelosta.[20] Kuvassa 26 on paristokäyttöinen adapteri.



KUVA 26 *Paristokäyttöinen WirelessHART- adapteri [20]*

10.6 Siemens

Siemens on esitellyt WirelessHART-laitteita, joissa ei ole ollut sähköjä päällä. Julkaisu on mahdollisesti loppuvuodesta 2009.[20]. Kuvassa 27 Siemensin WirelessHART-laitteita.



KUVA 27 Siemens WirelessHART-laitteita [20]

11. WIRELESSHART SUHTEESSA KENTTÄVÄYLIIN

WirelessHART-tekniikalla on helpompaa ja edullisempaa toteuttaa sellaisia mittauskohteita, jotka perinteisellä tekniikalla olisivat suhteettoman hankalia ja kalliita. Kaukainen sijainti, fyysiset esteet ja kalliit liittämiskustannukset eivät ole enää rajoituksina. WirelessHART mahdollistaa ennen kaikkea jo asennettujen HART-kenttälaitteiden liittämisen langattomaan verkkoon WirelessHART-adapterin avulla. Näin ne voivat välittää omat toimintakuntotietonsa ja muita tietoja, jotka eivät ole olleet aikaisemmin hyödynnettävissä.

WirelessHART sisältää ominaisuuksia, jotka on kehitetty perinteisen ja koetun HART-tekniikan perustalle. Käytössä on jo yli 24 miljoonaa HART-kenttälaitetta maailmanlaajuisesti. WirelessHART on taaksepäin yhteensopiva ja selkeä ratkaisu langattomaan tiedonsiirtoon. Se tukee teollisuuden perusvaatimuksia: yksinkertainen, luotettava ja turvallinen. WirelessHART täydentää, ei siis korvaa, kaapeloituja ratkaisuja. Se tarjoaa uusia mahdollisuuksia kaapeloituihin ratkaisuihin ja laajentaa erityisesti tuotantolaitosten sekä prosessien langatonta seuranta ja hallintaa. Pitää kuitenkin muistaa, että tärkeät säätökohteet toteutetaan edelleen langoitetusti, koska ne vaativat nopeaa vasteaikaa. Seuraavassa on lyhyt esimerkki kaapeloidun asennuksen ja WirelessHART:in käyttöönoton eroista:

Perinteinen kaapeloitu asennus 4-20mA	WirelessHART
Kaapelihyllyjen ja kenttäkoteloiden suunnittelu (jos ei olemassa)	Laitteiden sijaintien määrittely
I/O yksiköiden asennus	Gateway-yksikön asennus
Kaapelien veto ja kytkennät	Laitteen käyttöönotto
Laitteen käyttöönotto	

WirelessHART siis tukee perinteisiä järjestelmiä, eikä kilpaile niitä vastaan. Tulevaisuus tuo todennäköisesti tullessaan langattoman ja perinteisen tiedonsiirron yhdistelmän kenttälaitetasolle.[16].

12. KÄYTÄNNÖN OSUUDEN LÄHTÖKOHDAT

Neste Oil Oyj:n Naantalin erikoistuotejalostamolla, Tupavuoren säiliöalueella on 1,5 MW:n kuumaöljykattila, jolla lämmitetään bitumisäiliöitä. Kattilalla lämmitetään lämmönsiirtonesteenä käytettävää kuumaöljyä, joka kiertää säiliöiden lämmityskierukoissa. Kattilasta tulee keskusvalvomoon yksi hälytystieto: ”yleishälytys”. Lämmitystä ohjaa Oilonin toimittama paikallinen säätöyksikkö, josta pitäisi hälytyksen tullen tutkia mikä aiheutti hälytyksen. Tämä aiheuttaa ylimääräistä työtä kattilan valvonnan suhteen, koska vikakohde ei selviä uunin hälytystoiminnoista. Lisäksi ongelmana on se, että kattilan hälytykset on koodattu, eli kattilan pysäyttävä lukitus antaa koodin, joka pitää ensin tulkita, jotta lukituksen tehnyt kytkin tai mittaava laite selviää. Tämä ylimääräinen työ voitaisiin välttää jatkuvien mittausten käytöllä ja hälytysrajojen ohjelmoinnilla järjestelmään. Jalostamolla on käytössä MetsoDNA-järjestelmä, johon mittaustiedot siirretäisiin.

13. TOTEUTUS

Rosemountin lähettimet asennettiin Neste Oil Oyj:n toimesta seuraaviin kohteisiin: tuubivirtauksen mittaukset (2 kpl), kuumaöljypaisuntasäiliön paine, kuumaöljypumppujen imupaine ja tuubivirtauksen lämpötila. Gateway puolestaan asennettiin kuumaöljykattilarakennuksen läheisyydessä (n. 20 m) olevaan muuntamorakennukseen. Alueella on useita muuntamoraakennuksia ja niiden välille on asennettu valokuitukaapelointi. Gateway yhdistettiin valokuiturenkaaseen, jonka kautta lopulta laitoksen automaatiojärjestelmään. Yhteys toimii ModBus-sarjaliikenteenä.

Kuvassa 28 näkyy muuntamorakennus, minne gateway asennettiin ja punaisella rengastettu antenni rakennuksen katonharjassa. Taustalla näkyy osa bitumisäiliöistä, joita lämmitetään kuumaöljyllä.



KUVA 28 Muuntamorakennus ja gatewayn antenni



KUVA 29 Gateway asennettuna muuntamorakennukseen

Kuvan 30 taustalla on kuumaöljykattilarakennus, jonka katolla on paisuntasäiliö, jonka yhteydessä painelähetin sijaitsee. Kuva on otettu muuntamorakennukselta niin, että se kuvastaa yhteyttä gatewayn antennin ja painelähettimen välillä. Pinalähetin on etäisyydeltään lähimpänä gatewaytä, joten käyttöönotossa se oli ensimmäinen minne asennettiin tehomodulin jälkeen, kun gateway oli saatu toimintakuntoon.



KUVA 30 Muuntamo- ja kattilarakennus



KUVA 31 Paine- ja virtausmittauslähettimet

Kuvassa 31 on kuumaöljykattilarakennuksen sisäpuolelle asennetut paine- ja virtauslähettimet. Oikealta päin katsottuna kaksi ensimmäistä on paineroon perustuvaa virtausmittauslähetintä (tuubivirtaus) ja jälkimmäinen on painelähetin (kuumaöljypumput). Tässä kuvassa erityistä huomioitavaa on se, että kattilarakennus on teräskehikkoineen ja peltiseinineen erittäin haasteellinen ympäristö langattomalle liikenteelle. Kattilarakennuksesta puhuttaessa voitaisiin käyttää myös nimeä Faradayn häkki. Rakennuksen yläkulmassa näkyy puhallinsäleikkö, jonka kautta käytännössä signaalit kuitenkin löytävät tiensä gatewaylle. Hieno osoitus järjestelmän toimivuudesta.



KUVA 32 *Lämpötilalähetin*

Lämpötilalähetin (tuubivirtauksen lämpötila) sijaitsee kauimpana gatewaystä, kattilarakennuksen takana katsottuna muuntamorakennukselta. Lähetin sai yhteyden gatewayihin suoraan ja myös niin, että kuvassa näkyvän ilmanvaihtorilän kautta sisällä oleviin lähettimiin ja niiden kautta gatewaylle. Käyttöönoton yhteydessä tapahtuneen lyhyen seurannan tuloksena kuitenkin päädyttiin siirtämään lämpötilalähetin ylemmäs kohti kattilarakennuksen kattoa paremman signaalin saavuttamiseksi, vaikka lähetin toimi oikein.

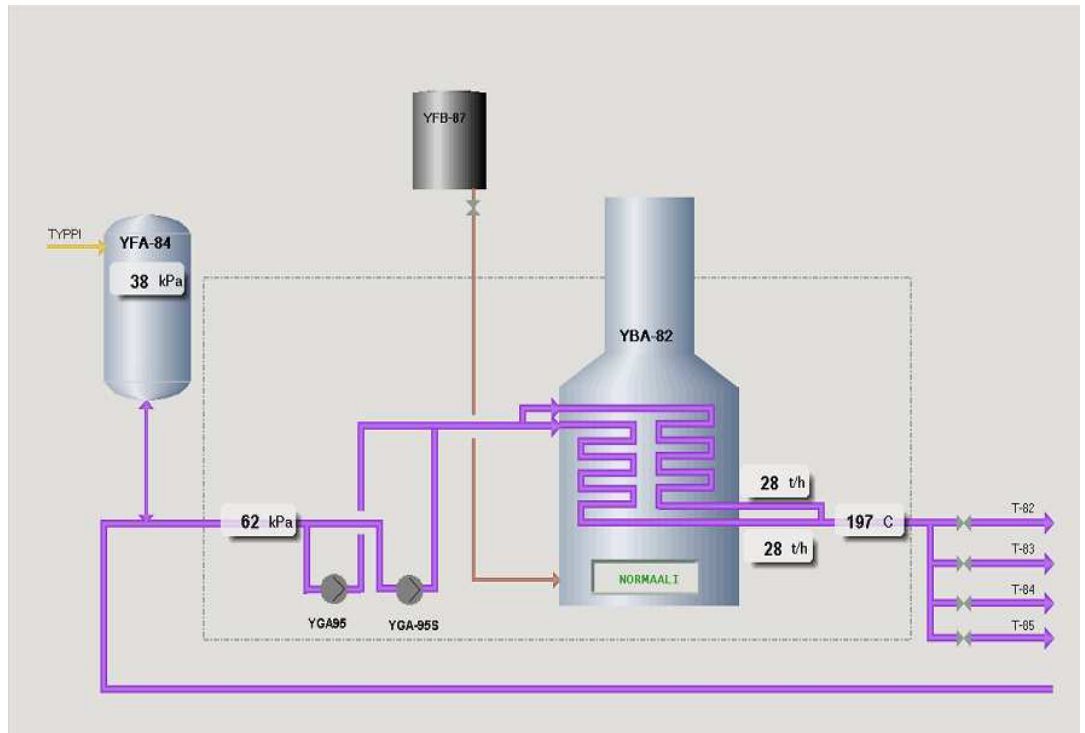
Kuvassa 33 on yleisnäkymä toimivasta verkosta. Kuvasta löytyvät mm. laitteen kuvaus, tila (aktiivinen), naapurilaitteet, joihin yhteys, stabiilius, vastaanotetun signaalin voimakkuus ja verkkoonliittymisaika. Kaikille kenttälaitteille asetettiin päivitysnopeudeksi (burst rate) 32s.

The screenshot shows the 'Smart Wireless Gateway' interface for 'Network Device Status'. The page title is 'Smart Wireless Gateway' and the URL is 'https://192.168.2.10/servelet/netstatus'. The interface includes a navigation menu on the left with options like 'Diagnostics', 'Network', 'Overview', 'Devices', 'Join failures', 'Invalid MICs', 'Advanced', 'Monitor', 'Explorer', and 'Setup'. The main content area displays a table of network devices.

HART Tag	Node state	Active neighbors	Neighbors	Service denied	Missed updates	Discarded updates	Reliability	Path stability	RSSI	Joins	Join Time
FT-9005	●	hg1420	2	●	0	0	100.0	73.2 %	-74 db	1	09/22/09 14:04:12
		PT-9005									14:04:12
FT-9006	●	hg1420	2	●	0	0	100.0	100.0 %	-18 db	2	09/22/09 14:19:59
		PT-9006									14:19:59
PT-9005	●	hg1420	3	●	0	0	100.0	100.0 %	-58 db	1	09/22/09 14:01:29
		FT-9005									14:01:29
		PT-9006									14:01:29
PT-9006	●	hg1420	4	●	0	0	100.0	100.0 %	-18 db	1	09/22/09 14:03:30
		PT-9005									14:03:30
		TT-9418									14:03:30
		FT-9006									14:03:30
TT-9418	●	hg1420	2	●	0	1	100.0	100.0 %	-64 db	1	09/22/09 14:02:05
		PT-9006									14:02:05

KUVA 33 WirelessHART-verkko toiminnassa

Lopuksi kuvassa 34 on näkymä MetsoDNA-järjestelmästä, jossa kuumaöljyn lämmitysprosessi uusin mittauksin.



KUVA 34 *Prosessikuvaus*

14. LOPPUTULOKSET

Uusien ja jatkuvien mittausten lisääminen kuumaöljykattilan toiminnan seuraamiseksi parantaa käytettävyyttä ja luotettavuutta. Tuubivirtaus- ja lämpötilamittaukset kertovat mahdollisesta tuubiston koksautumisesta eli kattilan sisällä olevien tuubiputkistojen likaantumisesta. Tuubien likaantuminen heikentää lämmönsiirtotehoa ja lisää virtausvastusta. Lisäksi kuumaöljypumppujen imupaineenmittaukset kertovat mahdollisista ongelmista pumpeissa. Virtausmittaustietojen perusteella voidaan havaita mahdolliset vuodot kuumaöljyjärjestelmässä.

WirelessHART-verkon soveltuvuus haasteelliseen prosessiympäristöön tuli myös todistetuksi. Uusien mittausten lisääminen tapahtui helpommin ilman kaapeleiden vetoa hankaliin kohteisiin. Lopputuloksena siis onnistunut WirelessHART-verkon käyttöönotto prosessiympäristössä.

15. YHTEENVETO

WirelessHART-verkon käyttöönotto sujui ilman suurempia ongelmia. Fyysisen yhteyden luomiseen kului hieman aikaa, koska valokuituja piti yhdistellä ja kytkeä. Lisäksi ModBus-liityntäasema piti konfiguroida tilaan automaatiojärjestelmään. Prosessiympäristö, johon laitteet asennettiin, loi haasteita niiden toimivuudelle, mutta kuten jo aiemmin todettiin, ongelmia ei ilmennyt. Mielestäni nyt on viimeistään aika todeta, että langattomia laitteita ei enää ole syytä vältellä tehdasympäristöissä. Lisäksi uskon, että langattomilla kenttälaitteilla on potentiaalia tulevaisuudessa monissa eri sovelluksissa ja ne tulevat yleistymään merkittävästi seuraavien vuosien aikana.

LÄHTEET

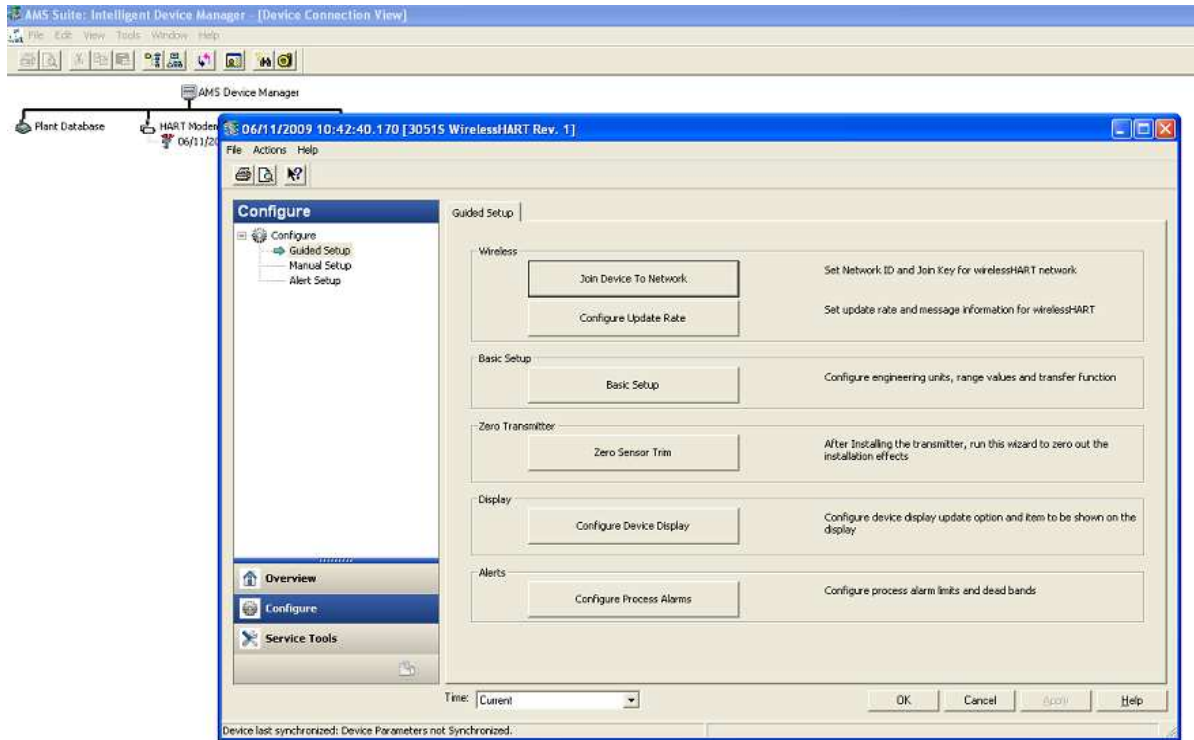
- [1] Mäkinen, Markku J.J. – Kallio, Raimo - Tantarimäki Reijo, Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset. Otava: Keuruu 2009
- [2] Boyes, Walt, Instrumentation reference book. <http://books.google.fi> 14.06.2009
- [3] <http://www.romilly.co.uk> 14.06.2009
- [4] Bjarland, Bert – Visti, Pekka, Automaattinen prosessinohjaus. Otatieto: 3.painos Espoo 1999.
- [5] Pihkala Juhani, Prosessisuureiden mittaustekniikka. Dark Oy: Vantaa 2004
- [6] Granlund Kaj, Tietoliikenne. WSOY: Porvoo 2007
- [7] <http://plantweb.emersonprocess.com/university/default.asp> 12.07.2009
- [8] Vaara-Sjöblom, Elina, Verkonmuodostus-ja hallinta IEEE 802.15.4-standardiin perustuvassa sensoriverkossa. Tietotekniikan Pro-Gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto 2008
https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/18723/URN_NBN_ff_jyu-200806305569.pdf?sequence=1 20.07.2009
- [9] Caro, Dick, Wireless networks for industrial automation, 3rd edition. 2008 HAMK verkkomateriaali, <https://nestori.hamk.fi/NetStorage/> 12.06.2009
- [10] Granlund, Kaj, Langaton tiedonsiirto. WS Bookwell: Porvoo 2008
- [11] Pitkänen, Eero, langatontiedonsiirto, kirjallisuustutkielma, TTY. <http://www.ele.tut.fi/teaching/ele-3350/langaton.pdf> 25.07.2009
- [12] http://www.dustnetworks.com/cms/sites/default/files/TSMP_Whitepaper.pdf, Technical overview of Time Synchronized Mesh Protocol (TSMP) 05.06.2009
- [13] Granlund, Kristian, Hajaspektritekniikan käyttö matkaviestinverkoissa, opinnäytetyö SAMK 2008.
<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/650/Granlund%20Kristian.pdf?sequence=1> 18.07.2009

- [14] http://www.it.lut.fi/kurssit/04-05/010626000/seminaarit/802_standardit_Elina_Koskela_seminaari.pdf 18.06.2009
- [15] De Biasi, Mauro, Master's Degree project. KTH electrical engineering, Stockholm 2008.
<http://www.ee.kth.se/php/modules/publications/reports/2008/XR-EE-RT%202008:010.pdf> 22.08.2009
- [16] http://euedocs.emersonprocess.co.uk/groups/public/documents/markcom/newsletter_finland_wireless09.pdf 20.08.2009
- [17] <http://robotics.eecs.berkeley.edu/~pister/290Q/Papers/Pister%20TSM P%20DSN08.pdf> 08.08.2009
- [18] <http://www.tadiranbat.com> 08.08.2009
- [19] http://euedocs.emersonprocess.co.uk/groups/public/documents/markcom/newsletter_finland_022007_fi.pdf 05.09.2009
- [20] Emerson Process Management Oy, puhelin- ja s-posti keskustelut Martti Hakosen ja Aaro Lehdon kanssa. 28.08.2009
- [21] <http://www.emerson.com> 04.11.2009
- [22] <http://fi.wikipedia.org/wiki/OSI-malli> 14.06.2009

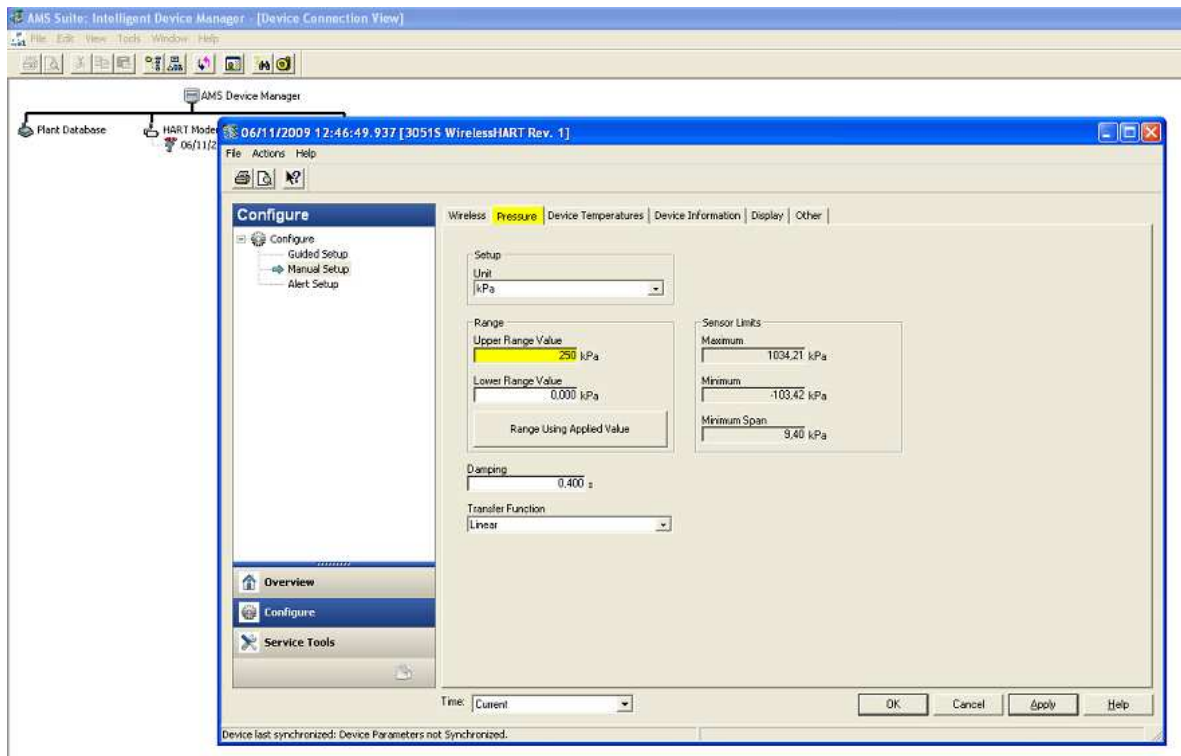
LIITTEET

LIITE 1

LAITTEEN KONFIGUROINTI AMS-OHJELMISTOLLA



RAJOJEN ASETTAMINEN



YLEISNÄKYMÄ KONFIGUROIDUSTA LAITTEESTA

