



TEKNIikka JA LIIKENNE

Tietotekniikka

Tietoliikennetekniikka

INSINÖÖRITYÖ

LANGATON TIEDONSIIRTO KONEPAJASSA

**Työn tekijä: Hannu Vesamäki
Työn ohjaaja: Marko Uusitalo**

Työ hyväksytty: __. __. 2010

**Marko Uusitalo
lehtori**



ALKULAUSE

Tämä insinööriyö tehtiin Ele-Laskenta Oy:lle yhteistyössä Metropolia Ammattikorkeakoulun kanssa. Työn tarkoituksena on tutkia langattomia vaihtoehtoja nykyisin konepajoissa käytetyille tiedonsiirtotavoille.

Haluan kiittää yhteistyökumppaneitani Satel Oy:n myyntipäällikköä Lauri Soisaloa ja Salmetek Oy:n toimitusjohtajaa Markku Salmelaa, jotka ovat antaneet laitteita käyttööni testaamista varten sekä näiden yhtiöiden teknistä tukea. Kiitän myös Kajakka Oy:n Timo Kajakkaa, joka on antanut ohjelmistonsa käyttööni ja kehittänyt tiedonsiirto-ohjelmistoa tarpeisiini sopivaksi sekä ollut tukena tehdastesteissä. Kiitoksen ansaitsevat myös NC-koneiden maahantuojat Nugget Oy:n toimitusjohtaja Jukka Helén ja Cron-Tek Oy:n toimitusjohtaja Petri Järvinen, jotka ovat antaneet tilaisuuden testata langatonta yhteyttä omista tiloissaan. Tehdastestejä olemme tehneet mm. Astex Oy:n ja Katepa Oy:n koneilla heidän tiloissaan, joista mahdollisuuksista kiitän yhtiöiden omistajia ja johtoa.

Lopuksi haluan kiittää myös vaimoani, joka on antanut mahdollisuuden opiskella ja tutkia itseäni kiinnostavaa aihetta.

Helsingissä 31.5.2010

Hannu Vesamäki

TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Hannu Vesämäki	
Työn nimi: Langaton tiedonsiirto konepajassa	
Päivämäärä: 31.5.2010	Sivumäärä: 42 s. + 9 liitettä
Koulutusohjelma: Tietotekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Tietoliikennetekniikka
Työn ohjaaja: lehtori Marko Uusitalo	
<p>Työn tarkoituksena on tutkia langattomia vaihtoehtoja nykyisin konepajoissa käytetyille tiedonsiirtotavoille.</p> <p>Langattomalla tiedonsiirrolla voidaan korvata langallinen tiedonsiirto niissä tapauksissa, joissa tiedonsiirtokaapelin vetäminen on hankalaa tai mahdotonta, tai jos tiedonsiirtokaapeli aiheuttaa päätelaitteisiin vaurioitumisriskin, esimerkiksi ukkosen takia.</p> <p>Langattomaan tiedonsiirtoon voidaan käyttää useita erilaisia menetelmiä. Tässä tutkimuksessa keskitytään radioteitse tapahtuvaan tiedonsiirtoon. Tyypillisiä radioteitä käyttäviä tiedonsiirtomenetelmiä ovat esimerkiksi GSM-puhelin, WLAN ja radiomodeemi.</p> <p>Ensin vertailtiin eri tiedonsiirtomenetelmien teknisiä ominaisuuksia ja taloudellisuutta. Teoreettisen vertailun jälkeen valittiin tutkittavaksi radiomodeemin käyttö.</p> <p>Radiomodeemeilla rakennettiin testiyhteys muutamaan erilaiseen paikkaan. Testissä tutkittiin lähinnä yhteyden rakentamista ja tiedonsiirron luotettavuutta. Radiomodeemien tiedonsiirtonopeus on yleensä samaa suuruusluokkaa, joten sitä ei tutkittu, koska langattomasti siirrettävät tietomäärät ovat yleensä suhteellisen pieniä. Suurten 3D-muotojen työstöradat edellyttävät yleensä niin suurta nopeutta, että se vaatii langallisen yhteyden.</p> <p>Testien perusteella todettiin, että radioyhteys on konepajassa melko häiriöherkkä, ja tämän vuoksi tiedonsiirron luotettavuuteen tulee kiinnittää suurta huomiota. Siirretyn datan oikeellisuus voidaan tarkistaa erilaisilla menetelmillä, joihin tässä tutkimuksessa ei puututtu yksityiskohtaisesti, ainoastaan muutamia mahdollisuuksia esteltiin.</p> <p>Tiedonsiirtomenetelmien kustannukset muodostuvat laitehankinnoista ja yhteyden ylläpidosta. Radiomodeemeissa hankintakustannus on melko suuri, mutta sillä saadaan muodostettua pitkiäkin, jopa kilometrien mittaisia yhteyksiä. WLAN-laitteiden hankintahinta on huomattavasti alhaisempi, mutta luotettava yhteys jää suunnilleen 100 m:iin. Kummankin systeemin yhteydenpitokustannukset ovat lähes olemattomia, kun taas GPRS-tiedonsiirrossa kuukausikustannus on vähintään 10 €/kk.</p>	
Avainsanat: langaton tiedonsiirto, konepaja, radiomodeemi, WLAN	

ABSTRACT

Name: Hannu Vesamäki	
Title: Wireless Data Transmission in Workshop	
Date: 31 May 2010	Number of pages: 42
Department: Information Technology	Study Programme: Telecommunications
Instructor and Supervisor: Marko Uusitalo, Senior Lecturer	
<p>The purpose of this work is to study the possibilities of using wireless data transmission in a machining workshop.</p> <p>Data transmission by wire can be replaced with a wireless system, in cases where the construction of cable connection is difficult or impossible, or if there is a risk of equipment damages because of lightning or other reason.</p> <p>There are several possibilities to build a wireless connection. This study concentrates on the data transmission by radio. Typical methods to transmit data by radio are e.g. Cellular phone, WLAN and radio modem.</p> <p>In the beginning we compared the technical features and economy of the equipment. After the theoretical section, a radio modem was selected for more detailed investigation.</p> <p>The test connections with radio modems were built in different places. The construction of the connection and the reliability were compared in the tests. The data transmission speed between different radio modems are in the same class, and therefore it was not studied, because the data amount to be transmitted is relatively small. When transmitting the machining path for a large 3D-shape, the result is normally best when using LAN-connection.</p> <p>It was found that the radio connection in the machining work shop is relatively sensitive for errors, and therefore a great attention should be paid to reliability. The correctness can be verified by several different methods, but we did not study these methods in detail. Only some possibilities were considered.</p> <p>The economy of the wireless data transmission consists of the equipment and data transmission costs. The purchasing price of a radio modem is relatively high, but the connection distance can be even kilometres. WLAN equipment is considerably cheaper, but the reliable connection distance is limited to around 100 m. The transmission costs per bit are almost nothing in both cases, when GPRS transmission fee is at least 10 € per month.</p>	
Keywords: wireless data transmission, machining workshop, radio modem, WLAN	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

KÄYTETYT LYHENTEET

1	JOHDANTO	1
2	TIEDONSIIRTO KONEPAJASSA	2
2.1	Tiedonsiirtotarpeet	2
2.2	Tiedonsiirron historiaa	5
2.3	NC-ohjelmointi	6
2.4	Langattomia tiedonsiirtotapoja	7
2.5	Langattoman tiedonsiirron etuja	8
2.6	Nykypäivän tilanne konepajassa	10
3	LANGATON TULEVAISUUS	11
3.1	Langattomia yhteyksiä	11
3.2	GPRS/UMTS -datasiirto	12
4	LANGATON TIEDONSIIRTO KONEPAJASSA	15
4.1	WLAN	15
4.2	Radiomodeemit	18
4.3	2,4GHz tuotteiden soveltuvuus teollisuuskäyttöön	20
5	KENTTÄTESTIT	22
5.1	Käyttökokemuksia radiomodeemista Sateline 1870	22
5.1.1	<i>Osoitteiden käyttäminen</i>	22
5.1.2	<i>Yhteyden muodostaminen</i>	24
5.1.3	<i>Virheentarkistus ja -korjaus</i>	25
5.2	Elpro-radiomodeemi malli 405U	26
5.3	Testit Nugget Oy:ssä	27
5.3.1	<i>Testiraportti 11.3.2003</i>	28
5.3.2	<i>Testiraportti 14.5.2003</i>	30
5.4	Testit Salossa	31
5.5	Testit Astex Oy:ssä	32

5.6	Testit Karkkilan Teollisuuspalvelu (Katepa) Oy:ssä	35
5.6.1	<i>Ongelma</i>	35
5.6.2	<i>Fanuc-ohjaimen ja PC:n välinen kommunikointi</i>	35
5.6.3	<i>Toiminta konepajassa</i>	36
5.6.4	<i>Korjaus – tiedoston pirstoutuminen</i>	37
5.6.5	<i>Korjaus – siirtovirheiden synty vahvassa kentässä</i>	37
5.6.6	<i>Testiraportti Katepa Oy 7.7.2003</i>	37
6	LOPPUPÄÄTELMÄT	40
	VIITELUETTELO	42

KÄYTETYT LYHENTEET

CAD = Tietokoneavusteinen suunnittelu (Computer Aided Design)

CAM = Tietokoneavusteinen valmistus (Computer Aided Manufacturing)

CNC = Tietokoneistettu numeerinen ohjaus (Computerized Numerical Control)

DNC = Suora numeerinen ohjaus (Direct Numerical Control)

EIA = Amerikkalainen sähköteollisuusstandardi

Flash-ROM = ROM-muistikorttityyppi

ISO = Kansainvälinen standardisointiyhdistys

LAN = Lähiverkko (Local Area Network)

NC = Numeerinen ohjaus (Numerical Control -> CNC)

NC-ohjelma = Ohjelma joka ohjaa työstökoneita, robottia, tms.

PCMCIA = Tietokoneen muistikorttistandardi

RS-232 = Sarjaliitäntästandardi

S-RAM = RAM-muistikortti

WLAN = Langaton lähiverkko (Wireless Local Area Network)

1 JOHDANTO

Sysäys tähän työhön tulee tekijän yli kahdenkymmenen vuoden kokemuksesta NC-työstökoneiden käyttöönotosta konepajoissa. NC-ohjelmien siirtämiseen liittyvät ongelmat ovat toistuneet likimain samanlaisina lähes kaikissa konepajoissa, joissa uutta tekniikkaa on otettu käyttöön. Koska koneet hankitaan kappaleiden valmistusta varten, NC-ohjelmien siirtoon ja talletukseen ei aluksi kiinnitetä mitään huomiota. Vasta noin vuoden käytön kuluttua, kun koneiden muisti alkaa täyttyä, tai otetaan käyttöön kehittyneempiä ohjelmointilaitteita ja -ohjelmistoja, huomataan tiedonsiirrolla olevan jotakin merkitystä. Yhteys on tähän saakka muodostettu lähes poikkeuksetta jonkinlaisella datakaapelilla. Ajatus datakaapelien korvaamisesta langattomalla yhteydellä heräsi, kun tekniikan kehittyminen 2000-luvulla on mahdollistanut kohtuuhintaisen langattoman yhteyden muodostamisen. Kaapeliyhteyden ongelmat ja ukkosen aiheuttamat vauriot ovat pitkään olleet tiedossa, mutta hyvää ratkaisua niille ei ole aiemmin keksitty.

Työssä tutkitaan, mitä teknisiä ja kaupallisia edellytyksiä langattomalla tiedonsiirrolla on konepajassa. Langattoman tiedonsiirron lukuisia eri mahdollisuuksista esitellään, ja niistä keskitytään konepajassa olevien työstökoneiden ja toimiston tietokoneen väliseen tiedonsiirtoon.

2 TIEDONSIIRTO KONEPAJASSA

2.1 Tiedonsiirtotarpeet

Konepajassa tarvitaan tiedonsiirtoa seuraavissa tapauksissa:

- tietokoneiden yhdistäminen (Computer coupling)
- tuotannonohjaus (Production data management)
- työkalujen hallinta (Tool management)
- ylläpito ja huolto (Maintenance/Service)
- NC-ohjelmien hallinta (NC Program management)
- oheislaitteiden tarvitsemat ohjelmat

(Kuva 1.)



Kuva 1. Konepajan tiedonsiirtotarpeet (Siemens Oy)

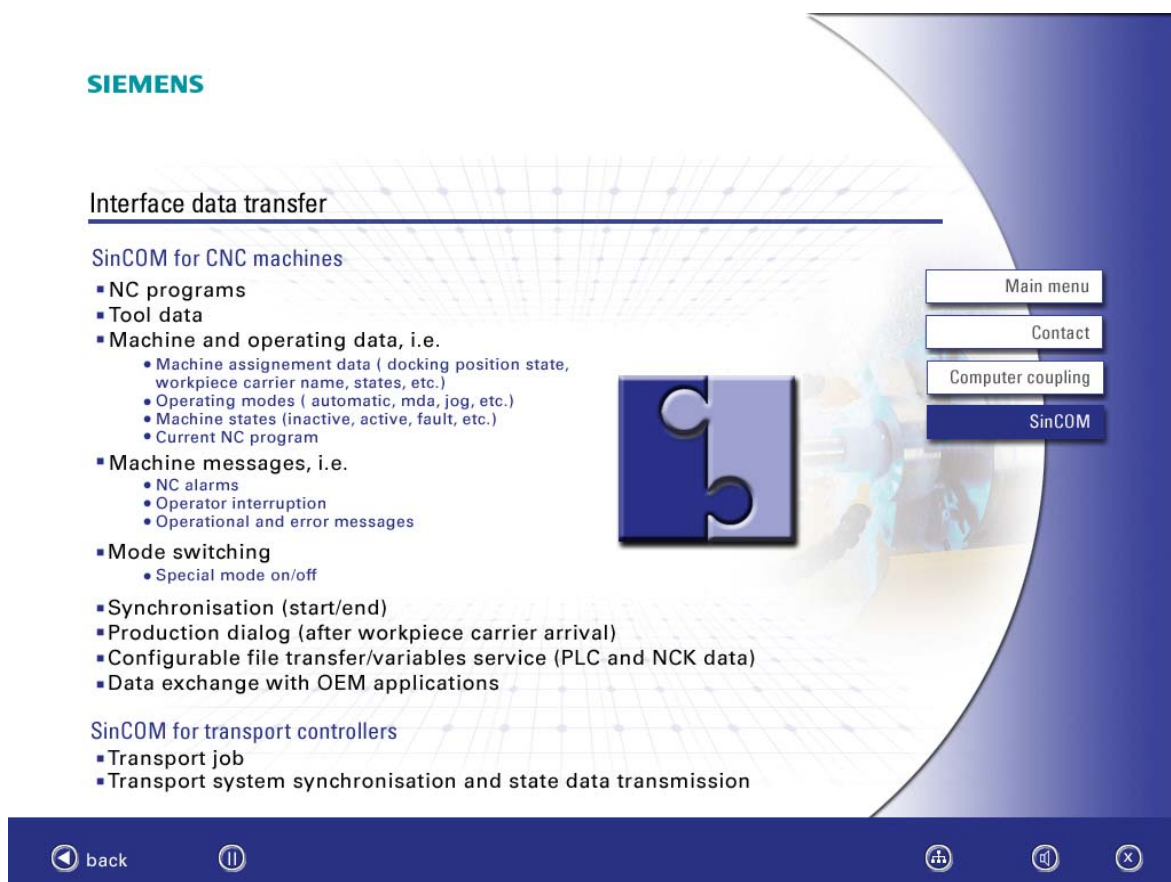
Numeerisesti ohjattua ja ohjelmoitavaa työstökoneita eli NC-työstökoneita käsitellään kokonaisuutena, johon kuuluu varsinainen työstökone oheislaitteineen sekä NC-ohjain. Näistä käytetään yleisnimitystä NC-kone. Kun ohjelma voitiin 1970-luvun lopulla tallettaa työstökoneen muistiin, ja koneen muistissa olevaa ohjelmaa voitiin muokata, alettiin käyt-

tää nimitystä CNC-kone. Koska käytännössä kaikissa koneissa on nykyään ohjelmamuisti ja editori, voidaan jälleen käyttää yleisnimitystä NC-kone.

Tietokoneella tarkoitetaan tässä yhteydessä joko yksittäistä mikrotietokonetta, työasemaa tai palvelinta. Mini- tai suurtietokoneita ei juurikaan käytetä konepajoissa työstön ohjelmointiin.

Työstökoneen pääasiallinen tarkoitus on valmistaa kappaleita, eikä siirtää tietoa, mutta kappaleiden valmistamista varten NC-työstökone tarvitsee ohjaimen, jossa on työstöohjelma. NC-koneen ohjain on näihin päiviin asti ollut määrättyyn tarkoitukseen rakennettu mikroprosessoripohjainen ohjain. Tällaisella rakenteella NC-ohjain voidaan optimoida työstökoneen liikkeiden ja muiden toimintojen ohjaukseen, ja tarpeettomat ominaisuudet voidaan jättää pois. Mikrotietokoneessa käytettäviä hienoja ominaisuuksia ei tällöin tarvitse sisällyttää ohjaimen. Kuitenkin mikrotietokoneiden nopea kehitys on johtanut siihen, että ominaisuuksiin nähden niiden hinnat ovat suorastaan romahtaneet, ja mikrotietokoneidenkin käytetään jo usein NC-ohjaimena. Koko työprosessin hallinta voidaan sisällyttää samaan tietokoneeseen ja käyttäjäystävällisyyttä voidaan lisätä graafisella käyttöliittymällä.

Tuotannonohjauksessa on jo pitkään käytetty tietokoneita, mutta tietojen keruu on vielä tapahtunut pääasiassa kirjallisesti paperilla työnjohdon ja työntekijöiden välillä. Nykyään tuotannonohjauksen hallintaan on saatavissa laitteita ja ohjelmistoja, joiden avulla tiedot voidaan kerätä suoraan NC-koneesta erilaisina tilatietoina, ja nämä tiedot siirretään tietokoneeseen käsittelyä varten. Esimerkkeinä RWT ja Siemens (Kuva 2.).



Kuva 2. Tiedonsiirron liittymät (Siemens Oy)

Työkalujen hallinta tapahtuu vieläkin suurelta osin käsityönä. Käyttövaraston hallinta ja kunnonvalvonta tapahtuu silmämääräisesti ja manuaalisesti. Näihinkin on olemassa ohjelmistoja, joilla käyttövarastoa voidaan hallita helposti, ja useimmissa NC-ohjaimissa on mahdollisuus työkalujen kunnan ja käyttöajan valvontaan. Tällaiset valvontatiedot on kuitenkin luettava NC-ohjaimen näytöltä, ja ne jäävät siten käyttäjän vastuulle.

Ylläpito- ja huoltotyö tehdään edelleen käsityönä, mutta koneen kunnan seurantaan voidaan käyttää erilaisia koneisiin kytkettyjä antureita, joista tiedot kerätään tietokoneelle käsittelyä varten. Huolto- ja korjauspäätökset voidaan tehdä näiden tietojen perusteella hallitusti, ennen kuin tuotanto on pakko pysäyttää konehäiriöiden vuoksi. Määräaikaishuoltojen tulevat ajankohdat ja huoltovälit voidaan tallettaa tietokoneelle tai NC-ohjauksen muistiin, joka ilmoittaa esimerkiksi suodattimen puhdistamisesta tai öljynvaihdosta silloin, kun huolto on ajankohtainen.

2.2 Tiedonsiirron historiaa

Tiedonsiirto NC-työstökoneiden ja toimiston tietokoneiden välillä on aluksi tapahtunut reikäkorttien ja -nauhojen avulla. 1980-luvun taitteessa tyypillinen laite oli hidas Nokian Teletype-kirjoitin, jolla voitiin tehdä reikänauha ja tulostaa ohjelma paperille. Samalla laitteella voitiin myös lukea reikänauhalla oleva ohjelma NC-ohjaimen muistiin, ellei NC-ohjaimessa ollut reikänauhanlukijaa. 1980-luvun puolivälissä ohjelmat siirrettiin jo kaapeleita pitkin sähköisesti. Käytettyjä tallennustapoja olivat myös tallennuslaitteet, joissa muistivälineenä käytettiin esimerkiksi magneettinauhaa tai levykettä. Nämä kytkettiin useimmiten NC-ohjaimen sarjaporttiin. Levykkeenlukijoita käyttivät mm. japanilaiset Yamazaki ja Fanuc. Magneettinauhaa tallennusvälineenä käyttäneistä valmistajista esimerkkinä mainittakoon saksalainen Heidenhain.

Joissakin koneissa on käytössä erillinen tai sisäänrakennettu levykeasema, jonka avulla tieto talletetaan levykkeelle, ja tämä levyke tietoineen arkistoidaan sellaisenaan, tai siinä olevat tiedot siirretään toimiston tietokoneelle. Joskus levykkeen formaatti on laitekohtainen, mutta useimmiten levyke on teollisuusstandardin mukainen (DOS), jolloin tiedot voidaan kopioida levykkeeltä kiintolevyille. Levyke vie NC-koneelta toimistoon ja takaisin, eikä silloin siis käytetä mitään muuta tiedonsiirtotapaa.

1980-luvun alun jälkeen tiedonsiirrossa on käytetty pääasiassa EIA RS-232-C -standardin mukaista sarjaliitintä. Sarjaliitintäisiä laitteita olivat aluksi reikänauhan lävistimet ja lukijat, sekä magneettinauhan lukijat ja tallentimet. Kun mikrotietokoneet alkoivat yleistyä 1980-luvulla, voitiin NC-koneet liittää mikrotietokoneeseen sarjaportin kautta. Tämä tiedonsiirtotapa on vielä 2000-luvun alussakin käytössä olevissa koneissa yleisin. 1990-luvulla NC-koneisiin tuli PCMCIA -tietokonekorttiliitintä, jonka kautta voitiin tallettaa ja syöttää tietoja ohjaimen. Tavallinen tallennusmedia on S-RAM- tai Flash-ROM-muistikortti, joiden kapasiteetti on yleensä muutamia megatavuja. Uusimpia NC-koneissa käytettyjä tiedonsiirtotapoja ovat lähiverkkoyhteydet.

Oheislaitteet, kuten esimerkiksi teollisuusrobotit tarvitsevat omat ohjelmansa, jotka on siirrettävä tietokoneen ja oheislaitteen välillä. /3/

2.3 NC-ohjelmointi

Nykyaikaisessa NC-koneessa tarvittava ohjelma voidaan tehdä koneeseen integroidulla keskustelevalle eli vuorovaikutteisella ohjelmointilaitteella tai -ohjelmistolla, jolloin ulkoista tiedonsiirtoa ei tarvita. Ohjelma voidaan myös syöttää NC-muistiin suoraan NC-koodina koneen näppäimistöllä, joka on se alkuperäinen tapa. Tällä hetkellä yleisin tapa on kuitenkin ohjelman tekeminen toimistossa tai NC-koneen lähistöllä olevalla tietokoneella. Ohjelma voidaan kirjoittaa tekstinkäsittelyohjelmalla suoraan NC-koneen ymmärtämään koodimuotoon tai voidaan käyttää CAM-ohjelmaa, joka muodostaa CAD-työpiirustuksesta NC-koneen tarvitseman työstöradan ja muuttaa sen koneen ymmärtämään koodimuotoon postprosessoriohjelman avulla. Tietokoneelta ohjelmat on siirrettävä NC-koneen muistiin.
/1/

Ohjelmatieto voidaan tallettaa kokonaan NC-koneen muistiin, tai ohjelmaa voidaan ajaa suoraan tietokoneen muistista ns. DNC-ajona, jolloin työstöohjelma siirtyy tosiaikaisesti työstön aikana tietokoneelta NC-koneelle. NC-koneen muistin koko oli vielä 2000-luvun alussa muutamia kymmeniä kilotavuja, mutta nykyään PC-pohjaisissa koneissa muistia on jopa gigatavuja, eli riittävästi. Yhden tavallisen työstöohjelman koko noin yksi kilotavu. Sen sijaan CAD-tiedostosta CAM-ohjelmalla tehdyn NC-ohjelman koko voi olla jopa megatavuja, joten nämä ohjelmat eivät useinkaan mahdu NC-koneen muistiin. Viime vuosina on tosin markkinoille tullut yhä useampia mikrotietokonepohjaisia NC-ohjaimia, ja näiden koneiden muisti on jopa muottien valmistamiseen riittävän suuri. NC-ohjaimiin voidaan hankkia myös ns. dataserveri, joka toimii NC-ohjelmavarastona vaikkapa DNC-ajoa varten. Dataserveriinkin ohjelmat on siirrettävä siltä tietokoneelta, jossa NC-ohjelmat tehdään CAD/CAM-systeemillä.

Valmiista NC-ohjelmista on myös siirrettävä varmuuskopio NC-koneelta tallennusvälineelle, joka yleensä on mikrotietokone ja sen kiintolevy. Ohjelmia säilytetään vielä 1,44 tuuman levykkeelläkin, mutta levykkeet ovat poistumassa ja CompactFlash-muistikortit ovat tulleet tilalle. Joissakin NC-ohjaimissa voidaan käyttää USB-muistejakin. Varastointia tarvitaan, koska ohjelmaa tarvitaan usein uudestaan, kun samaa tuotetta valmistetaan useassa erässä tilausten mukaan. Tällöin työstöohjelmaa ei tarvitse tehdä ja testata erikseen jokaista käyttökertaa varten. Varmuuskopio kannattaa tehdä, olipa ohjelma sitten tehty suoraan NC-koneen ohjauspaneelilla, toimistossa CAM-ohjelmalla tai tekstinkäsittelyoh-

jelmalla. NC-ohjaimen järjestelmätiedoista on myös usein hyvä saada varmuuskopio ja tiedot ylläpitoa sekä huoltoa varten.

2.4 Langattomia tiedonsiirtotapoja

Langattomasti tietoa voidaan siirtää mm. radiotaajuuksilla, optisesti ja magneettisesti. Magneettinen tai induktiivinen yhteys voidaan muodostaa vain erittäin lyhyille, millimetrien luokkaa oleville etäisyyksille. Näillä on myös hyvin vaikea saada siirrettyä muuta tietoa kuin ON/OFF -tilatieto. Optisesti esimerkiksi infrapuna- tai lasertekniikalla voidaan tietoa siirtää pitempiäkin matkoja, teoreettisesti jopa kilometrejä, mutta häiriöherkkyys ja tarvittavat tehot eivät sovellu konepajakäyttöön. Optinen yhteys vaatii aina näköyhteyden, joka konepajaolosuhteissa vaarantuu helposti mm. liikkuvan kaluston vuoksi. Tämäkin siirto-tekniikka vaatii datan modulointia, ja laitteiston hinta voi muodostua investoinnin esteeksi. Satelliitit eivät ole pienessä mittakaavassa järkeviä eivätkä taloudellisia vaihtoehtoja. Nekin vaativat suoran näköyhteyden. Ainoa harkitsemisen arvoinen käyttökohde on eri paikkakunnilla sijaitsevien tehtaiden välinen tiedonsiirto, mutta tässäkin tapauksessa GSM-tekniikka on todennäköisesti parempi ja edullisempi. /3./

Ainoaksi realistiseksi vaihtoehdoksi konepajan sisällä jää siis radioyhteys. Sekin voidaan muodostaa aika monella erilaisella tekniikalla. Tunnetuimmat tällä hetkellä käytettävät tekniikat ovat langaton lähiverkko (WLAN) ja GSM-puhelin ja Bluetooth. GSM-tekniikkaan luetaan tässä yhteydessä kaikki matkapuhelintekniikkaan perustuvat ratkaisut, kuten GPRS ja UMTS. Bluetooth jää konepajassa pois laskuista lyhyen kantaman vuoksi /6/.

Vähemmän tunnettua on radiomodeemien käyttö, vaikka tätä tekniikkaa on käytetty menestyksellisesti jo parin vuosikymmenien ajan. Siirrettävät tiedot ovat kuitenkin olleet tähän mennessä pääasiassa lyhyitä viestimuotoisia sanomia. Tyypillisiä käyttökohteita ovat olleet esimerkiksi pumppuasemilta lähetettävät tilatiedot, maanmittauksessa lähetettävät mittaustiedot ja viimeisimpänä sovelluksena bussien tosiaikaisten aikataulutietojen välittäminen pysäkeille. Suurten datamäärien lähettämiseen radiomodeemeita ei ole käytetty.

Osa konepajan tiedonsiirrosta on suhteellisen pientä tilatietoa, mutta NC-ohjelmat voivat olla kooltaan jo kilotavuja, jopa megatavuja. WLAN- ja GSM-tekniikoissa tällaisten tietomäärien hallitseminen on jo kunnossa. Radiomodeemeissa ei kuitenkaan päätelaitteiden

ohjelmistoa ole vielä kehitetty jatkuvan datavirran hallitsemiseen niin hyvin, että se sopisi sellaisenaan NC-ohjelmien siirtoon. Pääasiallinen käyttö on ollut suhteellisen lyhyttä viestintää. Virheentarkistus ja -korjaus ovat jääneet pääasiassa sovellusohjelmistojen huoleksi. /4;5/

2.5 Langattoman tiedonsiirron etuja

Konepajassa dataa siirretään nykyisin enimmäkseen sarjaliikennekaapelien avulla ja lähiverkossa. Molemmissa rajoituksena on käyttöetäisyys, joka sarjakaapelissa on noin 50 m ja Ethernet-kaapelissa 100 m. Ethernetin toimintasädetä voidaan pidentää huomattavasti toistimilla ja valokuidulla. Datan siirtäminen konepajan eri tehdasrakennusten tai paikkakuntien välillä tapahtuu puhelinverkon kautta. Datan siirrossa laajakaistatekniikka (ADSL) on hyvin yleistä ja modeemien käyttö on vähenemässä, sikäli kuin sitä on lainkaan ehditty ottaa käyttöön, mutta NC-ohjelmat siirretään edelleen pääasiassa sarjakaapelilla NC-koneesta ulos ja sisään. Tuotannonohjaus ja koneiden ylläpitodiagnostiikka tapahtuu pääasiassa manuaalisesti ja paperilla, mutta joitakin automaattisia sovelluksiakin on käytössä. Tämäkin alue on kehittymässä. Myös NC-ohjelmien siirto on siirtymässä lähiverkkoon, koska uusiin NC-ohjaimiin on saatavissa jo melko yleisesti verkkoliityntä. Monissa se on jo vakiovarusteena.

Jonkin verran on otettu käyttöön langattomia lähiverkkoja (WLAN). Lähiverkkoon on mahdollista liittää WLAN-tukiasema, tai RJ-45-liittimeen voidaan kytkeä WLAN-asema, johon NC-ohjaimet voisivat olla yhteydessä. Saatavilla on myös muuntimia sarjaliikenteen muuntamiseksi WLANiin. Tällöin PC:n päässä olevan vastaanottoyksikön on emuloitava sarjaporttia, eikä tiedonsiirtonopeus nouse sarjaliikennettä nopeammaksi. Työstökoneessa olevaan PCMCIA -korttipaikkaan voitaisiin periaatteessa liittää WLAN-kortti, mutta NC-ohjaimiin tällaisia ei ole tehty. Sen sijaan lähiverkkoliitintä on yleistynyt, ja se on nykyään käytännössä kaikissa NC-ohjaimissa.

Yhteydenpitoon käytetään yleisesti GSM-puhelimia. Näiden GPRS-datasiirto-ominaisuutta voitaisiin käyttää myös NC-ohjelmien siirtoon, mutta NC-ohjaimen sarjaporttiin olisi liitettävä RS-232/GPRS-muunnin, tai modeemi, joten vanhoissa ohjauksissa GSM/GPRS ei toimi. PC-pohjaisissa ohjauksissa puhelin voidaan liittää vaikka USB-liitännällä.

NC-ohjaimen PCMCIA-korttipaikassa olevaan muistikorttiin voidaan vain siirtää talteen ja tarvittaessa palauttaa varmuuskopio koneen järjestelmätiedoista tai NC-ohjelmista. Muistikortti on tällöin suoraan kiinni NC-koneessa, eikä välillä ole edes kaapeliyhteyttä. Kun PCMCIA -korttipaikkaan pannaan verkkokortti tai modeemi, saadaan tieto siirrettyä kaukanakin olevaan tietokoneeseen lähiverkon tai GSM-modeemin avulla. GSM-modeemia tukevat NC-ohjaimet ovat vielä harvinaisia. Siemensin Sinumerik 840D-ohjaukseen on ainakin 2000-luvun alusta saakka voinut kytkeytyä modeemilla etäyhteydenpitoa varten, mutta esimerkiksi Fanucin uusimmissa 30-sarjan ohjaimissa modeemi on vielä valinnainen.

Yhteensopivuusongelmaan hyvä ratkaisu olisi radiomodeemi, joilla NC-kone voidaan kytkeä tietokoneeseen ja edelleen lähiverkkoon. Radiomodeemi voidaan kytkeä NC-ohjaimen sarjaporttiin, joka on kaikissa työstökoneissa vakiovarusteena. Radiomodeemin käyttökustannukset ovat lähes olemattomat ja yhteensopivuus sekä siirrettävyys ovat erinomaisia. Hankintakustannus on ainoa merkittävä kuluerä. Tiedon varmistuskin voidaan hoitaa tietokoneen ohjelmistolla erilaisin keinoin, kuten tarkistussummalla tai lähettämällä datapaketti takaisin NC-koneelta tietokoneelle ja vertaamalla tiedostoja keskenään. Joissakin radiomodeemeissa on myös mahdollisuus siirretyn tiedon varmistamiseen.

Käytössä oleva konekanta on kuitenkin suuri, ja nykyinen kalusto ei varmaankaan poistu alle kymmenessä vuodessa. Jopa yli 20 vuotta vanhoja koneita on vielä paljon käytössä. Vanhan ja uuden konekannan liittäminen yhteiseen datansiirtojärjestelmään on haaste, joka toistaiseksi on ratkaistu asentamalla uusiinkin NC-ohjaimiin sarjaportti vakiovarusteeksi.

Mielestäni tärkein syy langattoman yhteyden käyttöönottoon on tehdasrakennusten välinen etäisyys tai muuten hankala yhteydenpito kaapelilla. Tällaisia ovat esimerkiksi vilkas liikenneväylä, piha tai vesistö. Myös ukkoson aiheuttamat ongelmat voidaan ratkaista langattomalla yhteydellä. Kun pitkät kaapelit saadaan pois tehdasrakennuksen sisältäkin, poistuvat mahdolliset ukkos- tai kaapelivauriot sekä kaapeloinnin muut ongelmat. Näissä tapauksissa langattoman yhteyden investointikustannuksia on verrattava mahdollisiin kaapeliyhteyden haittoihin. Usein kaapeliyhteyden rakentamis- ja ylläpitokustannukset jäävät laske-matta.

2.6 Nykypäivän tilanne konepajassa

Tekniikan kehitys on lisännyt huomattavasti erilaisten muoviosien kysyntää, ja tästä johtuen muoviteollisuuden työkalunvalmistajat ovat tarvinneet nopeampia ja luotettavampia tietoliikenneyhteyksiä. Tämän tarpeen on toistaiseksi tyydyttänyt esim. 19200 baudin sarjaliikenneyhteys, joka on juuri ja juuri tarpeeksi nopea DNC-käyttöön. Sarjaliikenteen haittana on kuitenkin sen hitaus sekä yhteensopivuusongelmat PC:n käyttöjärjestelmän ja NC-ohjaimen välillä. Esimerkiksi Windows NT ei toimi kunnolla Fadal-ohjaimen kanssa. PC-pohjaiset NC-ohjaimet ovat yleistymässä työstökoneissa, joten tämäkin ongelma ratkennee ajan kuluessa.

Verkkoyhteydet ovat nykyään yleisiä toimistoissa, ja niin myös teollisuudessa. Tätä yhteystapaa on pystytty hyödyntämään tiedonsiirrossa sen jälkeen, kun NC-koneisiin on ollut saatavissa verkkokortteja. 1990-luvun puolivälistä alkaen muutamissa NC-koneissa on ollut Ethernet -verkkoyhteys lisävarusteena ja 2000-luvulla useissa koneissa jo vakiovarusteena. Uusissa koneissa verkkoliitäntä alkaa yleistyä, mutta vanhassa konekannassa tätä ominaisuutta ei ole, koska tällaista mahdollisuutta ei vielä 1980-luvulla ollut lainkaan. Sarjaportti on kuulunut yleensä kaikkiin NC-koneisiin vakiovarusteena, ja se on todettu riittävän nopeaksi, luotettavaksi ja edulliseksi. Ennen vuotta 2000 hankittuun koneeseen verkkoyhteyden rakentaminen ei ole kovin kannattavaa, eikä usein mahdollistakaan. Verkkoyhteyden eräs haitta on sen hankintahinta verrattuna ”ilmaiseen” sarjaliikenteeseen. Sen lisäksi kaikki NC-koneen valmistajat eivät vielä ole varustaneet ohjaimiaan verkkokortilla. Verkkokortti toimitetaan vielä joskus lisävarusteena. Hinta on kuitenkin suhteellinen käsite, sillä nykyaikainen NC-kone maksaa vähimmilläänkin 50.000 €, usein satoja tuhansia euroja, ja verkkokortti enintään satoja euroja. Verkkokortin saa jo muutamalla kymmenellä eurolla, mutta väliportaiden ja räätälöinnin vuoksi hinta moninkertaistuu. Tämän kustannuksen ei pitäisi kuitenkaan olla ratkaiseva tekijä.

3 LANGATON TULEVAISUUS

Puhe siirtyi langattomaan maailmaan reilussa kymmenessä vuodessa. Data vaatii suurempaa siirtokapasiteettia ja hakee yhä omaa tapaansa langattomuuteen. Vastakkain ovat kolmannen sukupolven UMTS-verkot ja lähiverkkotekniikkaan perustuva langaton lähiverkko, WLAN. /2/ Näiden lisäksi langaton datayhteys voidaan muodostaa useilla eri tavoilla. Näitä ovat mm. infrapunayhteys, Bluetooth tai muu radioyhteys. Konepajakäytössä näistä voidaan sulkea pois ainakin infrapunayhteys, sillä sen käyttö vaatii suoran näköyhteyden, eikä salli kovinkaan pitkää siirtoyhteyttä. Bluetooth -yhteyttä ei konepajassa voida pitää kovin käyttökelpoisena, koska sen suurin kantama on teoriassakin vain muutamia kymmeniä metrejä, eivätkä konepajan häiriölliset olosuhteet salli kuin enintään muutaman metrin etäisyyden.

3.1 Langattomia yhteyksiä

WLAN on ennemminkin langaton liittymä datasiirtoverkkoon, kuin langaton lähiverkko. Sovellukset ovat jo muutakin kuin lähiverkon langattomia jatkeita. Eräiden asiantuntijoiden mielestä WLAN on vahva vaihtoehto UMTS-verkolle. WLAN ja GPRS olisivat yhdessä riittävä ja paljon halvempi tapa toteuttaa langaton datansiirto, kuin tekeillä oleva UMTS. /2/

GSM tai UMTS-yhteyden käyttö saattaisi tulla kysymykseen silloin, kun konepajayritys on sopinut matkapuhelinoperaattorin kanssa sisäpuhelinverkon vuokraamisesta matkapuhelinoperaattorin GSM-verkosta jollakin kiinteällä tai alennetulla taksalla, sillä matkapuhelinten käyttämät kanavat ovat luvanvaraisia, ja operaattorien veloittamat hinnat ovat joko aikaan tai siirrettyyn datamäärään perustuvia, joten jatkuva yhteydenpito tulee aikaveloitteisenä melko kalliiksi. Varsinkin kun tähän päivään saakka tiedonsiirto on konepajassa totuttu hoitamaan ”ilmaisella” sarjaliikenteellä. Ilmaista sarjaliikennettä ei tosin ole, sillä NC-ohjaimen ja tietokoneen väliin on vedettävä kaapeli liittimiseen – usein mutkikastakin reittiä pitkin. Konepajassa esiintyvien sähköhäiriöiden vuoksi kaapelin tulee olla suojattu. Tietokoneeseen on hankittava jokin tiedonsiirto-ohjelma ja datan hallintaohjelma. Jos konepajassa tehdään layout-muutoksia ja koneiden tai toimistojen paikkaa muutetaan, on kaapelointi tehtävä uudestaan. Kaapeli on vedettävä myös jokaiseen uuteen koneeseen ja varmistettava tietokoneelta liitännä- ja tallennuskapasiteetti. Jos koneet ovat hajallaan ym-

päri tehdasaluetta useissa eri rakennuksissa, kaapeleista tulee pitkiä ja häiriöherkkiä, jolloin tiedonsiirtonopeutta on alennettava. Myös häiriöherkkyys kasvaa etäisyyden kasvaessa.

Etädiagnostiikka

GSM:n GPRS-yhteyttä voitaisiin käyttää esimerkiksi maahantuojan huollon ja asiakkaan tiloissa olevan NC-ohjaimen väliseen tiedonsiirtoon, kun halutaan siirtää NC-ohjaimen tilatiedot vaikkapa maahantuojan tai valmistajan tiloissa olevan tietokoneen muistiin. GPRS-laitteita on jo useiden matkapuhelinvalmistajien valikoimassa, ja hinta alkaa olla sillä tasolla, että yleisempikin käyttö voisi yleistyä. Kuitenkaan NC-ohjaimen PCMCIA-liitännät eivät tue vielä GPRS-tekniikkaa. Mutta jos tällä yhteydellä voitaisiin säästää vaikkapa yksi käynti asiakkaalla 500 kilometrin päässä tai kone voitaisiin saada käyttökuntoon muutamankin tunnin verran nopeammin, se voisi olla kannattavaa. Nykyään jotkut NC-ohjaimen valmistajat, kuten Siemens, käyttävät modeemiyhteyttä etädiagnostiikkaan ja NC-ohjaimen huoltoon sekä päivityksiin. Toistaiseksi tämä on langallinen yhteys, mutta mikään ei estä tämän muuttamista GSM-yhteydeksi.

Kolmannen sukupolven (3G) matkapuhelin UMTS on jo yleisesti käytössä ja seuraavakin sukupolvi on jo piirustuslaudalla. Toistaiseksi 3G-verkko kattaa vain taajamat ja pääteiden varret. UMTS:ssakin tiedonsiirto maksaa erikseen jokaiselta siirrettävältä kilotavulta, joten suurien tietomäärien siirtäminen on kallista, mutta yhteydet nopeampia kuin GPRS. Operaattorien kanssa voi sopia myös kiinteästä datansiirron kuukausiveloituksesta, jolloin hinta on kiinteä, n. 10 - 50€/kk, nopeudesta riippuen.

3.2 GPRS/UMTS -datasiirto

GPRS-puhelimien hinnat 2010

Puhelinmallit uudistuvat ja mallivalikoima muuttuu niin nopeasti, että tarkkoja hintoja ei ole järkevä luetella. Peruspuhelimien hinta on alle 100 € ja muutamalla sadalla eurolla saa jo hyvinkin monipuolisen 3G-puhelimen usealta eri valmistajalta. Nämä sisältävät usein sisäänrakennetun modeemin datansiirtoa varten. Usein palveluntarjoajat myyvät paketteja, joissa kuukausivuokraan sisältyy sekä yhteys että puhelin. Hinta riippuu mm. puhelinmallista, yhteysnopeudesta ja sopimuksen pituudesta. Kuukausihinnat alkavat jopa alle 1 €/kk. (Nokia 2730 + DNA Into -liittymä, 24 kk sopimus 0,90 €/kk).

GSM-datakortit (eli ”mökkulat”)

Tietokoneen USB-porttiin liitettäviä datamodeemeita on saatavissa alle 100 € hinnalla tai sellaisen voi vuokrata jopa alle 10 € kuukausimaksulla. Kuukausivuokraan sisältyy laitteen lisäksi myös puhelu-aikaa. Kohtuullisen datasiirtokapasiteetin vuokra on alkaen 15 € kuukaudessa. NC-koneiden tiedonsiirtoon riittää vallan hyvin halvin kapasiteetti, eikä nopeuskaan ole ongelma. (DNA Nettikaista 2M+ Mökkula, 24 kk sopimus 13,90 €/kk)

Taulukosta 1. nähdään, että eri palveluntarjoajien välinen hintavaihtelu on aika suuri, mutta tähän vaikuttavat sopimuksen pituus sekä palveluun liitetyt muut ominaisuudet ja ehdot.

Taulukko 1. GPRS -datasiirron hintavertailu toukokuussa 2010 eri liittymätyypeillä.

Mobiililaajakaistan nopeudet	Elisa	Sonera	DNA
Avausmaksu	10 €	-	-
Kuukausimaksu, sisältää tiedonsiirron kotimaassa (downlink / uplink)			
Miniminopeus (384 kbit/s)	9,90 €	14,90 €/kk	9,80 €/kk
Maksiminopeus (2 / 1 Mbit/s)	29,90 €	34,80 €/kk	29,80 €/kk

NC-ohjelmien siirtomäärä vaihtelee eri konepajoissa hyvinkin paljon. Jos tehdään pieniä sarjoja ja suhteellisen yksinkertaisia kappaleita, alle kilotavun mittaisia ohjelmia siirretään usein, mutta kokonaisdatamäärä jää vähäiseksi. Toisaalta esimerkiksi muottien valmistuksessa dataa siirretään harvoin, mutta datamäärä voi olla useita megatavuja kerrallaan. Edellisessä tapauksessa kannattaa valita perusdataliittymä, jolloin veloitetaan vain siirrettävästä datamäärästä eikä kiinteää kuukausimaksua ole lainkaan ja kustannukset jäävät enimmilläänkin muutaman euron suuruusluokkaan kuukaudessa. Tällöin on kuitenkin pidettävä huoli siitä, että datasiirtomäärät eivät karkaa käsistä, sillä lasku voi olla yllätys. Jos siirrettävä kuukausittainen datamäärä nousee megatavuihin, on varmintä valita kiinteähintainen liittymä.

On myös otettava huomioon, että jokainen päätelaite vaatii oman GPRS/UMTS-laitteensa. Laitteita on oltava aina vähintään kaksi, koska toista päätelaitetta voidaan siirtää tarvittaessa koneelta toiselle. Yleensä kaksi päätelaitetta ei riitä, eikä päätelaitteita ole aina mahdollistakaan siirtää koneesta toiseen, joten käytännössä jokaiseen koneeseen on hankittava oma päätelaitteensa. Samoin perusliittymän kustannukset kasvavat, jos dataa siirretään edestakaisin ja lähetyksiä joudutaan uusimaan. Datasiirtoliittymä on myös hankittava jokaiseen datasiirtoon käytettävään puhelimeen.

Jos oletetaan, että GPRS-puhelimia on työntekijöillä muutenkin käytössä, laitekustannuksilla ei ole merkitystä, mutta käytännössä datasiirron aikana se on sidottu kyseiseen tehtävään, eli se muu käyttö jää työajan ulkopuolelle. Jos GPRS-puhelinta käytetään myös puhumiseen, siitä veloitetaan yleensä kuukausimaksuja, joita ei taas datasiirron perusliittymässä ole lainkaan.

On huomioitava myös konepajan olosuhteet, joissa GPRS-puhelimet joutuvat alttiiksi liialle, sähköisille häiriöille ja värinöille, eli nämäkin aiheuttavat erikoisvaatimuksia ja nostavat laitteiden hankintahintaa. Erikoissuojattu puhelin on selvästi tavallista puhelinta kalliimpi. Nokia 3720 classic (DNA 118 €) on kestävä, luotettava ja helppokäyttöinen laite. Nokia 3720 on veden-, pölyn- ja kolhunkestävä, ja siinä on tehokas akku.

GSM-puhelimella siirrettävä data voidaan siirtää NC-ohjaimen joko sisäänrakennetun modeemin (Sinumerik 840D), tietokoneliitännän (LAN) tai sarjaportin kautta. Tämä tekee liitännän hiukan monimutkaisemmaksi, mutta mahdollistaa yhteydenpidon pitkältikin etäisyydeltä.

GSM modeemit

NC-koneen PCMCIA-korttipaikkaan voidaan teoriassa asentaa GSM-modeemi, jonka avulla saadaan yhteys lähes minne tahansa GSM-puhelimen avulla. GSM-modeemien toimittajia on useita, käytännössä ainakin kaikki suurimmat langattoman verkon tuotteita valmistavat yritykset.

Toisaalta NC-ohjaimet eivät vielä v. 2010 yleisesti tue GSM-modeemien käyttöä. Joissakin ohjauksissa (mm. Siemens Sinumerik) käytetään GSM-liittymää huolto- ja ylläpitotarkoituksessa. PCMCIA-muistikorttipaikkaa käytetään tavallisesti vain järjestelmätietojen tallentamiseen CompactFlash muistikorteille (Vanhemmissa S-RAM tai Flash-ROM). Myös työstöohjelmia ja muita konetietoja voidaan tallentaa muistikortille.

4 LANGATON TIEDONSIIRTO KONEPAJASSA

4.1 WLAN

Uusimmat tiedonsiirtotavat lähietäisyydellä (konepajahallin sisällä) ovat nykyään WLAN-perustaisia. Useat valmistajat ovat tuoneet markkinoille laitteita, joilla sarjamoitoinen liikenne voidaan muuttaa lähiverkossa lähetettävään muotoon. Tätä varten työstökoneen sarjaliikenneporttiin kytketään WLAN-päätelaite (esim. Moxa Nport W2150+) jonka kautta dataa siirretään lähiverkkoon langattomasti (kuva 3). Lähiverkossa vastapuolena on WLAN-tukiasema (esim. Zyxel NWA1100). Lähiverkon palvelimella pyörii palvelinohjelmisto, joka vastaanottaa ja lähettää pyydetty tiedostot pyydettyyn kohteeseen.



Kuva 3 Sarjaportti/WLAN-muunnin Moxa NPort W2150 Plus

Palvelinohjelmiston avulla voidaan pyytää NC-koodit suoraan ohjauksesta (liite 1). Tätä varten käytetään ns. juoksupoikatoimintoa, jossa ohjaukselta lähetetään pyyntöohjelma, jossa mainitaan halutun ohjelman nimi. Kun palvelin saa pyyntöohjelman, se poimii sieltä ohjelman nimen, etsii sen kansioista ja lähettää koneelle (liite 1).

Kun ohjelma lähetetään ohjaukselta, se taltioidaan kyseisen koneen nimellä olevaan kansioon automaattisesti. Käyttäjän ei tarvitse koskea tietokoneeseen siirtäessään ohjelmia.

Lähiverkossa siirrettävän datan kustannukset muodostuvat laitteista ja asennuskustannuksista. Ylläpitokustannuksilla ei ole merkitystä, koska palveluntarjoajille ei tarvitse maksaa.

Laitteiden konfigurointi uuteen tai muuttuneeseen tilanteeseen on kertaluonteista, ja se voidaan laskea asennuskustannuksiksi.

Koska paikallisverkkoon liitettävissä NC-ohjaimissa on verkkoliitäntää varten RJ-45 liitin, tähän voidaan kytkeä tukiasema/muunnin (esim. Lucentin WaveLAN), joka korvaisi kaapeliyhteyden langattomalla radioyhteydellä. Verkkokortin valmistajia on useita ja valinnanvaraa riittävästi. Uusimmissa laitteissa langattoman verkkokortin tai päätelaitteen voi liittää RS-232C- sarjaporttiin sellaisenaan (Taulukko 2).

Taulukko 2. Ethernet -verkkokortti on saatavissa seuraaviin NC-ohjaimiin.

Valmistaja	ohjainmalli	vakio-/lisävaruste	vuodesta
Fadal	MP32	lisävaruste	1995
Fanuc ja GE-Fanuc	15, 16, 18, 21	lisävaruste	1997
Fanuc ja GE-Fanuc	0i, 15C, 16i, 18i, 21i, 30i-sarja	vakiovaruste	2002
Heidenhain	TNC 426	lisä/vakiovaruste	1997
Heidenhain	iTNC 530	vakiovaruste	2003
NUM	Axium Power / iPC	vakio PC-mallissa	2003
Siemens	Sinumerik	vakiovaruste	2002
Yamazaki Mazak	Mazatrol Fusion 640	vakiovaruste	2002
Mori Seiki	MSX-750/530	vakiovaruste	2004
Okuma	OSP200	vakiovaruste	2005

Konepajan sisäisessä tiedonsiirrossa hyviä järjestelmiä ovat langaton lähiverkko (WLAN) tai radiomodeemiyhteys. Vapailta taajuualueilla (2,4 GHz, 890 MHz tai 433 MHz) toimivia radioyhteyksiä voidaan luoda radiomodeemeilla.

Laitteita voidaan rakentaa valmiina saatavista radiolähetin/vastaanotinkomponentista, joita saa muutamilta toimittajilta (esim. Circuit Design Inc., USA ja RF Monolithics, Inc). Erillisistä komponenteista valmistetut laitteet pitää testata ja sovittaa olemassa oleviin RS-232- tai PCMCIA-liittimiin sekä hyväksyttää viranomaisilla. Sen lisäksi pitää hankkia muu tarvittava elektroniikka ja prosessori, ohjelmoida se ja sovittaa laitteistoon.

NC-ohjaimienkin pitäisi pystyä kommunikoimaan langattomasti. Tämän vuoksi NC-ohjaimen päässä olevaan lähettimeen / vastaanottimeen pitäisi saada sen verran älyä ja logiikkaa, että langaton yhteys voitaisiin muodostaa. Räätelöidyt laitteet ovat tehokkaita,

sillä niihin ei tarvita mitään ylimääräisiä toimintoja, mutta sarjakoot ovat melko pieniä, joten sarjatuotannon hyöty jää mitättömäksi, mikä taas nostaa valmistuskustannuksia. Tiedossa olevien komponenttien hinnan perusteella valmistuskustannukset saattaisivat jäädä WLAN-laitteita alhaisemmiksi, ellei työkustannusta huomioida. Edellä mainittujen valmistajien komponenteista tehtyjä valmiita laitteita ei kuitenkaan ole saatavissa, joten sellaisia ei vielä voida kokeilla. Mielenkiintoinen haaste olisi tällaisen yhteyden prototyypin rakentaminen ja ohjelmiston luominen, mutta tämän hetkiset resurssit eivät siihen riitä. Käytännössä on hankittava jokin tarjolla olevista valmiista radiomodeemeista ja jätettävä käyttämättä niiden muut ominaisuudet. Kokonaiskustannukset ovat tällöin hallinnassa, ja sarjavalmistuksen edut saadaan hyödynnettyä.

Radiomodeemeilla on useita maahantuojia, esimerkiksi nurmijärveläinen Salmetek Oy, joka edustaa mm. Elpro -merkkisiä australialaisia radiomodeemeja. Suomalainen Satel Oy valmistaa radiomodeemeja, jotka toimivat luvasta vapailla taajuualueilla 433 MHz ja 870 MHz, ja uusimmat mallit myös amerikkalaisella 915 MHz-taajuualueella.

Yksinkertaisimman radiomodeemin kappalehinta on alle 500 euroa. Monipuolisemmat ja tehokkaammat mallit maksavat n. 1000 euroa ja enemmänkin. Modeemeita tarvitaan aina vähintään kaksi kappaletta. Tavallisesti hankitaan oma radiomodeemi jokaiseen päätelaitteeseen, jolloin investointikustannus nousee helposti useisiin tuhansiin euroihin.

Langattomaan lähiverkkoon (WLAN) perustuva tietoliikennejärjestelmä on käytössä mm. Avesta Polarit Oyj (Nykyään Outokumpu Oyj) Tornion terästehtaan korjaamossa. WLANiin kytketyt työstökoneet ovat vuonna 2002 hankittuja Mazak-merkkisiä NC-työstökoneita. Tiedonsiirtoa käytetään työstöohjelmien siirtoon ja työstökoneen tilatietojen lukemiseen. WLAN-laitteet ovat Orinoco-merkkisiä. Käyttökokemuksia ei yrityksistä huolimatta ole saatavissa (liite 3).

Moxan valmistamia sarjaportti/WLAN-muuntimia on asennettu Suomessa useisiin teollisuus- ja oppilaitoksiin (liite 2).

4.2 Radiomodeemit

Sarjaporttiin voidaan liittää myös radiomodeemi. Tämän laitteen avulla voidaan tietoja siirtää kahden kohteen välillä jopa kymmenien kilometrien etäisyyksille.

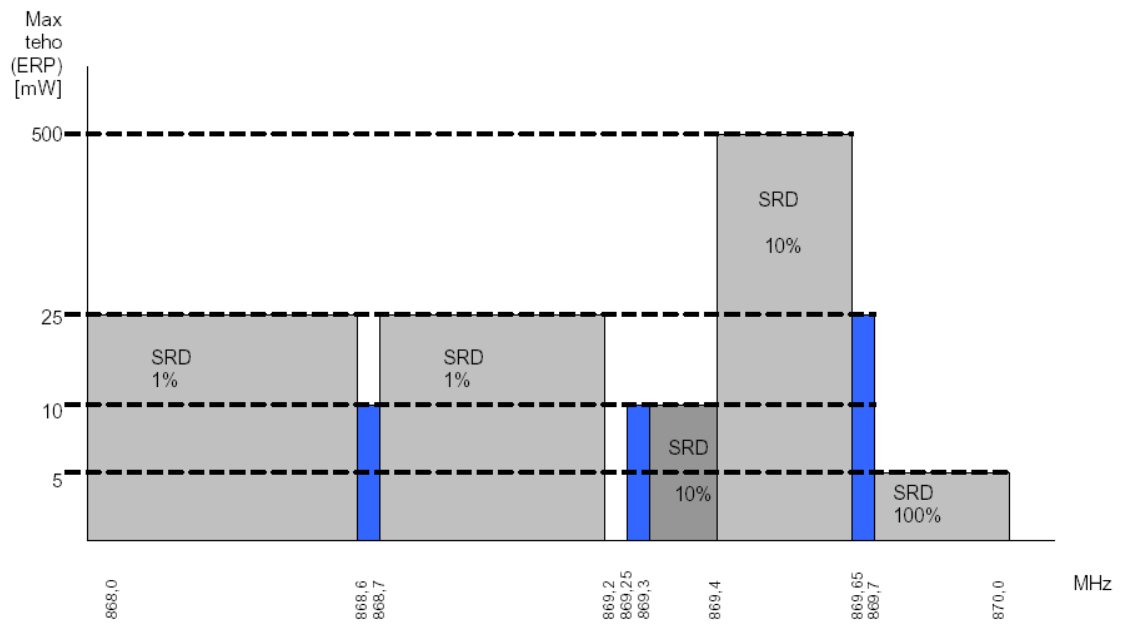
Suomalainen Salossa sijaitseva Satel Oy valmistaa radiodatamodeemeja, joita käytetään tällä hetkellä useisiin eri tarkoituksiin mm. kunnallistekniikassa (pumppuasemat), liikkuvien laitteiden tiedonsiirrossa (junat, bussit) ja myös Satelin omassa tehtaassa tuotantokoneiden tiedonsiirrossa (liite 4).

RS-232-sarjaportin kautta toimiva radiomodeemi ei ole kovin nopea (radiotien nopeus on 9600 baudia), mutta riittää tavallisen työstöohjelman siirtämiseen. Näiden laitteiden käyttämät taajuusalueet 433 MHz ja 870 MHz ovat vapaasti käytettävissä, eivätkä siis ole luvanvaraisia, mutta käyttöilmoitus on tehtävä telehallintokeskukselle (liite 6). Ilmoituksen tekee modeemin valmistaja, eikä käyttäjän tarvitse siitä murehtia.

Konepajassa radiomodeemin käyttö on perusteltua siksi, että lähes kaikissa NC-koneissa on sarjaliikenneportti ja Satelin sekä Elpron radiomodeemeissa on vakiovarusteena RS-232-sarjaliitäntä. Myös tietokoneissa on usein sarjaportti, johon radiomodeemi voidaan kytkeä. Oma radiomodeemi on myös helposti hallittavissa, koska kaikki tiedonsiirron elementit ovat omissa käsissä. Investointi on kertaluonteinen, eikä siirrettävästä datasta tule lainkaan käyttökustannuksia. Radiotie tosin on aina alttiina ulkopuolisille häiriöille, mutta sama pätee kaikkiin radioviestimiin.

Satelline 1870-radiomodeemissa voidaan käyttää 74 eri kanavaa taajuusalueella 868,0 – 870,0 MHz jaettuna 8 eri alikaistana kanavavälin ollessa 25 kHz. Käyttäjä voi itse muuttaa liikennöintikanavaa ja ryhmitellä ne omien tarpeidensa mukaisesti. Asetukset voi muuttaa millä tahansa sopivalla pääteohjelmalla. Satel toimittaa tarvittaessa SaTerm -nimisen pääteohjelman asetusten muuttamista varten. Telehallintokeskus määrää kunkin taajuusalueen suurimmat sallitut lähetystehot. Radiomodeemiin on ohjelmoitu valmiiksi rajoitukset niin, että suurinta sallittua lähetystehoa ei ylitetä. Lähetystehoa voidaan säätää alikaistasta riippuen alueella 5 mW – 100 mW tehotasojen ollessa 5, 10, 25, 50 ja 100 mW. Vastaanottimen herkkyyttä voidaan säätää alueella -120 dBm – -50 dBm tehdasasetuksen ollessa -110 dBm ja tarkkuuden ± 3 dB.

Sallitut lähetystehot ja toimitasuhteet ilmenevät kuvasta 4.



Kuva 4 Sallitut lähetystehot (ERP) ja toimitasuhteet (SRD) eri taajuuksilla (Lähde Satel Oy, ja viestintävirasto)

4.3 2,4GHz tuotteiden soveltuvuus teollisuuskäyttöön

2,4 GHz tuotteissa on etuja alemman taajuuskaistan tuotteisiin nähden kaupallisissa sovel-
luksissa. 2,4 GHz kaistalla saavutetaan paljon suurempi datanopeus. Kaupallisissa sovel-
luksissa, joissa siirretään suuria datamääriä lyhyillä etäisyyksillä, saadaan parempi suori-
tuskkyky kuin alempitaajuisilla kaistoilla. Tämä on realismia LAN:issa tai 802.11 WiFi-
laitteissa. 2,4 GHz kaista on myös oikea kaista langattomalle videolle, jossa tarvitaan suur-
ta bittivirtaa.

Mutta nämä eivät ole sopivia teollisuuden ohjaus- ja automaatio-sovelluksiin, joissa ei tarvi-
ta suuria bittivirtoja ja radiotien luotettava suorituskkyky hankalissa paikoissa on tärkeää.
Miksi siis 2,4 GHz laitteita tarjotaan?

Syyt ovat kaupallisia, eivät teknisiä. 2,4 GHz kaistaa voidaan käyttää useimmissa maissa
lupavapaasti, ja monissa maissa alempia kaistoja ei ole lupa käyttää. 2,4 GHz laitteita voi-
daan myydä useampaan paikkaan ilman muutoksia, jolloin valmistus- ja varastointikustan-
nukset laskevat. Alempia taajuuksia varten on valmistettava useanlaisia laitteita kattaak-
seen tuotteillaan koko maailman.

Toinen syy on kustannukset. 2,4 GHz komponentit ovat suurten valmistusmäärien vuoksi
halvempia kuin alempien taajuuksien komponentit. Monet radiomodeemien valmistajat
erikoistuvat langattomiin teollisuuden tuotteisiin. Niitä ei valmisteta kaupallisille markki-
noille. Tuotteita myydään maailmanlaajuisesti useille teollisuudenaloille. Radiomodeemien
maine perustuu korkeaan laatuun, eikä alhaisiin kustannuksiin tai helppoon tuotantoon.
Tästä syystä radiomodeemeja ei toimiteta 2,4 GHz taajuusalueella. (Taulukko 3)

Taulukko 3 Radiomodeemin kantama eri tehoilla ja taajuuksilla

Suora näköyhteys		
2.4 GHz	1 W plus 6dB vahvistusantennit	10 – 25 km
900 MHz	1 W plus 6dB vahvistusantennit	25 – 40 km
2.4 GHz	100 mW plus 16dB antennit	15 – 60 km
900 MHz	100 mW plus 16dB antennit	30 – 100 km
Teollisuusalueilla		
2.4 GHz	1 W	0,3-1,8km
900 MHz	1 W	1,5-15km
Vaihtelu riippuu maasto-olosuhteita ja kaupunkialueella rakennuksista. Viranomaiset säätelevät lähetystehoja.		

Radiomodeemeilla siirrettävää dataa ei voi mitenkään salata tai kryptata, koska NC-ohjain ei yleensä kykene tiedon salaamiseen tai salauksen purkamiseen. Kaikki sopivalla taajuuksella kuuntelevat laitteet voivat kaapata tiedon ja lukea sen avoimesti. Sen vuoksi kannattaa harkita, voiko esimerkiksi joidenkin prototyypin NC-ohjelmia lähettää langattomasti radiomodeemilla. Pelkästä NC-ohjelmasta ei kuitenkaan ole kenellekään kovin paljon hyötyä, sillä valmistuksen kannalta olennaiset lisätiedot puuttuvat, ellei näitä ole sisällytetty kommentteina ohjelmalistaukseen.

Jos radiomodeemissa on salausominaisuus, siirrettävä data on radiotiellä salattuna ja salauksesta/purkamisesta huolehtivat radiomodeemit.

5 KENTTÄTESTIT

5.1 Käyttökokemuksia radiomodeemista Satelline 1870

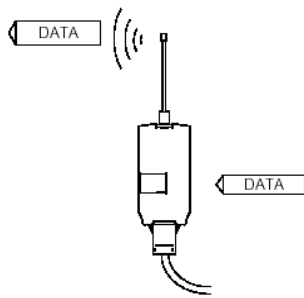
Satelline 1870-radiomodeemi valittiin kokeiltavaksi sen vuoksi, että laite oli uusi markkinoilla ja suunniteltu tehdaskäyttöön. Satelin valmistamia 3AS-malleja on jo ollut käytössä mm. liikkuvan kaluston datansiirrossa ja pumppuasemilla tilatietojen siirtämistä varten. 3AS-mallin teho ja datansiirtonopeus ovat suuremmat kuin mallissa 1870, ja siinä on virheenkorjausmahdollisuus, mutta 1870-mallin suojaus on parempi, hinta alhaisempi ja kuitenkin ominaisuudet tehdasympäristössä tapahtuvan tiedonsiirron tarpeisiin riittävät. 3AS-malleilla yhteys voidaan parhaassa tapauksessa muodostaa 7 kilometrinkin päästä. Satel Oy:n omissa kokeissa 1870 mallilla yhteys on saatu ihanneolosuhteissa viiden kilometrin etäisyydeltä (liite 7). Jatkuva ja luotettava yhteyskin on saatavissa jopa kilometrin etäisyydelle hyvissä olosuhteissa. Konepajassa yhteysetäisyys jäänee enintään muutamaan sataan metriin.

Satel 1870-radiomodeemi on *half-duplex*-modeemi, eli dataa voidaan siirtää molempiin suuntiin, mutta vain yhteen suuntaan kerrallaan. Radiomodeemissa voidaan valita, onko siinä lähetys- vai vastaanottoprioriteetti. NC-koneiden tiedonsiirrossa on valittava lähetysprioriteetti, koska siirrettävää datavirtaa ei saa katkaista, ennen kuin koko lähetys on päätynyt. Sen jälkeen, kun lähetys on päättynyt, radiomodeemi alkaa kuunnella, onko jostakin tulossa dataa sen vastaanottotaajuudella. Satel 1870-radiomodeemi toimii vain *transparent*-tilassa.

5.1.1 Osoitteiden käyttäminen

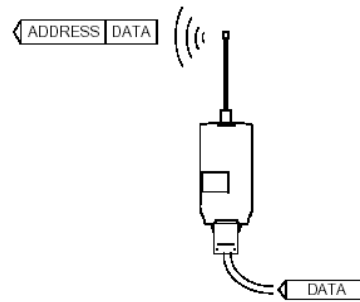
Satelline -radiomodeemeissa osoitteistus hoidetaan viestin alussa lähetettävillä SL-komennoilla, joilla kohteen osoite annetaan vastaanottavalle modeemille. Tällöin kaikki kuuluvuusalueella olevat modeemit kuulevat viestin, mutta vain se modeemi, jonka osoite on sama kuin viestin alussa vaaditaan, ottaa viestin vastaan. Muut modeemit eivät ota viestiä vastaan.

Kaaviot osoitteiden käytöstä on esitetty kuvissa 5 – 8.



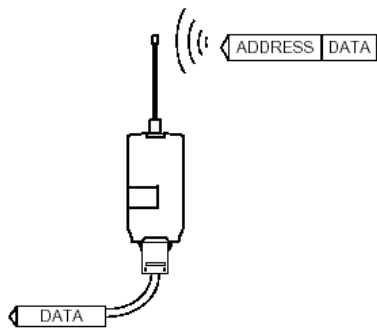
Kuva 5 Lähetys TX-osoitus pois päältä

TX-osoitus pois päältä (OFF)
Radiomodeemi lähettää datapaketin eteenpäin sellaisenaan.



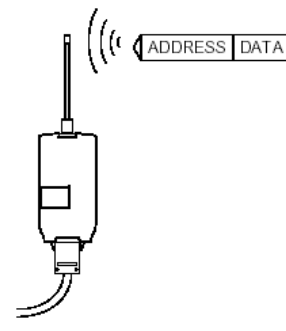
Kuva 6 Lähetys TX-osoitus päällä

TX-osoitus päällä (ON)
Radiomodeemi lisää ensisijaisen TX-osoitteen jokaisen radioteitse välitettävän kehyksen alkuun



Kuva 7 Vastaanotto RX-osoitus päällä

- RX-osoitus – PÄÄLLÄ (ON)
- Ensisijainen ja/tai toissijainen osoite on identtinen lähettävän modeemin osoitteen kanssa.
 - Ensisijainen RX-osoite on 'FFFFh', **kaikki** lähetetyt kehykset vastaanotetaan.
 - Toistintoiminto – PÄÄLLÄ (ON)
Toissijainen osoite on identtinen lähettävän modeemin osoitteen kanssa.
 - Toistintoiminto – PÄÄLLÄ (ON)
Ensisijainen ja/tai toissijainen osoite on 'FFFFh', kaikki osoitetut kehykset vastaanotetaan (ja toistetaan edelleen).
Radiomodeemi poistaa osoitteen ja lähettää vain pelkän dataosan RS-232-liitäntään.



Kuva 8 Vastaanotto RX-osoitus pois päältä

RX-osoitus – POIS PÄÄLTÄ (OFF)
Radiomodeemin ensisijainen ja toissijainen osoite poikkeavat vastaanotetun kehyksen osoitteesta. Dataa ei välitetä edelleen RS-232-liitäntään.

Sen jälkeen, kun osoite on vahvistettu, lähettävä modeemi lähettää varsinaisen datan n. 100 ms mittaisen tauon jälkeen. Lähetys päättyy, kun lähetettävää dataa ei tule sarjaportista radiomodeemille tiettyyn aikaan (vakioasetus 100 ms).

Tietokoneen päässä olevaan radiomodeemiin asetuksia on suhteellisen helppo muuttaa ohjelmallisesti, mutta NC-koneen puoleisen radiomodeemin asetukset on oltava vakioita normaaliliikenteen aikana. Tämä johtuu siitä, että NC-ohjain ei tue muuta viestintää, kuin tiedon lähetys (OUTPUT/PUNCH) ja lukeminen (INPUT/READ). Vaikka NC-ohjelman alkuun ennen ohjelmanumeroa pantaisiin ohjausviesti, sitä ei lähetetä sarjaportista ulos, koska se tulkitaan ohitettavaksi otsikkotiedoksi (label skip) sekä vastaanotettaessa että lähetettäessä. Näin ollen NC-koneella ei voi muuttaa radiomodeemin asetuksia, ja monet koneistajatkaan eivät halua mitään ylimääräistä tietoa NC-ohjelmaansa. Emme tosin kokeilleet kaikkia keinoja, olisiko ohjaustietojen lisääminen jotenkin mahdollista NC-ohjelmaan. Konehan on tarkoitettu kappaleiden valmistukseen, eikä tällaista viestintää ole huomioitu, vaikka ohjaimena olisi mikrotietokonekin.

5.1.2 Yhteyden muodostaminen

Yhteyden muodostamiseen tarvitaan aluksi molempien päiden valmiuden tunnistaminen kättelysignaaleilla. Kättelyyn voidaan käyttää laitekättelyä ja ohjelmistokättelyä. Useimmiten käytetään vain jompaakumpaa.

Laitekättely tapahtuu toisaalta NC-koneen ja radiomodeemin, ja toisaalta PC:n ja radiomodeemin välillä siten, että tiettyihin tulonastoihin on tultava jännite, ennen kuin laite on lähetystilassa. Kun yhteys on muodostettu, voidaan aloittaa tiedonsiirto. Kun radiomodeemi saa lähetettävää dataa, se lähetetään välittömästi radiotielle. Radiomodeemissa on puskurimuisti, johon tuleva data talletetaan. Jos tulevan datan puskurimuisti tyhjenee, radiomodeemi odottaa määritetyn ajan, ja katkaisee sen jälkeen radioyhteyden, ellei uutta dataa tule. Radiomodeemia sanotaan tässä yhteydessä täysin läpinäkyväksi (*transparent*), mikä tarkoittaa sitä, että kaikki sarjaporttiin tuleva data lähetetään sellaisenaan eteenpäin radiotielle ja radiotieltä vastaanotettu data lähetetään sellaisenaan sarjaporttiin. Tämä ominaisuus on ohjelmoitu radiomodeemiin.

NC-koneen ja PC:n välillä on käytettävä ohjelmistokättelyä. Tällä kättelyllä käynnistetään vastaanottavan laitteen vastaanotto lähetyksen alussa, ja katkaistaan vastaanotto, kun lähetettävä dataa ei enää ole. Samoin pidetään yllä NC-koneen ja PC:n välistä yhteyttä tiedonsiirron aikana. yleisin ohjelmistokättelyprotokolla on ”XON/XOFF”. Muutamissa NC-ohjaimissa, kuten Fadal, voidaan käyttää muitakin protokollia, kuten *X-modem*-protokollaa, mutta Satelin radiomodeemit eivät tue tätä.

5.1.3 Virheentarkistus ja -korjaus

Radiomodeemien viestin oikeellisuus voidaan varmistaa virheentarkistuksella ja korjauksella. Satelline-radiomodeemit hylkäävät virheellisen datan, kun käytössä on pelkkä virheentarkistus, ja tällöin kaikki lähetetty data ei tule perille. Puuttuva tieto on siis hoidettava päätelaitteen ohjelmistolla, jota NC-ohjaimissa useimmiten ei ole. Virheentarkistuksen menetelmässä dataa lähetetään tietty paketti kerrallaan, ja vastaanottava modeemi tarkistaa, että paketti on tullut oikein perille. Satelline 3AS -radiomodeemissa virheentarkistus tapahtuu FEC-menetelmällä (Forward Error Correction) lisäämällä dataan virheentarkistustietoa. Vastaanottava modeemi pystyy korjaamaan tietyn määrän virheellisiä bittejä. Elpron radiomodeemissa virheelliseksi todettu data lähetetään uudestaan, kun radiomodeemi on *controlled* -tilassa.

Virheentarkistus ja -korjaus koskevat vain radiotietä, joten kaapeliyhteydessä tapahtuva mahdollinen virhe ei tule tarkistettua. Todennäköisyys tässä on kuitenkin hyvin pieni, koska sarjaliikennettä on menestyksellisesti käytetty yli 20 vuotta. Tämäkin virhe voidaan tarkistaa jollakin tarkistussumma-tyyppisellä testillä, tai tiedon lähettämällä edestakaisin. Edelleen ongelmana on NC-ohjaimen kyvyttömyys automaattiseen tarkistussumman tarkistamiseen. Tämä tarkistus jää käyttäjälle. Myös edestakaisin lähettäminen vaatii käyttäjän aktiivisuutta, koska NC-ohjain ei osaa sitä tehdä automaattisesti.

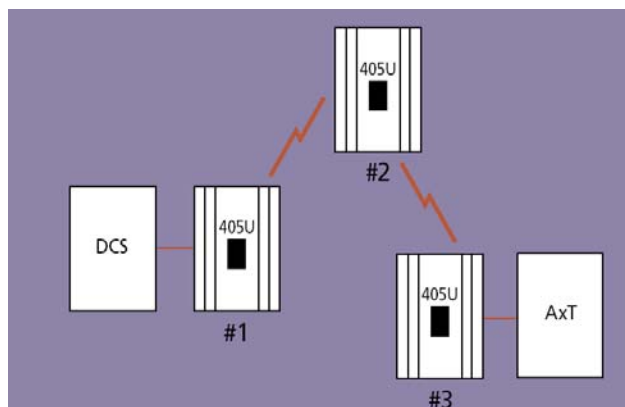
Virheentarkistus ja -korjaus vaativat aina ns. *controlled*-tilan käyttöä. *Transparent*-tilassa virheentarkistusta ei voi tehdä. Satelin halvimmassa 1870-mallissa virheentarkistus ei ole mahdollista, koska se toimii vain *transparent*-tilassa. Virheentarkistus on mahdollista, mutta silloin datan katoaminen on hyvin todennäköistä. Virheentarkistus on mahdollista mallissa 3AS, joka on hinnaltaan noin kaksinkertainen 1870-malliin verrattuna, eli lähes 1000 euroa kappale. Elpron malli 405U on n. 30 % Satelline 1870 -mallia kalliimpi, ja siinä on virheentarkistusmahdollisuus, mutta laite on kooltaan aika paljon suurempi. Lisäksi Elpron radiomodeemi on hankittava etukäteen sovitulle taajuudelle, eikä taajuutta voi jälkeenkäin vaihtaa. Tällä varmistetaan se, että kuuluvuusalueella ei ole samalla taajuudella toimivia radiomodeemeita, jotka häiritsevät radioliikennettä. Tiettyjen asetusten muuttaminen on muutenkin työläämpää kuin Satelline 1870 -mallissa, osittain jopa mahdotonta kenttäolosuhteissa. Satelline 1870 -radiomodeemin tehoalue on 5 - 100 mW joka voidaan valita ohjelmallisesti. Sallittu maksimiteho riippuu käytetystä taajuusalueesta.

5.2 Elpro-radiomodeemi malli 405U

Elpro 405U -radiomodeemin taajuusalue on 433 MHz. Lähetysteho Elpron radiomodeeimeissa on 10 - 500 mW. Radiomodeemia kokeiltiin Nugget Oy:n varastossa olevan NC-koneen ja kannettavan PC:n välillä. Kannettavaa PC:tä oli helppo siirtää ja kokeilla eri yhteysetäisyyksiä. *Transparent*-moodissa tiedonsiirrossa ei ollut mitään ongelmia. Tällöin kaikki kuulolla olevat radiomodeemit ottavat vastaa lähtevän datan. Pitkissä lähetyksissä oli ongelmia Windows-ympäristön kanssa samalla tavalla, kuin Satelline 1870 -radiomodeemissa. Windows on moniajokäyttöjärjestelmä, joka palvelee määräajoin muita prosesseja, ja lähetyksen sarjaporttiin keskeytyy tällöin hetkeksi. Radiomodeemi pitäisi saada ymmärtämään nämä lyhyet, noin 120 ms mittaiset katkokset.

Radiomodeemin käyttöohjeessa sanotaan, että käytettäessä esim. Microsoft Windows NT tai 2000 käyttöjärjestelmiä, on havaittu noin 120 ms mittaisia taukoja. *Pause length*-asetus on toteutettu sw-versiosta 1.28 alkaen. Aiemmissa sw-versioissa (sw 1.26) *pause length*-asetus on nimellä *break length*, ja se toimii ainoastaan, jos modeemi on asetettu lukemaan osoite käyttäjän protokollasta.

Radiomodeemit asetettiin *controlled*-tilaan ja niille määriteltiin osoitteet. NC-koneen päässä olevan radiomodeemin oma osoite ja lähetysosoite ovat vakioita. Sen sijaan PC:n puolella olevan radiomodeemin lähetysosoitetta on vaihdettava kohteen mukaisesti oman osoitteen pysyessä vakiona. Tätä varten tiedonsiirto-ohjelmaan tehtiin muutos, joka lähettää automaattisesti osoitteenmuutosviestin lähettävälle radiomodeemille sen mukaan mille koneelle dataa ollaan lähettämässä, ja sen perään varsinaisen datan (kuva 9).



Kuva 9 *Controlled*-tila ja toistimen käyttö

Suurin mahdollinen osoite Elpro 405U -radiomodeemissa on 127. Tällöin konepajan koneet voidaan ryhmitellä vaikkapa niin, että yhdessä solussa olevan PC:n osoite on tasan kymmenen ja siihen yhteydessä olevat NC-koneet muita sopivia lukuja. Näin voitaisiin muodostaa 13 solua ja melkein jokaiseen soluun mahtuisi yhdeksän NC-konetta. Tietokoneessa olevan radiomodeemin osoitteeksi asetettiin 10 ja NC-ohjausten osoitteiksi 1 ja 2.

NC-ohjaimelle lähetettiin niin suuri datapaketti, kuin muistiin mahtui. (n. 50 kilotavua). Tämä lähetys onnistui virheentarkistuksen kanssa huomattavasti paremmin, kuin *transparent*-tilassa. Lähetys kesti hieman normaalia kauemmin virheentarkistusten vuoksi, mutta viive ei ole merkittävä. Suurin osa lähetyksistä meni perille, mutta muutaman kerran lähetys keskeytyi kokonaan. Tällöinkään virheellistä dataa ei mennyt läpi niin, että sitä ei olisi huomattu vastaanottopäässä, koska lähetys jäi kesken, eikä lähetetyn tiedon loppumerkkiä tullut NC-ohjaimelle. Luotettavuus kasvoi siis merkittävästi. Lähetysten keskeytymisen aiheuttivat todennäköisesti radiotiellä tapahtuneet häiriöt. On huomattava, että tavallisesti NC-ohjelman pituus on enimmilläänkin vain muutamia kilotavuja.

5.3 Testit Nugget Oy:ssä

Satellite 1870 -radiomodeemeita kokeiltiin aluksi Nugget Oy:n näyttelytilassa olevilla NC-koneilla ja kannettavalla PC:llä. PC:n tiedonsiirto-ohjelmanä käytettiin DOS-pohjaista ”Ohjelmavarastoa”. Lähetystehoa vaihdeltiin 5 mW ja 100 mW välillä. Myös vastaanottoherkkyyden vaikutusta tutkittiin muuttamalla tehdasasetuksena olevaa arvoa pienemmäksi -113 dBm:stä aina -80 dBm:ään asti.

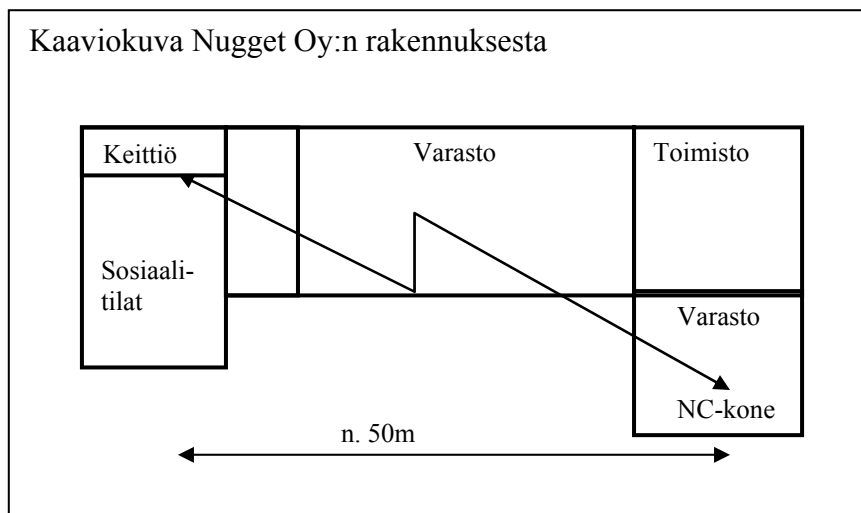
Tämä kokeilu osoitti, että suora yhteys n. 50 m päästä onnistui hyvin, mutta yhteysvälillä olevat useat betoniseinät ja muut esteet haittasivat jo yhteyden muodostusta merkittävästi. Lähetyspaikkaa liikuttelemalla saatiin kokeiltua esteiden vaikutus yhteyden muodostumiseen. Eräs ongelmakohta oli näyttelyrakennuksen toisessa päässä n. 50 m etäisyydellä oleva keittiösyvennys, josta ei saatu yhteyttä kannettavasta PC:stä. Kun PC siirrettiin oviaukoon, yhteysongelma poistui. Kauempana olevasta kahden seinän takana olevasta neuvotteluhuoneesta yhteys saatiin toimimaan ongelmitta.

Kun yhteys saatiin muodostettua, ongelmaksi tuli tiedonsiirron jatkuvuus ja pitkät, useiden kilotavujen mittaiset tiedostot. Aikaisemmin Satel oli käyttänyt näitä modeemeja vain ly-

hyiden, enintään muutamien kymmenien tavujen mittaisten viestien lähettämiseen. Jatkuva tai pitkien tiedostojen lähettämisestä Satelilla ei ole ollut kokemusta (liite 7).

5.3.1 Testiraportti 11.3.2003

Satelline 1870 -radiomodeemia kokeiltiin tiedonsiirrossa NC-työstökoneen ja kannettavan PC: n välillä RS-232C sarjaporttien kautta Nugget Oy:n näyttely- ja varastotilassa Helsingissä (kuva 10).



Kuva 10 Nugget Oy / Cron-Tek Oy toimitilat

Radiomodeemien keskinäinen etäisyys vaihteli varastotilassa 0,2 metristä n. 5 metriin. Ko-keilimme useita radiomodeemin ja antennin asentoja.

Tehdasasetuksilla saatiin kyllä yhteys, mutta radiotiellä oli niin paljon kohinaa (CD-merkkivalo oranssina), että saimme lopuksi tiedoston vain kerran siirtymään kokonaan NC:ltä PC:lle. Tämäkin tapahtui vasta kun olimme kokeilleet eri tiedonsiirtonopeuksia (9600 - 1200 baudia) ja kättelyasetuksia (hw- ja sw-kättelyt) useaan kertaan. Lisäksi asetusta *RS-232 Packet Break lengt* kokeiltiin muuttaa tehdasasetusta pienemmäksi (1) ja suuremmaksi (10) ilman mainittavaa tulosta.

Myöhemmin koko paketin siirto ei enää onnistunut, vaikka palautimme samat asetukset. Muita koneita ei ollut käynnissä lähistöllä.

Satel Oy:n tutkimuksissa tehtaalla selvisi, että laitteessa oli vikaa, eivätkä häiriöt siis välttämättä johtuneet pelkästään ympäristöstä. Toinen syy saattoi olla radiomodeemien liian pieni etäisyys toisistaan. Tämä ongelma tuli myöhemmin esiin Katepan testeissä.

Onnistunut siirto saatiin, kun lähetystehoja pienennettiin 10 mW:iin ja baudinopeutta 1200:aan sekä *Break length*-asetusta 10:een. Tiedoston koko oli n. 360 tavua. Laitekättely (RTS/CTS) oli päällä ja ohjelmistokättely oli pois päältä.

Vanhemmissa Fanucin NC-ohjauksissa on käytettävissä vain laitekättely (*RTS/CTS*) ja ainoa protokolla on *XON/XOFF*, joka voidaan kytkeä päälle tai pois. Kaapeliyhteydellä usein liittimen nastat RTS ja CTS kytketään yhteen, jolloin ohjaus luulee yhteyden olevan aina kunnossa. Tällaista kytkentää sanotaan nollamodeemiksi. Radioyhteys saatiin toimimaan ainoastaan laitekättelyllä, jolloin ns. "juoksupojan" käyttö ei onnistunut, eikä lähettyksen onnistumisesta saanut automaattista kuittausta.

NC-ohjauksessa emme siis esimerkiksi voi tarkistaa, tuliko tieto ehjänä perille, ja pyytää puuttuvaa tai virheellistä tietoa uudestaan. PC:n ohjelmistolla tämä tarkistus voidaan hoitaa, mutta silloin se vaatii NC-koneen käyttäjältä toimintaa, kuten ohjelman lähettämisen takaisin PC:lle tarkistusta varten.

Otimme radiomodeemin käyttöjännitteen aluksi 9 V patterista, jonka jännite laski aika pian alle 8 V:n, joten panimme kaksi sarjaan ja mittauksessa saimme n. 15 V käyttöjännitteen. Toiseen radiomodeemiin otimme DC 24 V -syötön sorvin D25-liittimestä. Lopuksi otimme saman DC 24 V -syötön molempiin radiomodeemiin, mutta ei se muuttanut testitulosta.

Suurin ongelma näyttää olevan radiohäiriöt. Esimerkiksi kannettavan PC:n näyttö (Dell Inspiron 8100) antoi jatkuvaa kohinaa radiomodeemille, jos radiomodeemi oli näytön vieressä. Emme tutkineet muunlaista tietokoneen käyttöympäristöä.

Satelline 1870 -radiomodeemissa radiotien nopeus on aina 9600 baudia, eikä sarjaportin baudinopeus vaikuta tähän nopeuteen.

5.3.2 Testiraportti 14.5.2003

SATELLINE 1870 -radiomodeemia testattiin Nugget/Crontek näyttelyssä 12.–15.5.2003.

Modeemit kytkettiin PC:n ja NC:n sarjaporttiin SATELLINE 1870:n ohjelmointikaapelilla. Jännite otettiin Mascot-tasavirtalähteestä, josta saatiin AC 230 V -inputilla DC 24 V -output, maksimitehon ollessa 0,25 W.

Kaapeliin asennettiin vipukytkin ohjelmointia varten niin, että harmaa johdin kytkettiin vaihtokytkimen avulla maajohtoon. Sateline 1870 -radiomodeemi on ohjelmointitilassa, kun tämä harmaa johdin maadoitetaan. Plus-johtimeen asennettiin sulake (0.5 A)

Yksi modeemi oli kiinni PC:ssä, jossa on Ohjelmavarasto-ohjelma. Toinen modeemi oli kiinni Mori Seiki -työstökeskuksessa (NV-5000). Modeemin ja ohjelmointikaapelin väliin tehtiin NC:n puolelle lisäkytkentä niin, että laitekättelyt ovat aina päällä, eli NC:n puolella sarjaliittimessä kytkettiin yhteen nastat 6, 8 ja 20 ja samoin tehtiin nastoille 4 ja 5. PC:n puolella kättelyt voitiin hoitaa ohjelmallisesti niin, että laitekättelyä (*HW*) ei käytetty ja vain ohjelmistokättely (*XON/XOFF*) oli käytössä.

Modeemien tehdasasetuksia muutettiin niin, että lähetystehoksi asetettiin 10 mW, vastaanottoherkkyys *RSSH Threshold* asetettiin -100 dB:iin ja lähetyspuskurin odotusajaksi 15 ms. Lähietäisyydellä tämä toimi erittäin hyvin.

PC vietiin sitten n. 50 m päähän NC:stä kolmen betoniseinän taakse. Yhteys onnistui samoilla asetuksilla 10 mW lähetysteholla ilman ongelmia, kun betoniseinien lisäksi välissä ei ollut koneita, vaan suora etäisyys kulki pihan kautta.

Sitten PC vietiin toiseen paikkaan samalla etäisyydellä niin, että suoran yhteyden välillä oli useita työstökoneita, varastotilaa ja yksi seinä lisää. Tällöin yhteys saatiin joistakin paikoista (n. 2 m säteellä) 50 mW ja 100 mW lähetystehoilla, mutta antennin paikka vaikutti merkittävästi lähetyksen onnistumiseen. Pimeimmästä nurkasta yhteyttä ei saatu lainkaan. Kun modeemia siirrettiin n. 2 m, yhteys saatiin, mutta ei aina, eikä yhtä luotettavasti. Joskus data kulki yhteen suuntaan, mutta kuittausviestiä ei tullut takaisinpäin, tai jos tuli, niin datasta saattoi jäädä osa pois.

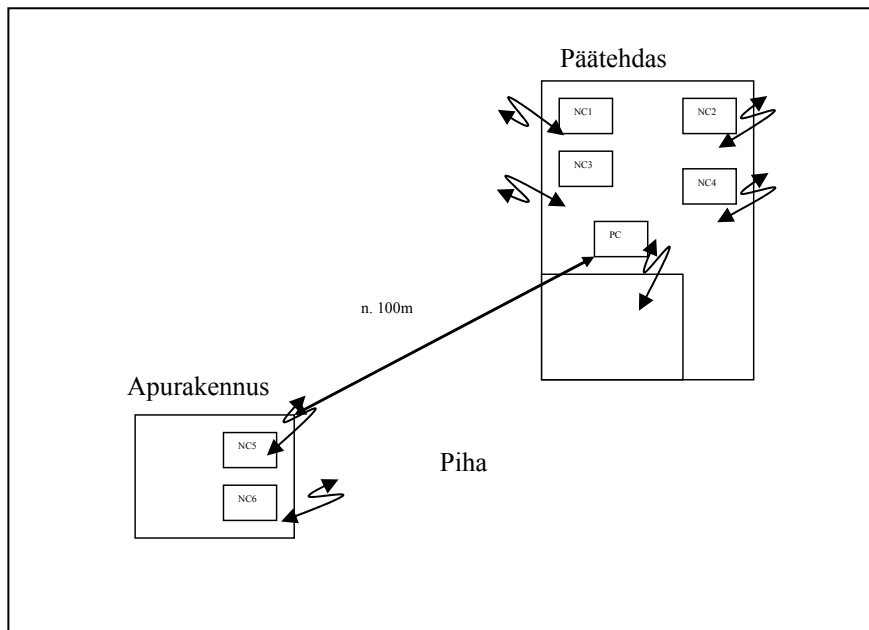
5.4 Testit Salossa

Testit Salossa Salon Ammattikoulussa ja Saloteam Oy:ssä suoritettiin 15.4.2003. Mukana oli myös Satel Oy:n tuotekehitysinsinööri.

Tieto saatiin siirtymään hyvin, mutta lopusta puuttui dataa. Datan lopun puuttumisen syynä oli se, että kun radiomodeemin vastaanottopuskuri tyhjenee lähetyksen alussa, eikä radiotielle enää ollut lähetettävää, modeemi tulkitse datan päättyvän ja katkaisi lähetyksen, tai jätti osan datasta pois. Tämä ongelma saatiin korjattua muuttamalla radiolähetyksen alkamista niin, että radiolähetys alkaa vasta sitten, kun puskuuriin on tullut dataa 15 ms ajan (*TX-delay*). Tällöin vastaanottopuskuri pitää huolen siitä, että lähetettävää on koko ajan niin kauan, kuin sarjaportista tulee dataa modeemiin. Myös vastaanottoherkkyttä alennettiin -113 dB:stä -100 dB:iin. Tällöin vastaanotin ei ole niin herkkä ulkopuolisille häiriöille, joita olivat esimerkiksi PC:n näytön aiheuttamat häiriöt tai lähettävän modeemin aiheuttama häiriökenttä vastaanottimessa. Tämä säätö on tarpeen erityisesti, jos modeemit ovat lähellä toisiaan. Pitemmällä etäisyydellä modeemit eivät enää häiritse toisiaan ja vastaanottoherkkyttä voidaan parantaa esim. alkuperäiseen -113 dB:iin tai jopa maksimiarvoon -120 dB.

5.5 Testit Astex Oy:ssä

Radiomodeemeja testattiin Lappeenrannassa Astex Oy:n konepajassa 17.7.2003. Satellite 1870 -radiomodeemit kytkettiin PC-tietokoneeseen DOS-pohjaisella Ohjelmavarasto-ohjelmalla. Radomodeemiverkko tehtiin PC:n ja koneiden välille kuvan 11 mukaisesti.



Kuva 11 Kaaviokuva kytkennöistä Astex Oy:ssä

Radiomodeemin tehdasasetuksiin tehtiin seuraavat muutokset:

2) Radio settings TX Power 5 mW, RSSI Treshold -80 dBm, TxDelay 15 ms
ja TX Power 25 mW, RSSI Treshold -100 dBm, TxDelay 15 ms

Suomeksi tämä tarkoittaa, että lähetystehon tasoa nostettiin, ja vastaanottoherkkyyttä laskettiin joissakin modeemeissa.

Seuraaviin alkuperäisiin asetuksiin ei tehty muutoksia:

3) Addressing: Break length 3
4) Serial port: 9600 bit/s, 8 bit data, None parity, 1 stop bit
5) Handshaking: CTS: Clear to send, RTS: Ignored

Ohjelmavaraston asetukset

SW kättely käytössä

HW kättely ei käytössä

9600, 8, none, 1, COM1 tai 9600, 7, even, 1, COM1

Kaapelikytkennät PC:n päässä

Satellite 1870 ohjelmointikaapelin CRS-18F mukainen

Nasta 7 (harmaa) kytketään katkaisijalla SaTerm ohjelmointia varten nastaan 1 (musta)

Kaapelikytkennät NC:n päässä

NC-Ohjaimet Fanuc 0T/0M/18TiA (Dainichi, Dah-Lih, Yang, Puma, Johnford, Gurutzpe):
25-napainen D-liitin:

RTS (11) ja CTS (13) voi jättää pois NC:n päässä Satellite 1870:n DIN-liittimestä.

Kättelyt: 6-8-20 yhteen ja 4-5 yhteen (NC lähettää ja vastaanottaa riippumatta modeemin tilasta)

NC-parametrit Fanuc 18TiA

20	1 (CH: 1)
101	1 0 0 0 0 0 0 0 (1 stop-bitti)
102	0
103	11 (9600 baud)
111	1 0 0 0 0 0 0 0
112	0
113	11 (9600 baud)

NC-parametrit Fanuc 0M/0T

I/O	0
02	1 0 0 0 0 0 0 0 (No Feed, 1 stop bit)
12	1 0 0 0 0 0 0 0 (No Feed, 1 stop bit)
522	11 (9600 baud)
523	11 (9600 baud)

Satellite 1870 -radiomodeemit jäivät Astex Oy:n konepajaan tehdaskäyttöön, eikä useiden vuosien käytön jälkeen ole ilmennyt mitään radioliikenteestä johtuvaa ongelmaa. Radiomodeemit toimivat *transparent*-tilassa, eivätkä osoitteet ole käytössä. Tällöin mikä tahansa kone voi vastaanottaa lähetetyn datan, kun jokin radiomodeemi on sitä lähettämässä. Käyttäjät ovat tietoisia tästä mahdollisuudesta. Dataa voidaan siirtää NC-koneiden välilläkin, ja tätä mahdollisuutta myös käytetään hyödyksi. Jos NC-koneeseen tulee väärä ohjelma, käyttäjän on tarkistettava ohjelman oikeellisuus ennen automaattiajon käynnistämistä. Osoitteilla voitaisiin estää lähetyksen meneminen väärään paikkaan, mutta käyttäjät eivät halunneet, että osoitteistus otettaisiin käyttöön. Tämä olisi vaatinut myös muutoksia tietokoneen tiedonsiirto-ohjelmaan.

Astex Oy käyttää ohjelmien siirrossa Ohjelmavaraston ”juoksupoikaa”. Tämä on apuohjelma, jolla ilmoitetaan tietokoneelle halutun NC-ohjelman nimi tai numero, ja mihin ohjelma on talletettu. Sen lisäksi juoksupoika antaa lähetetystä ohjelmasta palautteena ohjelman, joka kertoo lähetetyn ohjelman koon, lähetysajankohdan ja talletuspaikan. Yleensä talletuspaikka on kansio, jonka numero on sama kuin NC-koneen numero.

5.6 Testit Karkkilan Teollisuuspalvelu (Katepa) Oy:ssä

Karkkilassa radiomodeemeja testattiin Katepa Oy:n tiloissa 3.9.2003. Testeissä olivat mukana Kajakka Oy:n edustaja muokkaamassa tiedonsiirtoasetuksia ja -ohjelmaa sekä Satel Oy:n tuotekehitysinsinööri tutkimassa ja säätämässä radiomodeemin asetuksia. Testauksissa käytetyt laitteet olivat PC, 2 kpl Sateline 1870 -radiomodeemeja ja Fanuc NC - ohjaimilla varustettuja NC-työstökoneita.

5.6.1 Ongelma

Yhteys toimii hetkittäin hyvin. Kuitenkin pidemmästä, yli 10 kilotavun ohjelmasta jää useinkin paketteja pois. Harmillista on etenkin se, että työstökoneen ohjelmasta voi puuttua pätkiä välistä. Ongelmaa oli tutkittu jo aikaisemmin mm. konepajassa Salossa (jossa ei ilmennyt ongelmia) sekä Katepa Oy:llä, jolloin ongelma havaittiin mutta vikaa ei kyetty silloin paikallistamaan.

5.6.2 Fanuc-ohjaimen ja PC:n välinen kommunikointi

Työstöohjelmia lähetetään tietokoneelta NC-ohjaimelle ns. ASCII -dumppina, tämä tarkoittaa sitä että tietyn pituinen ASCII -tiedosto lähetetään sellaisenaan ohjaimelle. Tiedosto ei sisällä tarkistussummia tai muuta sellaista. Ilman erikoistoimenpiteitä tiedonsiirtoa ei kuitata onnistuneeksi tai epäonnistuneeksi. Tästä seuraa vaatimus tiedonsiirron luotettavuudelle.

Fanuc-ohjain lukee ASCII -tiedostoa, kunnes tulee %-merkki. Ohjelmaa talletetaan muistiin tästä merkistä eteenpäin ja lukeminen lopetetaan seuraavaan %-merkkiin. Ensimmäisen %-merkin jälkeisen rivin pitää alkaa O-kirjaimella tai kaksoispisteellä, jonka perässä on nelinumeroinen ohjelman numero. Jos ohjelman numeroa ei ole, ensimmäinen N-kirjaimella alkava koodi, eli lausenumero tulkitaan ohjelman numeroksi. Ensimmäisellä rivillä ohjelmanumeron jäljessä on kaarisulkujen sisällä ohjelman nimi tai muuta vastaavaa tietoa. Ohjain suodattaa laittomat ASCII-merkit pois, vain kirjaimet, numerot, rivinvaihto tai vastaavat komennot, pilkku ja piste hyväksytään. Skandinaaviset kirjaimet eivät kuulu ASCII-merkistöön, joten myös kirjaimen Å, Ä ja Ö jäävät pois. Näitä ei siis kannata käyttää kommentoissa tai ohjelman nimessä. Lisäksi ohjain tarkistaa jokaisen tavun pariteettibitin. Muita tarkistuksia ohjain ei tee.

Tästä seuraa, että jos datasiirrossa tapahtuu virheitä kesken ASCII-tiedoston, tai jos osia ASCII-tiedostosta jää pois, käyttäjä ei sitä välttämättä huomaa. Pahimmillaan puutteellinen ohjelma voi aiheuttaa jopa ohjattavan työstökoneen vaurioitumisen.

Tyypillinen suurehko tiedosto on kooltaan esimerkiksi 10 kB. Tämä tarkoittaa noin 70 000 databittiä. Hyvässä kentässä tämä ei ole epärealistinen vaatimus radiomodeemille, jonka virheettömyysluokka (BER) on 10^{-6} .

5.6.3 Toiminta konepajassa

Satellite 1870 -modeemit kytkettiin PC:n ja Mori Seikin Fanuc-ohjaimen väliin. Modemin oletusasetukset olivat voimassa ja lähetystehona käytettiin 10 mW. Ajettiin noin 50 kilotavun pituinen tiedosto 10 kertaa (etäisyys noin 2 metriä). Virheitä ei havaittu.

Vaihdettiin työstökoneetta, ajettiin hieman lyhyempää ohjelmaa taulukon 3 mukaisesti.

Taulukko 3 Testitulokset Katepa Oy:ssä

RF tie	Onnistuneita siirtoja	Epäonnistuneita siirtoja	Huomioita
Antennit molemmissa modeemeissa	14	3	Spektrianalysaattorilla havaittiin että FANUC-ohjaimen modeemilla oli noin -33 dBm RF-teho. Etäisyys noin 4 m.
Kaapeli + vaimennin (80 dB)	20	0	
Antennit + vaimennin (40 dB)	20	0	

Havaittiin lisäksi että Windows-ympäristössä toimiva PC-ohjelma pirstoaa ASCII siirron niin että 50 kB pituinen lähetys tulee 2 – 6 pätäkässä. Tämä on Windowsille ominaista, sillä Windows palvelee välillä muita prosesseja eikä näin ehdi syöttää PC:n UART:lle riittävästi dataa.

Lähetteen pirstoutuminen aiheuttaa sen, että vaikka käytettäisiinkin modeemin CRC virheentarkistusta, ei voida taata, ettei siirretystä tiedostosta voisi puuttua paloja alun ja lopun välistä.

Tiedonsiirtolaitteille on yleensä hyväksyttävä taso jos siirrossa esiintyy 1 virhe / 1 Mbit (BER 10^{-6}). 50 kB on $50 \cdot 7 = 350\,000$ bittiä. Vaatimus on melko tiukka tällaiselle datamäärälle. Tosin Satelin tuotekehitysinsinööri on testannut yhteyttä hyvässä kentässä ja saanut paljon parempia lukemia kun tuo 10^{-6} .

5.6.4 Korjaus – tiedoston pirstoutuminen

Jotta siirrettävä ASCII -tiedosto saataisiin siirrettyä yhdessä radiokehyksessä (radion lähetyksessä), modeemin tulee odottaa vähintään 120 ms ennen lähetyksen lopettamista. Näin vastaanottavassa modeemissa voidaan hyödyntää modeemin CRC-16 virheentarkistusta niin että virheen sattuessa vastaanotto katkaistaan. Tällöin Fanuc-ohjain ei virheen sattuessaa saa % -merkkiä, eikä täten hyväksy ohjelmaa, vaan ilmoittaa käyttäjälle tiedonsiirron olevan kesken.

Tällainen ominaisuus on jo tehty uuteen Sateline 1870 ohjelmistoon, ohjelmistoa ei kuitenkaan ole testattu konepajaympäristössä.

5.6.5 Korjaus – siirtovirheiden synty vahvassa kentässä

Sateline 1870 -modeemien dynamiikka ei ole riittävä sekä erittäin pitkien että erittäin lyhyiden siirtojen toteutukseen. Lyhyillä siirtoetäisyyksillä (<10 m) pitäisi joko käyttää vaienninta tai radion vastaanottimen dynamiikkaa tulisi parantaa.

Satelin tuotekehitysinsinööri painottaa, että tiedonsiirrossa mikä tahansa siirto on virheellinen kunnes se on todettu oikeaksi jollakin varmistusmekanismilla. Tällainen mekanismi voisi olla ohjelman lukeminen takaisin Fanuc-ohjaimelta PC:lle, jossa radiosiirron läpi käynnittyä ohjelmaa verrataan alkuperäiseen ohjelmaan.

5.6.6 Testiraportti Katepa Oy 7.7.2003

Tiedonsiirto saatiin lopulta toimimaan radiomodeemeilla työstökoneiden NC-ohjauksen ja PC:n kanssa kohtuullisen hyvin, eli n. 3000 tai 5000 tavun mittainen datapaketti kulki molempiin suuntiin lähes aina. Tavallinen työstöohjelma on yleensä enintään muutama kilotavu, koko vaihtelee paljon, voi olla suurempiakin, mutta usein vain muutama sata tavua.

Työstökoneen NC-muistin koko on yleensä joitakin kymmeniä kilotavuja (perusmallissa 15 kilotavua), johon mahtuu joitakin kymmeniä työstöohjelmia.

Suurin ongelma näyttää olevan siirto Windows-PC:ltä NC-ohjaukselle. DOS-käyttöjärjestelmän kanssa ei ole ollut vastaavia ongelmia. Tämä johtuu käyttöjärjestelmien erilaisesta sarjaportin käsittelystä, niin kuin aiemmin tuli jo todettua.

Lokitiedostosta (liite 8) näkyy, minkälaisilla radiomodeemiasetuksilla lopulta saimme datan siirtymään useita kertoja peräkkäin virheettömästi molempiin suuntiin kahden eri työstökoneen kanssa. Asetukset eivät ole keskenään aivan samanlaisia, koska muutimme lopussa jotakin Takisawan asetusta, saadaksemme sen toimimaan paremmin, emmekä muutaneet enää Mori Seikin asetuksia, koska lopputesteissä data näytti kulkevan hyvin. Lähetysteho ja kynnyisarvo (*RSSI-Threshold*) varmaan kannattaa asettaa samaksi kaikille.

Vuonna 2003 hankitussa Mori Seikissä on uusi ohjaus, joten tämän kanssa oli vähemmän ongelmia, kuin Takisawassa (TC4), joka on jo useita vuosia vanha, ehkä yli 10 v. Tosin ei ole varmistettu, johtuvatko ongelmat vanhasta NC-ohjaimesta, radiomodeemista tai muista seikoista.

Kun dataa siirretään Windowsista NC:lle, data tulee muuten kokonaan oikein, mutta lopusta jää aina 1–2 lausetta (n. 10–20 merkkiä/tavua) pois. Toiseen suuntaan (NC:ltä Windowsille) tätä ongelmaa ei ollut, vaan data tuli aina kokonaisuena loppuun saakka, ja lähetys päättyi hallitusti. Tämä ongelma johtui siitä, että Satel-radiomodeemi katkaisee radioyhteyden heti, kun dataa ei tule enää sarjaportista. Ongelma ratkaistiin katkaisemalla DTR-signaalin kaapeli radiomodeemin ja PC:n väliltä. Oletuksena tätä kättelyä ei käytetä Satel-radiomodeemissa, vaan kaikki radiomodeemin muistissa oleva data lähetetään radiotielle, ja odotetaan asetettu aika (esimerkiksi 120 ms) ennen yhteyden katkaisemista.

Kun PC:n tiedonsiirto-ohjelma lopettaa lähettämisen aina ohjelman lopussa olevaan % -merkkiin, sen jälkeiset tiedot eivät lähde enää sarjaporttiin, eivätkä radiomodeemille. Kun viimeinen datapaketti jää vajaaksi, se ei lähde lainkaan eteenpäin eikä myöskään % -merkki lähde eteenpäin. Näin ollen vastaanottava pää (NC) ei tiedä, että ohjelma on nyt tullut kokonaan, koska % -merkkiä ei tule, eikä tiedä että tiedonsiirto on päättynyt.

Lähetystehoa (*TX Power*) ja tunnistuskynnyksen arvoa (*RSSI-Threshold*) on säädettävä lähetysolosuhteiden mukaan (etäisyydet, häiriöt yms.) tapauskohtaisesti. Nyt ne ovat näppituntumalla vähän mitä sattuu. Osasyynä lähetysten epäonnistumiseen voi olla hyvin lähellä oleva PC:n WLAN-antenni, joka saattaa häiritä radioyhteyttä.

6 LOPPUPÄÄTELMÄT

Konepajassa dataa siirretään nykyisin enimmäkseen sarjaliikennekaapelien avulla ja lähiverkossa. Molemmissa rajoituksena on käyttöetäisyys, joka sarjakaapelissa on noin 50 m ja Ethernet-kaapelissa 100 m (liite 7). Datan siirtäminen konepajan eri tehdasrakennusten tai paikkakuntien välillä tapahtuu puhelinverkon tai internetin/intranetin kautta. Datan siirrossa on yleistymässä laajakaistatekniikka (ADSL), mutta NC-ohjelmat siirretään edelleen pääasiassa sarjakaapelilla NC-koneesta ulos ja sisään. Tuotannonohjaus ja koneiden ylläpidodiagnostiikka tapahtuu pääasiassa manuaalisesti ja paperilla, mutta joitakin automaattisia sovelluksiakin on käytössä. Tämäkin alue on kehittymässä. Myös NC-ohjelmien siirto on siirtymässä lähiverkkoon, koska uusiin NC-ohjaimiin on saatavissa jo melko yleisesti verkkoliityntä. Jos konepajan kaikissa koneissa on verkkoliitäntä, voidaan käyttää WLANia. Koneet, joissa on vain sarjaportti, voidaan kytkeä lähiverkkoon serial/WLAN-muuntimien (tukiasemien) avulla.

Käytössä oleva konekanta on kuitenkin suuri, ja nykyinen kalusto ei varmaankaan poistu alle kymmenessä vuodessa. Jopa yli 20 vuotta vanhoja koneita on vielä paljon käytössä. Vanhan ja uuden konekannan liittämisen samantyyppiseen datansiirtojärjestelmään on haaste.

Jonkin verran on otettu käyttöön langattomia lähiverkkoja (WLAN). Sen lisäksi yhteydenpitoon käytetään yleisesti GSM-puhelimia. Ongelma on kuitenkin se, että NC-koneilla ei vielä voi hyödyntää näitä tekniikoita ainakaan yleisesti. Radiomodeemitakin on otettu käyttöön hyvin harvoissa paikoissa.

Yhteensopivuusongelmaan radiomodeemi on hyvä ratkaisu, jos koneissa ei ole Ethernet-liitäntää. Radiomodeemien avulla NC-kone voidaan kytkeä tietokoneeseen ja edelleen sitä kautta lähiverkkoon. Radiomodeemin käyttökustannukset ovat lähes olemattomat ja yhteensopivuus sekä siirrettävyys ovat erinomaisia. Hankintakustannus on ainoa merkittävä kuluerä. Tiedonsiirron varmistus voidaan hoitaa tietokoneen ohjelmistolla erilaisin keinoin, kuten tarkistussummalla tai lähettämällä datapaketti takaisin NC-koneelta tietokoneelle ja vertaamalla tiedostoja keskenään. Myös joissakin radiomodeemeissa on mahdollisuus siirretyn tiedon varmistamiseen samantyyppisillä tarkistus- ja korjausmenetelmillä.

Langattoman yhteyden käyttöönoton tärkein syy on pitkä etäisyys tehdasrakennusten välillä tai NC-koneiden hankala etäisyys ohjelmointitietokoneista tai muuten hankala kaapeliyhteyden rakentaminen ja ylläpito. Esteitä ovat esimerkiksi liikenneväylä, piha tai vesistö. Esimerkiksi laivalohkojen hitsausrobottiin on hankala vetää datakaapelia, koska hitsausrobotti liikkuu suurella alueella ja ympäristössä on paljon metallia ja sähkökaapeleita.

Myös ukkosen aiheuttamat ongelmat voidaan ratkaista langattomalla yhteydellä. Kun pitkät kaapelit saadaan pois tehdasrakennuksen sisältäkin, poistuvat mahdolliset ukkos- tai kaapelivauriot. Näissä tapauksissa langattoman yhteyden investointikustannuksia on verrattava mahdollisiin kaapeliyhteyden haittoihin. Usein jää myös laskematta kaapeliyhteyden rakentamis- ja ylläpitokustannukset.

Teoriassa tiedonsiirto sähköverkon kautta on myös mahdollista, mutta konepajojen häiriöaltis ympäristö voi aiheuttaa ongelmia.

VIITELUETTELO

- [1] Vesämäki Hannu: Lastuavan työstön NC-ohjelmointi, 3. painos. Teknologiainfo Teknova Oy, Helsinki, 2008.
- [2] Niemi Kauko: Artikkelii "Langaton data loikkii verkosta verkkoon" Tekniikka ja talous 23.4.2002. s. 18, Talentum Media Oy.
- [3] IT-Solutions für Bearbeitungsmaschinen, CD-ROM. Siemens AG, 2001.
- [4] SATELLINE 1870 käyttöohje v. 2 ja esite, Satel Oy, 2005.
- [5] Elpro 405u käyttöohje v. 2.5. Elpro Technologies Pty Ltd, 2004.
- [6] Grönlund Kaj, Langaton tiedonsiirto, Docendo Finland Oy, Helsinki, 2001.
- [7] Satel Oy, Internet-sivut <http://www.satel.com/tuotteet/satelline/luvasta-vapaat-radiomodeemit/> (29.4.2010).
- [8] Elpro Tehnologies Pty Ltd, Internet-sivut <http://www.elprotech.com/index.cfm?titleID=95&content=85&sub=88> (29.4.2010).
- [9] Metropolia Ammattikorkeakoulun Lähiverkot -kurssin aineisto (Cisco Networking Academy 1 – 4).

Yrityksiä langattoman datansiirron alalla

Acal Oy, Espoo (radiomoduulit)

Datatie Oy, Helsinki (WLAN)

Elisa Oyj, Helsinki (GSM-puhelimet ja yhteyspalvelut)

Kajakka Oy, Espoo (Tiedonsiirto-ohjelma, Ohjelmavarasto)

NDC Networks Oy, Espoo (Tiedonsiirtolaitteiden (Moxa) edustus)

Netseal Oy, Espoo (WLAN-verkkojen käyttösovelluksia)

Nokia Oyj, Espoo (GSM-puhelimet)

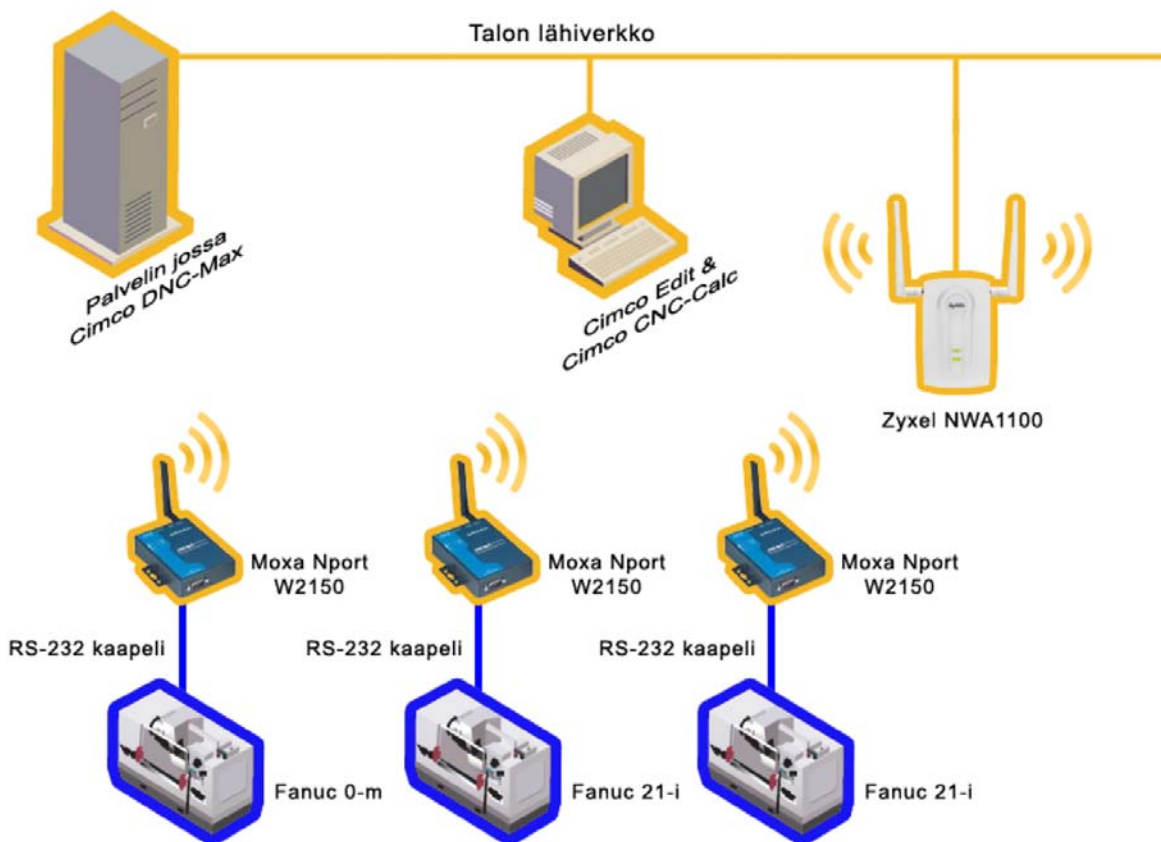
Radionet Oy, Espoo (langattomat laajakaistaverkot, WLAN)

Satel Oy, Salo (radiodatamodeemien valmistus)

Salmetek Oy, Nurmijärvi (radiodatamodeemien ja automaatiotuotteiden maahantuonti)

Telia-Sonera Oyj, Tukholma ja Helsinki (yhteyspalvelut)

MOXA-laitteiden konfiguraatio



Langattomassa tiedonsiirrossa käytetään Moxan NPort W2150 WLAN-tukiasemaa, jossa on DB9 liittimellä varustettu RS232-liityntä. Lähiverkon puolella voidaan käyttää tavallisia lähiverkon WLAN-laitteita.

Moxan langattomat palvelimet (Wireless Device Servers)

	NPort® W2004	NPort® W2150 Plus NPort® W2150 Plus-T	NPort® 2250 Plus NPort® 2250 Plus-T
WLAN Interface			
IEEE 802.11b/g	✓	–	–
IEEE 802.11a/g/b	–	✓	✓
Radio Frequency Type	DSSS/OFDM	DSSS/OFDM	DSSS/OFDM
WEP	64/128-bit data encryption		
WPA, WPA2, 802.11i	Enterprise mode and Pre-Share Key (PSK) mode		
Encryption	–	128-bit TKIP/AES-CCMP EAP-TLS, PEAP/GTC, PEAP/MD5, PEAP/MSCHAPV2, EAP-TTLS/PAP, EAP-TTLS/CHAP, EAP-TTLS/MSCHAP, EAP-TTLS/MSCHAPV2, EAP-TTLS/EAP-MSCHAPV2, EAP-TTLS/EAP-GTC, EAP-TTLS/EAP-MD5, LEAP	
Max. Transmission Rate	54 Mbps	54 Mbps	54 Mbps
Max. Transmission Distance	300 m	100 m	100 m
LAN Interface			
Ethernet Ports	1 x 10/100 Mbps (RJ45)	1 x 10/100 Mbps (RJ45)	1 x 10/100 Mbps (RJ45)
1.5 KV Magnetic Isolation Protection	✓	✓	✓
Serial Interface			
Number of Ports	4	1	2
Serial Standards	RS-232/422/485	RS-232/422/485	RS-232/422/485
Connector	RJ45	DB9-M	DB9-M
Console Port	✓	–	–
Serial Communication Parameters	Data Bits: 5, 6, 7, 8; Stop Bits: 1, 1.5, 2; Parity: None, Even, Odd, Space, Mark	Data Bits: 5, 6, 7, 8; Stop Bits: 1, 1.5, 2; Parity: None, Even, Odd, Space, Mark	Data Bits: 5, 6, 7, 8; Stop Bits: 1, 1.5, 2; Parity: None, Even, Odd, Space, Mark
Flow Control	RTS/CTS, XON/XOFF, DTR/DSR	RTS/CTS, XON/XOFF	RTS/CTS, XON/XOFF
Baudrate	50 bps to 460.8 Kbps	50 bps to 921.6 Kbps	50 bps to 921.6 Kbps
Serial Data Log	64 KB	64 KB	64 KB
Software			
Network Protocols	ICMP, IP, TCP, UDP, DHCP, Telnet, DNS, SNMP V1/V2c, HTTP, SMTP, SNTP, SSH, HTTPS		
Configuration Options	Web Console, Serial Console, Telnet Console, Windows Utility		
Management	–	SNMP MIB-II	SNMP MIB-II
Secure Configuration Options	HTTPS, SSH	HTTPS, SSH	HTTPS, SSH
Utilities	NPort® Search Utility and NPort® Windows Driver manager		
Windows Real COM Drivers	Windows 95/98/ME/NT/2000, Windows XP/2003/Vista/2008/7 x86/x64, Windows Embedded CE 5.0/6.0, Windows XP Embedded		
Fixed TTY Drivers	SCO Unix, SCO OpenServer, UnixWare 7, UnixWare 2.1, SVR 4.2, QNX 4.25, QNX 6, Solaris 10, FreeBSD, AIX 5.x, HP-UX 11i		
Linux Real TTY Drivers	Linux 2.4.x/2.6.x		
Physical Characteristics			
Housing	Metal (IP30)	Aluminum	
Weight	1730 g	780 g	
Dimensions	45.8 x 135 x 105 mm	77 x 111 x 26 mm	
Environmental Limits			
Operating Temperature	0 to 60°C	0 to 55°C or -40 to 75°C	
Operating Humidity	5% to 95%	5% to 95%	
Storage Temperature	-20 to 85°C	-40 to 85°C	
Power Requirements			
Input Voltage	12 to 48 VDC	12 to 48 VDC	
Power Consumption	685 mA @ 12 V, 340 mA @ 24 V, 185 mA @ 48 V	560 mA @ 12 V, 294 mA @ 24 V, 162 mA @ 48 V	
Regulatory Approvals			
Safety	UL (UL60950-1), TÜV (EN60950-1)	UL (UL60950-1), TÜV (EN60950-1)	
Radio	CE (ETSI EN 300 328)	CE (ETSI EN 301 893, ETSI EN 300 328), ARIB RCR STD-33, ARIB STD-66	
EMC	CE (EN55022 and EN55024 Class A, ETSI EN 301 489-17, ETSI EN 301 489-1)	CE (EN55022 and EN55024 Class A, ETSI EN 301 489-17, ETSI EN 301 489-1)	
EMI	FCC (Part 15 Subpart B Class A, Subpart C)	FCC Part 15 (Subpart B Class A, Subpart C, Subpart E), VCCI	
Reliability			
MTBF	81,501 hrs	352,547 hrs	352,034 hrs
Warranty	5 years (see www.moxa.com/warranty)		

Yamazaki Mazak

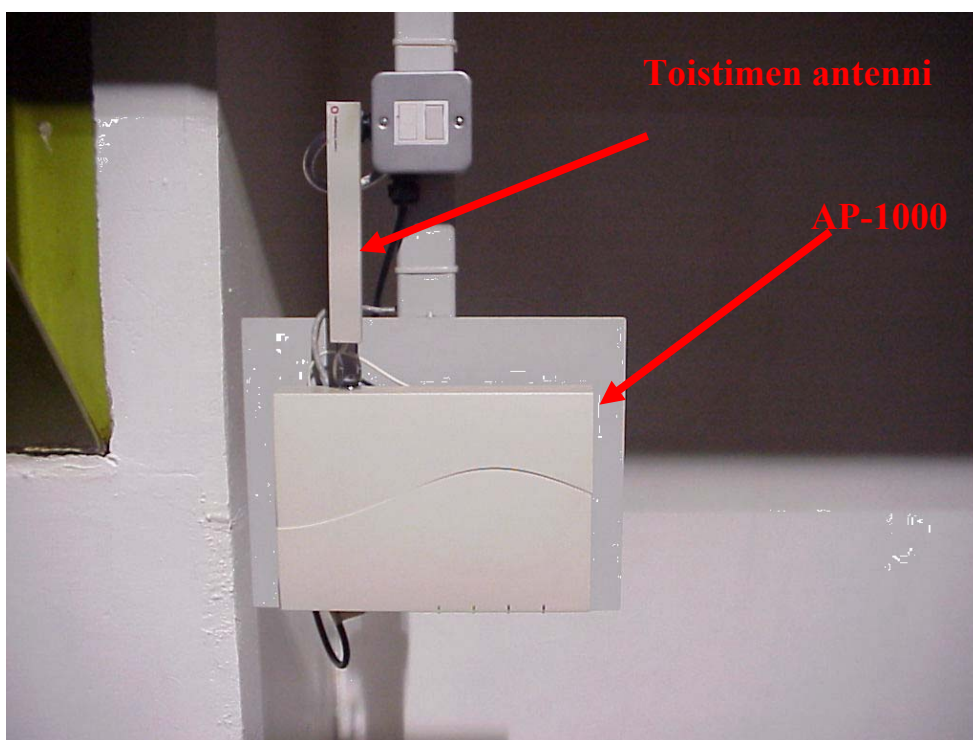
27.08.2002

Orinoco (Lucent Technologies)
Langattoman lähiverkon laitevaatimukset:

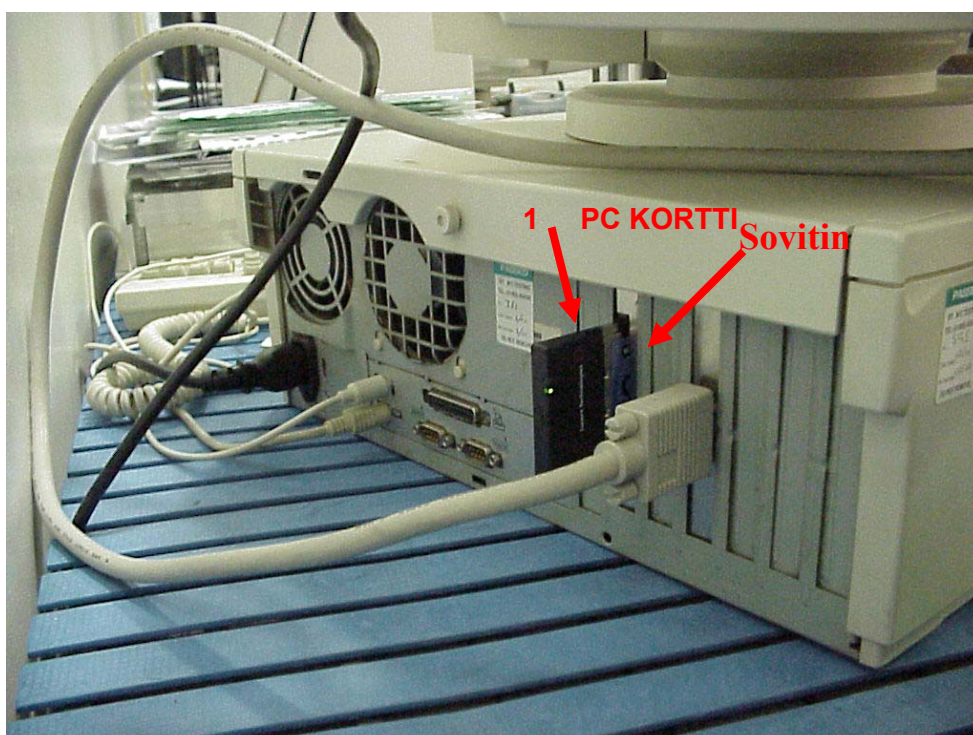
Osa nimi	Määrä	Kommentti
AP-1000 (Tukiasema)	2 (Min. 2 Max. 4)	Mazak suosittelee, että maksimietäisyys PC kortin tai USB clientin ja AP-1000:n välillä on alle 25 metriä. (Ks. Kuva 1)
Toistimen Antenni	2 (Min.2 Max. 4)	Kytetään AP-1000:een (Tukiasema) vahvistamaan langattoman lähiverkon signaalia. Yksi kullekin AP-1000 -tukiasemalle. (Ks. Kuva 1)
PC kortti (Hopeakortti)	5	Asennetaan 5:een tehdashallin PC:hen langatonta lähiverkkoliitintää varten. (Ks. Kuva 2)
ISA tai PCI sovituskortti	5	Yksi sovitin kullekin PC-kortille. (Ks. Kuva 2)
USB Client	14	Kytke Mazatrol keskittimen USB-porttiin langatonta lähiverkkoliitintää varten. Yksi kullekin Mazatrol keskittimelle. (Ks. Kuva 3)
RocketPort 550 Octacable (Tuotenumero 97591-5)	6	8 Porttia, Octacable DB25 Koiras. (Ks. Kuva 4)

Langattoman lähiverkon laitevaatimukset

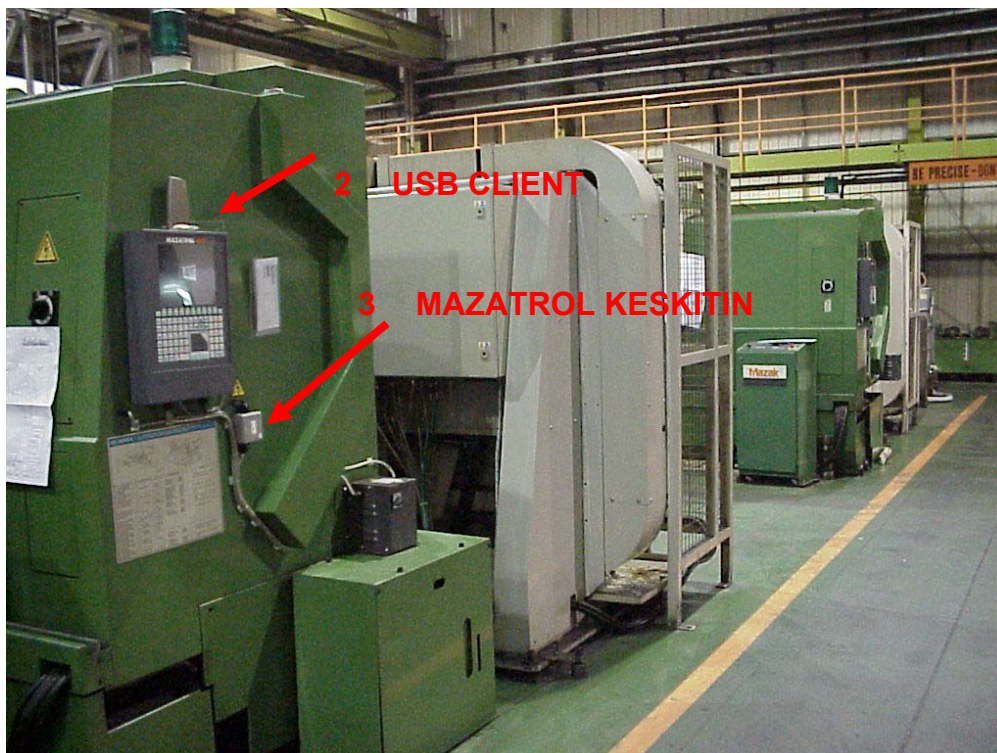
Rocketport asennetaan tehdashallin tietokoneisiin niiden sarjaporttien laajennusta varten.
(Kuva 2)



Kuva 1 Toistimen antenni NC-ohjaimessa



Kuva 2 Sovittimet PC:ssä



Kuva 3 USB Client ja keskitin NC-koneessa



Kuva 4 Rocket-port tarvikkeet

*Satellite 1870 Tekniset tiedot***LÄHETIN-VASTAANOTIN**

Taajuusalue	868 ... 870 MHz (ohjelmoitava)
Kanavaväli	25 kHz
Kanavien lukumäärä	74
Kommunikointimoodi	Half-duplex

LÄHETIN

Tehoalueet	5, 10, 25,50, 100 mW / 50 Ω
------------	-----------------------------

VASTAANOTIN

Herkkyys	< -108 dBm [BER 10 ⁻³]
----------	------------------------------------

DATAMODEEMI

Liityntä	RS-232
Liitin	DIN41651 16-napainen (koiras)
RS-liityntän datanopeus	300 – 19200 bps (ohjelmoitava)
Radiotien datanopeus	9600 bps
Datamuoto	Asynkroninen RS-232

YLEISTÄ

Käyttöjännite	+8 – +30 VDC
Antenniliitin	SMA, 50 Ω, naaras



Satel radiomodeemien Käyttöesimerkkejä

- » [Local Alarm Surveillance System](#) (Hälytysjärjestelmät)
- » [WIRELESS PROFIBUS-DP TOGETHER WITH SATEL RADIO MODEMS](#) (Langaton Profibus radiomodeemeilla)
- » [Water Release Warning System](#) (Vuotohälytysjärjestelmä)
- » [Remote gate control at the Port of Kotka through the SATELCODE - SATELNODE radio system](#) (Portinohjaus satamaliikenteessä)
- » [Real-Time Passenger Information - A New Way to Promote Public Transportation](#) (Tosiainainen matkustajainformaatio julkisessa liikenteessä)
- » [SATELLINE ENHANCES MARINE SAFETY](#) (Merenkulun turvallisuus)
- » [A robotruck fleet communicates through the SATELLINE](#) (Automaattitrukin ohjaus)
- » [Message Routing; easy way to build up large radio modem networks](#) (Viestin reititys radiomodeemiverkolla)
- » [SATELLINE-3AS RADIO MODEM WITH AN AUTOMATIC WEATHER STATION](#) (Automaattiset sääasemat)
- » [Radio modems in a system of heat distribution centres monitoring](#) (Lämpökeskusten valvonta)
- » [POSITIONING THROUGH DGPS AND SATELLINE IN CONTAINER TERMINALS](#) (GPS-paikannus konttiterminaaleissa)
- » [Ethernet and Serial Communication Device Server for SATELLINE Radio Modems](#) (Ethernet- ja sarjaliikennelaittepalvelimet)
- » [SATEL Oy ensures the transmission of electricity](#) (Sähkönsiirron varmistus)
- » [Wind Mill Solution](#) (Tuulivoimalaitokset)
- » [SATELLINE RADIO MODEMS IN GPS BASED LAND SURVEYING](#) (GPS-paikannus)

*Elpro 405U radiomodeemi***Yleistä**

CE-määräysten mukainen
 Suurimmat sallitut lähetystehot Suomessa
 430 – 450 MHz, 10 – 500 mW
 Kotelo 130 x 185 x 60 mm
 DIN-kiskokiinnitys
 Kotelo eloksoitua alumiinia
 Liittimet 2,5 mm² kaapeleille
 LED merkkivalot
 - Käyttö OK,
 - Sarjaliikenteen lähetys (RX) ja vastaanotto (TX)
 - Radion lähetys (RX) ja vastaanotto (TX)
 - DCD päällä
 Käyttölämpötila -20 – +60 °C

Sähköliitäntä

Nimellisjännite 12 VDC tai 24 VDC
 12 V syöttö 11.3 – 15 VDC Suojattu ylijännitteeltä
 24 V syöttö 18 – 28 VDC Suojattu ylijännitteeltä
 Vuotovirta 12 VDC:lla 150 mA
 100 mA matalatehomoodissa
 Lähetysten aikana 500 mA
 Vuotovirta 24 VDC:lla 120 mA
 80 mA matalatehomoodissa
 Lähetysten aikana 300 mA

Radiolähetin

Yksikanavainen syntetisoitu valittava kaista 4MHz
 Suora taajuusmodulaatio
 Taajuus 405 – 490 MHz
 220 – 235 MHz
 Kanavaväli 12.5kHz
 Lähetysteho 10 – 500 mW 405 – 490 MHz
 5W 220 – 235 MHz



*Elpro radiomodeemien käyttöesimerkkejä***Industry**

- **General Industrial**
 - Process Control
 - Factory Automation
- **Manufacturing**
 - Automotive
 - Paper Mills
 - Warehousing
 - Food
 - Breweries
 - [Emergency Shower](#)
- **Chemical**
 - Chemical Plants
 - Pharmaceutical
 - [Emergency Shower](#)
- **Utilities and Municipal**
 - Water Resources
 - Water Supply
 - Waste Water
 - Tank Storage
 - Power Plants
 - Electricity & Steam Reticulation
 - Prisons
 - Hospitals
 - Refuse Stations
 - [Emergency Shower](#)
 - [Cathodic Protection](#)
- **Oil & Gas**
 - Petrochemical & Refineries
 - Pipelines and Tank Storage
 - Discovery / Well Head
 - [Emergency Shower](#)
 - [Cathodic Protection](#)
- **Building Management**
 - HVAC Management
 - Building Security
 - Fire Management
 - Building Utilities
- **Mining**
 - Steel Production
 - Mineral Processing
 - Conveyors
 - [Emergency Shower](#)
- **Security**
 - Perimeter Monitoring / Alarm
 - Safety
 - Building Security
- **Transportation**
 - Weighbridges
 - Rail
 - Ports
 - Airports
 - Trucks
- **Environmental**
 - Environmental Monitoring
 - [Emergency Shower](#)
- **Commercial**
 - Stadium Lighting
- **Agriculture**
 - Orchards & Vineyards
- **Irrigation**
 - Resorts & Golf Courses
- **Defense**
 - Infrastructure

Viestintävirasto 15S/2002 M

YLEISET LYHYEN KANTAMAN RADIOLÄHETTIMET

433,050 - 434,790 MHz	Efektiivinen säteilyteho ≤ 25 mW ERP. Toimintasuhde ≤ 10 % ^{11,12} Radioamatöörilähetimet voivat aiheuttaa häiriötä muille radiolaitteille.
433,050 - 434,790 MHz	Efektiivinen säteilyteho ≤ 1 mW ERP. Lähteen tehotiheys oltava alle - 13 dBm/10 kHz. Toimintasuhteelle ei rajoitusta. Radioamatöörilähetimet voivat aiheuttaa häiriötä muille radiolaitteille.
434,040 - 434,070 MHz	Efektiivinen säteilyteho ≤ 10 mW ERP. Kanavaväli enintään 25 kHz. Toimintasuhteelle ei rajoitusta. Radioamatöörilähetimet voivat aiheuttaa häiriötä muille radiolaitteille.
468,200 MHz	Lähtimen teho ≤ 500 mW ja efektiivinen säteilyteho ≤ 500 mW ERP. Lähteen kokonaiskaistanleveys enintään 25 kHz.
868,000 - 868,600 MHz	Efektiivinen säteilyteho < 25 mW ERP. Toimintasuhde ≤ 1 % ¹¹ .
868,700 - 869,200 MHz	Efektiivinen säteilyteho < 25 mW ERP. Toimintasuhde $\leq 0,1$ % ¹¹ .
869,300 - 869,400 MHz	Efektiivinen säteilyteho ≤ 10 mW ERP. Kanavaväli 25 kHz ¹³
869,400 - 869,650 MHz	Efektiivinen säteilyteho ≤ 500 mW ERP. Kanavaväli 25 kHz. Toimintasuhde ≤ 10 % ¹¹ . Taajuusaluetta voidaan käyttää yhtenä kanavana nopeaan datasiirtoon.
869,700 - 870,000 MHz	Efektiivinen säteilyteho ≤ 5 mW ERP.

Erialaisten langattomien tiedonsiirtomenetelmien vertailu

Tiedonsiirtomenetelmä						
Vertailtava parametri	GSM	GPRS	433 MHz / 2,4 GHz radiomodeemit	Bluetooth / WLAN,	SATELLINE-3AS 869	SATELLINE - 1870
Yhteyden muodostaminen	Valinnainen yhteys	Pakettipohjainen yhteys, yhteys kuitenkin muodostettava ennen siirron aloittamista	Jatkuva / pakettipohjainen tiedonsiirto	Bluetooth: yhteys tulee alussa muodostaa, WLAN :jatkuva yhteys	Jatkuva	Jatkuva
Yhtey sviive: - 1.paketti - Jatuvalla siirrolla	Sekunteja x*10ms	Sekunteja x*10ms	20-100ms 20-100ms	Bluetooth: x sekuntia / x ms WLAN: x ms / x ms	20ms / 20ms	70ms / 70ms
Liityntä (tyypillisesti)	RS-232	RS-232	RS-232	RS-232 / Ethernet	RS-232 / RS-485	RS-232
Tiedonsiirtokaista (tyypillisesti) [kbps]	9,60-38	9,60-38	2,4-115	200 – 3M	19,2	9,6
Kantama (max)	Maanlaajuinen	Maanlaajuinen	max. 100-500 m	max. 100-500 m	7 km	5 km
Kiinteät kustannukset	Riippuu yhteyden käytöstä	Riippuu operaattorista / siirrettävästä datamäärästä	-	-	-	-
Hankintakustannus / laite (viitteellisiä hintoja)	200-400 Euroa	200-400 Euroa	200-1000 Euroa	200-1000 Euroa	940 Euroa	440 Euroa
Yhteyden luotettavuus / häiriönsieto	Erittäin luotettava (Huom ! EI SMS)	Yhteys voi katkeilla, viiveet ja tarjolla oleva kaista vaihtelee verkon kuormituksen funktiona	Epäluotettavia, heikkoja radiolaitteita ruuhkautuneilla kaistoilla	Epäluotettavia, heikkoja radiolaitteita ruuhkautuneilla kaistoilla	Erittäin luotettava Radiossa hyvä häiriönsieto	Luotettava, radiossa riittävä häiriönsieto

Huom. Kaikki arvot ja hinnat viitteellisiä (Lähde Satel Oy, 2002)

Satellite 1870 lokitiedosto

***** SATEL, SATELLINE - 1870 *****

SW Version 1.26 HW Version uCTC8G.0 Serial no. 03180406

Current settings

1) Radio frequency 869.4125 MHz, Band 6 (869.4000-869.6500, 100 mW)
2) Radio settings TX Power 10 mW, RSSI-threshold -80 dBm, TxDelay 10
ms
3) Addressing RX address OFF/0000/0000, TX address OFF/0000/0000
Ext. address OFF, Start character 00, Offset 0, 1

BYTE

Hop-count 15, Break length 100
4) Serial port 9600 bit/s, 8 bit data, None parity, 1 stop bit
5) Handshaking CTS TX buffer state, RTS Flowcontrol
6) Additional setup Repeater OFF, SL-com. OFF, CRC OFF, TX prior. ON,
Power save OFF, Frame limit OFF
7) Tests Test Mode Inactive
8) Restore factory settings

E) EXIT and save settings

Q) QUIT without saving

Enter selection >

Please turn off program mode switch!

Siemens - tiedonsiirtotavat



NC-ohjelman siirto sarjaportin kautta



NC-ohjelman syöttö SinDNC:llä



Liitântätyyppi suora vakioliitântä



Liitântätyyppi modeemilla



Liitântätyyppi lähiverkko



Liitântätyyppi internet



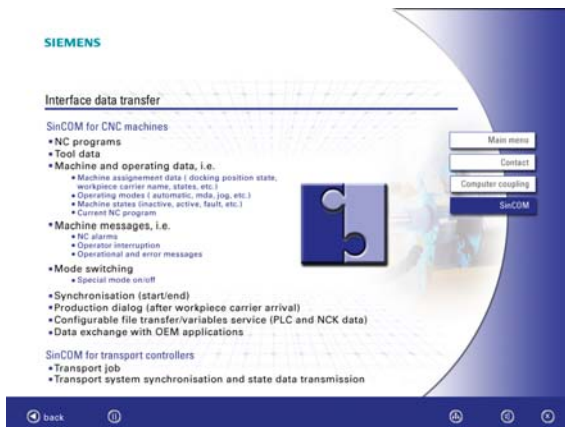
Liitântätyyppi etäkäyttö



Liitântätyyppi tiedoston siirto



Liitântätyyppi keskustelu (chat)



Tiedonsiirtoliityntä SinCOM CNC-koneille