

**Aki Herrala**  
**LANGATON MITTAUSJÄRJESTELMÄ CENTRIAN**  
**OLOSUHDELABORATORIOON**

**Opinnäytetyö**  
**KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU**  
**Tietotekniikan koulutusohjelma**  
**Marraskuu 2010**

## TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

<b>Yksikkö</b> Ylivieska	<b>Aika</b> Marraskuu 2010	<b>Tekijä/tekijät</b> Aki Herrala
<b>Koulutusohjelma</b> Tietotekniikan koulutusohjelma		
<b>Työn nimi</b> Langaton mittausjärjestelmä CENTRIAn olosuhdelaboratorioon		
<b>Työn ohjaaja</b> Hannu Puomio	<b>Sivumäärä</b> 33 + 15	
<b>Työelämäohjaaja</b> Pentti Eteläaho		
<p>Opinnäytetyö tehtiin CENTRIAn Pentti Eteläaholle. Työ suoritettiin osin tutkimuslähtöisesti. Työn tavoitteena oli tutkia kuinka National Instrumentsin NI-WSN mittausjärjestelmä toimii, sen mahdollisuudet, rakentaa langaton sensoriverkko järjestelmää käyttäen ja laatia siitä käyttöönotto-ohjeet. Tavoitteena oli myös rakentaa CENTRIAn olosuhdelaboratorioon mittausohjelmisto mittausjärjestelmää käyttäen.</p> <p>Työssä perehdyttiin National Instrumentsin valmistamaan langattomaan NI-WSN mittauslaitteistoon. Työssä todettiin, ettei NI-WSN laitteiston ole suoraan yhteensopiva ZigBee-standardin mukaisten laitteiden kanssa. Työssä tuotettiin NI-WSN-laitteistolle käyttöönotto-ohjeet sekä tehtiin CENTRIAn olosuhdelaboratorioon mittausohjelmisto mittausjärjestelmää hyväksi käyttäen. Työn tavoitteet saavutettiin pääosin, tuotetussa mittausohjelmistossa on jatkokehitysmahdollisuuksia.</p>		
<b>Asiasanat</b> LabVIEW, NI-WSN, langattomat sensoriverkot		

**ABSTRACT**

<b>CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b> Ylivieska	<b>Date</b> November 2010	<b>Author</b> Aki Herrala
<b>Degree programme</b> Information technology		
<b>Name of thesis</b> Wireless measurement system for CENTRIA's laboratory		
<b>Instructor</b> Hannu Puomio	<b>Pages</b> 33 + 15	
<b>Supervisor</b> Pentti Eteläaho		
<p>This thesis was commissioned by Pentti Eteläaho from CENTRIA. The thesis was partially made as a research-based study. The purpose was to investigate operating principles and possibilities of National Instruments NI-WSN measurement system. In addition, the purpose was to build a wireless sensor network by using the system, and to produce a user guide. The aim was also to produce measurement application that uses NI-WSN system to be used at CENTRIA's laboratories.</p> <p>NI-WSN protocol was investigated, and the operating principles were studied. It was found out that NI-WSN is not compatible with 3rd party ZigBee-devices. A user guide and measurement application was produced. The goals of this thesis were mostly achieved, however, there is some room for further development in measurement application.</p>		

<b>Key words</b> LabVIEW, NI-WSN, Wireless Sensor Network
--

## LYHENTEET

ADO	ActiveX Data Objects
DSN	Database Source Name
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
I/O	Input/output
JPEG	Joint Photographic Experts Group
NI-WSN	National Instruments – Wireless Sensor Network
ODBC	Open Database Connectivity
OSI	Open System Interconnection
PAC	Process Automation Controller
PAN	Personal Area Network
SQL	Structured Query Language
SP1	Service Pack 1
VI	Virtual Instrument

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**LYHENTEET**  
**SISÄLLYSLUETTELO**

1 JOHDANTO	1
2 LANGATON SENSORIVERKKO NI-WSN	2
2.1 NI-WSN protokolla	2
2.2 Yhdyskäytävä	2
2.3 Mittaussolmut	4
2.3.1 Ei-ohjelmoitavat mittaussolmut	5
2.3.2 Ohjelmoitavat mittaussolmut	6
2.4 LabVIEW	7
2.5 Laitteiston toiminta	8
3 KÄYTÄNNÖN TESTIT	10
3.1 NI-WSN-verkko ja toisen valmistajan mittaussolmu	10
3.2 USB-ZigBee sovitin ja NI-WSN-verkko	11
3.3 Tulokset	12
4 MITTAUSJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ	13
4.1 Mittausjärjestelmän laitteiden käyttäminen	13
4.2 Verkon suunnittelu	13
4.3 Mahdollisuudet	15
4.4 Laitteiden ongelmat	16
5 MITTAUSOHJELMISTO CENTRIAN OLOSUHDELABORATOORIOON	17
5.1 Tietokanta	17

5.2 Olosuhdemittausohjelmisto	18
5.2.1 Tietokantaan kirjoitus	19
5.2.2 Kaavat	20
5.2.3 Anturivalinnat	21
5.2.4 Asetuksien tallentaminen	22
5.2.5 VI:n käynnistäminen VI:ssä	23
5.3 Tietokannasta hakeminen	24
5.3.1 Mittaustulosten hakeminen	25
5.3.2 Taulukon arvojen vieminen Exceeliin	26
5.3.3 Kuvaajan tallennus	27
5.4 Anturit ja antureiden kytkeminen	27
6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	29
LÄHTEET	32
<b>LIITTEET</b>	

## 1 JOHDANTO

Tässä työssä perehdytään National Instrumentsin valmistamaan langattomaan NI-WSN mittauslaitteistoon. Työssä myös kokeiltiin NI-WSN laitteiston yhteensopivuutta muiden valmistajien ZigBee-laitteiden kanssa. Työn tavoitteena oli tuottaa NI-WSN-laitteistolle käyttöönotto-ohjeet, sekä tehdä CENTRIAn olosuhdelaboratorioon mittausohjelmisto laitteistoa hyväksi käyttäen.

Langaton sensoriverkko NI-WSN -osiossa tutustutaan National Instrumentsin valmistamaan laitteistoon. Siinä käydään läpi, mitä tiedetään laitteistossa käytetystä protokollasta. Lisäksi tutustutaan NI-WSN-sarjan gateway-laitteisiin ja erilaisiin mittaussolmuihin, joita valmistajalla on tarjolla.

Kolmannessa kappaleessa kerrotaan yrityksestä yhdistää National Instrumentsin langattomaan sensoriverkkoon ZigBee-protokollaa käyttävä solmupiste. Vastaavasti verkkoon kokeiltiin myös päästä käsiksi USB-ZigBee-sovittimella.

Mittausjärjestelmän käyttö -osiossa tutustutaan tarkemmin verkon rakentamisessa huomioon otettaviin asioihin, sekä kuinka mittausjärjestelmää käytetään. Tähän osioon liittyen opinnäytetyön liitteenä on työn lomassa syntynyt käyttöohje.

Mittausohjelmisto CENTRIAn olosuhdelaboratorioon -osiossa käydään läpi opinnäytetyön ohessa syntynyt mittausohjelmisto. Mittausohjelmistossa hyödynnetään NI-WSN Starter Kit:iä, johon kuuluu gateway-laite sekä kaksi ohjelmoitavaa mittaussolmua. Osiossa kerrotaan käytetystä tietokantayhteydestä ja käydään läpi ohjelmiston toiminnot.

## **2 LANGATON SENSORIVERKKO NI-WSN**

NI-WSN on National Instrumentsin kehittämä mittauslaitteisto, joka hyödyntää langatonta sensoriverkkoa tiedon keräämiseen. Laitteiston on tarkoitus tarjota helposti käytettävä ja luotettava WSN-ratkaisu LabVIEW-ohjelmointiympäristöön.

### **2.1 NI-WSN Protokolla**

NI-WSN perustuu IEEE 802.15.4-, sekä ZigBee-standardiin. IEEE 802.15.4 standardissa määritellään OSI-mallin fyysisen ja siirtoalikehyskerroksen (MAC) ominaisuudet. NI-WSN:n radioliikenne toimii 2,4 Ghz:n taajuudella. IEEE 802.15.4 on myös ollut pohjana ZigBee-standardiin, jossa taas määritellään IEEE 802.15.4:n fyysisen ja siirtoalikehyskerroksen lisäksi OSI-mallin verkko- ja sovelluskerros. ZigBee-standardia on NI-WSN standardiin muutettu ainakin verkkokerroksen suojauksen osalta. (National Instruments 2010e)

NI-WSN protokollan kerroksista on saatavilla hyvin vähän tarkkaa teknistä tietoa. Protokolla on toteutukseltaan salattu, eikä tarkempaa tietoa langattomien verkkoyhteyksien toiminnasta ole luovutettu ulkopuolisille.

### **2.2 Yhdyskäytävä**

National Instrumentsin langattoman sensoriverkon olennainen osa on yhdyskäytävä, eli gateway-laite. Gateway-laite on nimensä mukaisesti yhdyskäytävä Ethernet-verkon ja langattoman sensoriverkon välillä. Gateway-laite vastaa mm. langattoman sensoriverkon mittaussoelmujen oikeuksien tarkistamisesta, verkkotopologian hallinnoimisesta, viestien puskuroimisesta ja IEEE 802.15.4 langattoman verkon siltaamisesta Ethernet-verkkoon. Ilman yhdyskäytävää ei päästäisi langattoman sensoriverkon mittaussoelmujen anturidataan käsiksi ja sensoriverkko jäisi keskenään viestittäväksi suljetuksi verkoksi. (National Instruments 2010a)



Gateway-laitteita on tällä hetkellä saatavilla kahdenlaisia, perusmallia oleva NI WSN-9791 ja ohjelmoitava NI 9792. Perustoimintona kummassakin laitteessa on sensoriverkon mittaussoelmujen hallinnoiminen, sekä toiminta yhdyskäytävänä sensoriverkon ja Ethernet-verkon välillä. NI WSN-9791 on ominaisuuksiltaan näistä kahdesta gateway-laitteesta karsituin, sillä laitteessa on vain yksi Ethernet-portti. Laitteen voi liittää Ethernet-portista suoraan joko PC-tietokoneeseen, LabVIEW Real-Time ohjaimen tai muuhun ohjelmoitavaan automaatiokontrolleriin (PAC). (National Instruments 2010a)



KUVIO 1. NI WSN-9791 Gateway-laite (National Instruments 2010a)

NI 9792 taas on liitännöiltään ja ominaisuuksiltaan monipuolisempi laite, lisäksi laite on ohjelmoitavissa. Laitteeseen on siis mahdollista ohjelmoida mittausohjelmisto. Laitteessa on 2 Gt:n muisti sekä 533 MHz:n MPC8347-prosessori. Laite pystyy itse ohjelmoituna keräämään dataa sensoriverkon mittaussoelmuilta, käsittelemään sen ja varastoimaan tiedon omaan sisäänrakennettuun muistiinsa. Jos sisäänrakennettu muistikapasiteetti ei riitä, voidaan USB-liitäntään liittää lisää muistia tiedon tallennusta varten. Muistin ja prosessorin ansiosta laite voi toimia periaatteessa palvelimena tarjoten verkkopalveluita lähiverkossa oleville tietokoneille. Tietoon pääsee käsiksi lähiverkon kautta ja tieto voidaan käsitellä sekä varastoida valmiiksi ilman PC-tietokonetta, jossa olisi mittausohjelmisto tiedon käsittelyä varten. Gateway-laitteelle varastoitu tieto voidaan esimerkiksi siirtää verkon yli omaan tietokantaan FTP:n avulla. (National Instruments 2010a, National Instruments 2010b)



KUVIO 2. NI 9792 Ohjelmoitava Gateway-laite (National Instruments 2010a)

### 2.3 Mittaussolmut

Mittaussolmujen (*measurement node*) ja gateway-laitteiden avulla voidaan rakentaa langaton sensoriverkko. Mittaussolmu on langattomassa verkossa toimiva mittauskortti, johon liitetään mittausanturit ja joka lähettää antureilta kerätyn datan verkkoon. Mittaussolmussa on pienitehoinen mikrokontrolleri, joka on suunniteltu kuluttamaan mahdollisimman vähän virtaa ja suorittamaan operaatioita pitkällä aikavälillä. Laite toimii neljällä AA-paristolla ja sen voi myös kytkeä erilliseen ulkoiseen jännitelähteeseen. Huomioitava on, että paristoilla ei voi varmistaa laitteen toimintaa ulkoisen jännitelähteen pettäessä.

Mittaussolmujen ohjelmoitavuus on NI-WSN:in erikoisuus. Ohjelmoitavat NI-WSN mittaussolmut näyttävät päältä päin samanlaiselta kuin ei-ohjelmoitavat NI-WSN mittaussolmut. Ohjelmoitavia mittaussolmuja on myöskin saatavilla sekä termopari- että analogiamalleja.



KUVIO 3. NI-WSN mittaussolmu. (National Instruments 2010a)

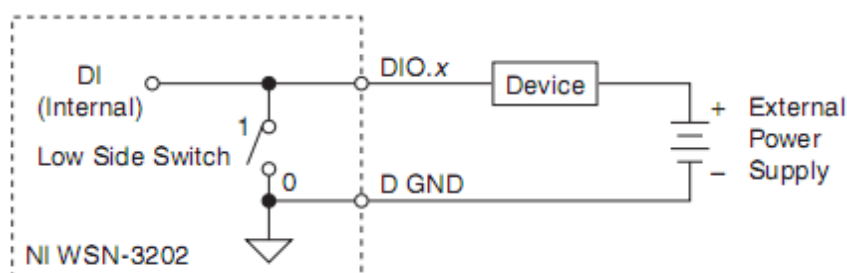
### 2.3.1 Ei-ohjelmoitavat mittaussolmut

Mittaussolmuja on tällä hetkellä saatavilla kahta eri mallia. Analoginen NI WSN-3202 mittaussolmu lukee jännitearvoja  $\pm 10$  V:n välillä neljältä kanavalta.  $\pm 10$  V:n mittausaluetta käytettäessä mittaussolmu pystyy havaitsemaan  $137 \mu\text{V}$ :n muutoksen jännitteessä. Mittausaluetta pienennettäessä mittaussolmun herkkyys paranee. Mittausolmu pystyy antamaan 12 voltin (20 mA) käyttöjännitteen siihen liitetuille antureille erillisestä liittimestään (*SEN PWR*).

Lämpötilanmittaukseen suunniteltu mittaussolmu NI WSN-3212 lukee jännitearvon neljältä termoparilta. Termopari koostuu kahdesta eri metallia olevasta langasta, jotka on juotettu tai hitsattu yhteen mittauspäädystä. Termoparin etuja ovat mm. termopari ei tarvitse omaa jännitelähdettä toimiakseen, ja se vastaa nopeasti lämpötilan muutoksiin. Mittausolmussa on eri tyyppisille termopareille itsessään taulukot, joiden mukaan jänniteviesti muunnetaan lämpötila-arvoksi ennen tietojen lähetystä. Vaihtoehtoisesti mittausarvon voi hakea jännitearvonakin, jolloin muutoksen voi tehdä mittausohjelmassa. Mittausolmu tukee J, K, R, S, T, N, B ja E tyyppien termopareja. (National Instruments 2010c, Pietiko Oy 2009, 1-2.)

NI WSN-3202:ssa ja 3212:ssa on lisäksi neljä digitaalista I/O-liitäntää, joissa jokaisella kanavalla ylijännitesuojaus. Jokainen digitaalinen I/O-kanava on mahdollista asettaa toimimaan neljässä eri tilassa. Ulostulona käytettäessä

digitaalinen I/O-liitäntä voidaan asettaa johtamaan virtapiiriin kytketylle laitteelle käyttöjännite ulkoisesta virtalähteestä. Tätä varten kanavat voidaan asettaa kolmeen eri tilaan, *Drive High Only Mode*, *Drive High and Low Mode* ja *Drive Low Only Mode*. Jokaisella tilalla on oma kytkentätapansa, jolla ulkoinen virtalähde kytketään mittaussolmuun sekä ohjattavalle laitteelle. Sisääntulona käytettäessä kanava asetetaan *Tristate Mode*-tilaan, jolloin kanava havaitsee signaalin, maadoituksen tai jännitteen. (National Instruments 2010f, 21-23.)



KUVIO 4. Virtalähteen kytkeminen *Low Side*-tilassa (National Instruments 2010f)

### 2.3.2 Ohjelmoitavat mittaussolmut

Ohjelmoitavaan mittaussolmuun voidaan ohjelmoida pieniä ohjelmistoja LabView-ohjelmalla. Tällöin mittaussolmu saattaa itse ohjelmoinnin perusteella esimerkiksi tehdä päätöksiä paikallisesti ja ohjata yksinkertaisia laitteita paikallisesti digitaalisen I/O:n kautta. Mittaussolmu voi vaikkapa käynnistää tuulettimen puhaltamaan lämpötila-arvon ylittäessä tietyn rajan tai vain lähettää jonkin arvon ylittävät tiedot mittausohjelmaan. Sensoreilta saatu tieto voidaan vaikkapa skaalata ja muuntaa hyödylliseen muotoon ennen lähettämistä verkon yli mittausohjelmalle tai ohjaimelle.

Paristojen käyttöikä voidaan parantaa ohjelmoimalla mittaussolmu käyttäytymään halutulla tavalla. Solmun radiolähttimen käyttöä voidaan säädellä esimerkiksi asettamalla mittaussolmu keräämään tietoa muistiin, josta ne sitten lähetetään myöhemmin mittausohjelmalle yhtenä pakettina.

Paikallinen logiikka ja tiedon prosessointi voi pienentää systeemin vasteaikaa sekä vähentää verkon ja mittausohjelmiston kuormitusta. Mittaussolmun ohjelmointi onnistuu langattoman verkon kautta ilman, että itse mittaussolmuun tarvitsisi päästä fyysisesti käsiksi kaapeleita kytkemään. Kaiken lisäksi LabVIEW:n graafisen ohjelmoinnin avulla mittaussolmun ohjelmointi sujuu huomattavasti nopeammin ja helpommin kuin C-kielillä kirjoitetulla ohjelmoinnilla. (National Instruments 2010c)

## 2.4 LabVIEW

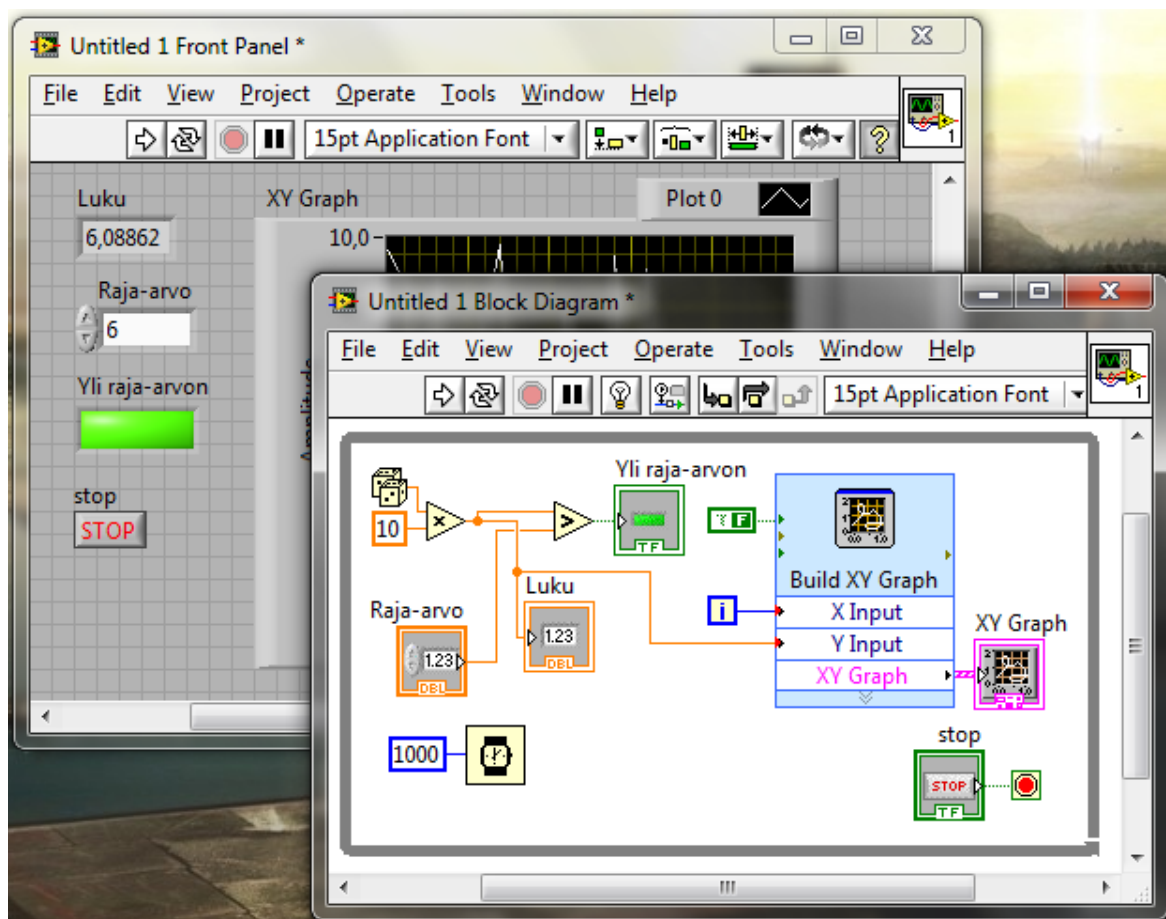
LabVIEW on National Instrumentsin kehittämä graafinen ohjelmointiympäristö. Sen kehittäminen alkoi vuonna 1983, kun National Instruments aloitti tutkimaan miten mittalaitejärjestelmien ohjelmointiaikaa saataisiin lyhennettyä.

Ohjelmointiympäristön ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1986 Macintosh-tietokoneille. Ensimmäinen PC-tietokoneille tarkoitettu Windows-versio julkaistiin vuonna 1992. Tätä kirjoittaessa uusin versio on LabVIEW 2010, joka on ohjelmiston kymmenes julkaisu. (Travis 2002, 19-20.)

Ohjelmointiympäristöä käytetään laajalti teollisuudessa, yliopistoissa sekä tutkimuslaboratorioissa tiedon keruuseen ja mittalaitteiden hallintaan. Ohjelma on saatavilla usealle eri käyttöjärjestelmälle; Windows, MacOS, Linux, Solaris, ja HP-UX. LabVIEW:lla luotuja ohjelmia voidaan siirtää käyttöjärjestelmästä toiseen, mutta käyttöjärjestelmäkohtaisia ominaisuuksia, kuten Windowsin ActiveX, ei voida siirtää. (Travis 2002, 19, xxiii-xxv.)

LabVIEW jakautuu kahteen näkymään. Front Panel näkymään rakennetaan ohjelman käyttäjälle näkyvä osa ohjelmasta, ts. käyttöliittymä. Nappien, kuvaajien ja muu tiedon esittämiseen tarkoitettut kontrollit vedetään valikoista halutulle paikalle. Itse ohjelma kasautuu Block Diagram näkymässä, jossa Front Panelin kontrollit yhdistetään graafisiin ohjelmointiblokkeihin, jolloin esimerkiksi napin painallus saa ohjelmassa aikaan jokin operaation. LabVIEW:n kirjastoista löytyy lukuisia matemaattisia ja loogisia operaatioita sekä blokkeja tiedon keruuseen ja varastointiin. Valmis LabVIEW-ohjelma on nimeltään VI, eli Virtual Instrument. VI:n

terminaaleihin pystytään linkittämään esimerkiksi kontrolleja ja indikaattoreita, jolloin ohjelmaa pystytään käyttämään toisessa VI:ssä. Näin useasta pienestä ohjelman osasta voidaan rakentaa isompi ohjelma ja aiemmin tehtyjä ohjelmia voidaan hyödyntää uudelleen.



KUVIO 5. Etupaneeli (takana) ja lohkokaavio.

## 2.5 Laitteiston toiminta

Jännitteen kytkeytyessä joko paristoilta tai ulkoisesta lähteestä mittaussolmua ohjaava ohjelmisto käynnistyy, ja mittaussolmu aloittaa verkon etsimisen. Jos verkkoa ei löydy, solmu siirtyy lepotilaan ja yrittää seuraavan kerran yhteyttä minuutin kuluttua. Yhteysyritysten epäonnistuttua yritysten väliaika kasvaa Fibonaccin lukujonona lopulta 55:een minuuttiin.

Onnistuneessa yhteydenotossa solmu löytää gateway-laitteen tai reitittävän mittaussolmun. Jos laitteen sarjanumero täsmää gateway:n mittaussolmulistaan tallennettuun sarjanumeroon, laite hyväksytään gateway:n hallinnoimaan verkkoon. Muussa tapauksessa solmun pääsy evätään ja laite jää etsimään verkkoa, johon laitteen sarjanumero hyväksytään.

Näytteenottovälin ollessa minuuttia pitempi solmut pitävät yllä yhteyttä gateway-laitteeseen lähettämällä joka 61:s sekunti niin kutsutun 'heartbeat'-sykkeen. Sykkeessä lähetetään solmun tilatietoja, kuten radion linkin laatu, patterien jännite ja käynnissä oleva VI. Tämän sykkeen väliä ei voi pidentää taikka poistaa käytöstä.

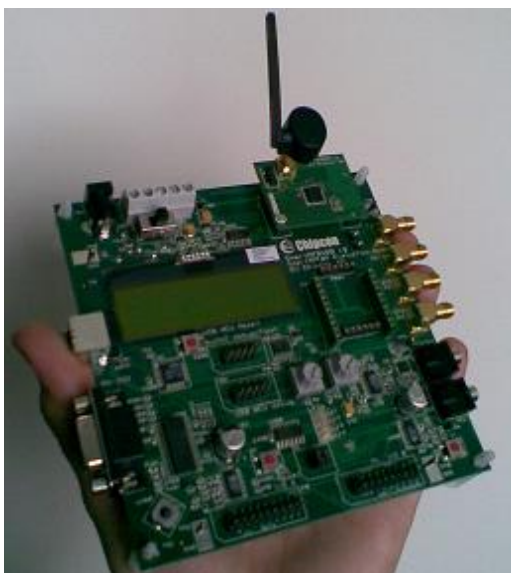
Mittaussolmu toimii tila-periaatteella (*event case*). Jokin toiminto aktivoi tietyn tilan, jossa suoritetaan jokin toiminto. Mittaussolmun näytteenoton jaksottaa solmun sisäinen ajastin. Kun tietty solmulle asetettu näytteenottoväli on kulunut, ajastin herättää laitteen, kerää tiedot mittauskanavilta ja lähettää tiedot radioteitse gateway-laitteelle. Gateway-laite varastoi muistiin mittaussolmuilta viimeksi vastaanotetut tiedot, joten ihan sekunnilleen viimeisintä tietoa ei välttämättä saa.

### 3 KÄYTÄNNÖN TESTIT

Koska NI-WSN on hyvin lähellä ZigBee-standardia, päätettiin kokeilla, voiko NI-WSN-verkkoon liittää kolmannen osapuolen valmistamia WSN-mittaussoimuja. Lisäksi kokeiltiin pääseekö NI-WSN-verkkoon käsiksi USB:iin liitettävällä ZigBee-sovittimella. Se vähäinen tieto mitä NI-WSN-standardista on saatu selville, langaton liikenne tapahtuu IEEE 802.15.4-standardin mukaan 2,4 Ghz:n taajuudella. Laitteiden yhteensopivuus ei pitäisi ainakaan olla radiolinkistä kiinni.

#### 3.1 NI-WSN-verkko ja toisen valmistajan mittaussoimu

Testauksessa kokeiltiin liittää ChipConin valmistama ZigBee-developer kitistä rakennettu solmupiste NI-WSN-gatewayn alaisuuteen. Oma pulmansa oli ZigBee-solmupisteen rakentamisessa. Pdf-tiedostojen selaamisen jälkeen rakentui hyvin yksinkertainen ZigBee-solmu, jossa käytettiin ohjelmana valmista ZigBee-demoa, jolla voi nopeasti kokeilla ZigBee-verkon toimintaa. Verkkoon yhdistäminen ei tuottanut tulosta. Solmu löysi gatewayn hallinnoiman 2,4 Ghz:n taajuudelta verkon, mutta sillä ei ollut oikeutta liittyä siihen.



KUVIO 6. ChipConin smartRF04eb ja radiomoduuli.



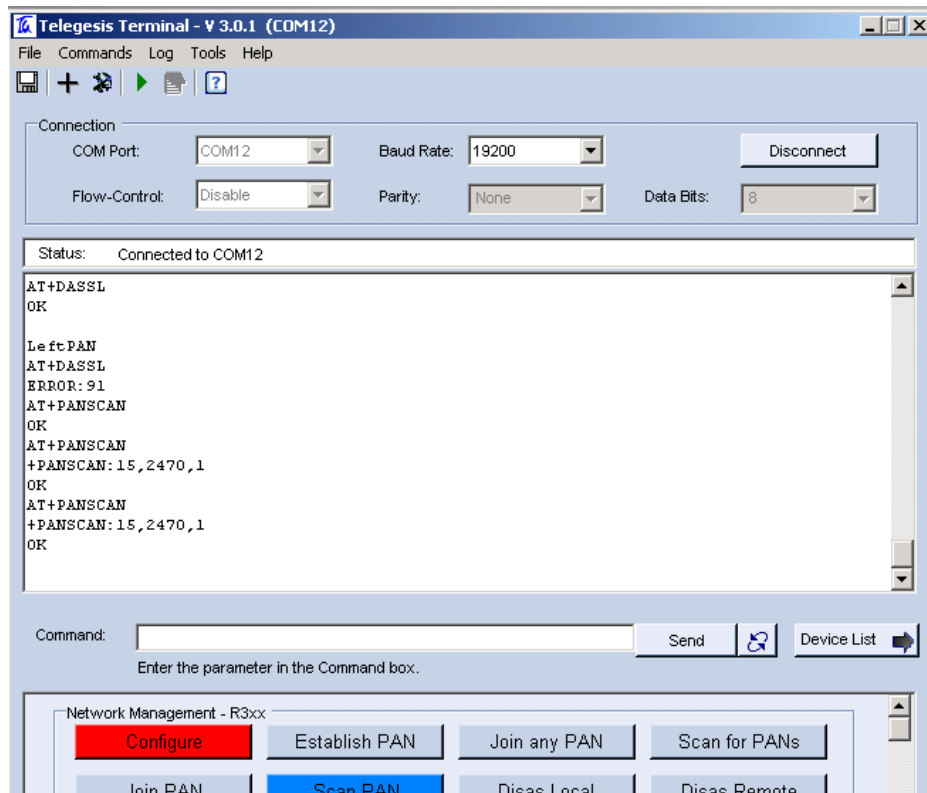
### 3.2 USB-ZigBee sovitin ja NI-WSN-verkko

Tässä kokeilussa PC-tietokoneeseen liitettiin Telegesiksen EXTR2USB USB-ZigBee sovitin. PC-tietokoneelle asennettiin tarvittavat ajurit sovittimelle sekä Telegesiksen terminaaliohjelma. Terminaaliohjelmalla saadaan avattua yhteys sovittimelle, jolle pystytään terminaalin kautta lähettämään erilaisia komentoja. NI-WSN gatewayn luoma langaton verkko saadaan näkyviin skannaamalla taajuudet PAN-verkkojen varalta. Skannauksen tuloksena löydetään 2470 Mhz:n taajudelta verkko kanavalla 15. Tiedot täsmäävät NI-WSN:n gatewayn asetuksiin. Verkkoon liittymisyriytykset kuitenkin epäonnistuivat peräjälkeen antaen yhteysvirheen.



KUVIO 7. Telegesiksen USB-ZigBee sovitin.

Gatewayn poistamisen jälkeen kokeiltiin luoda Telegesiksen sovittimella oma PAN-verkko. Verkon pystytyksen jälkeen kokeiltiin hakeutuuko mittaussolmu juuri luotuun verkkoon. Paristojen asettamisen jälkeen mittaussolmu käyttäytyi kuin verkkoa ei olisi olemassakaan, etsien verkkoa tietyin väliajoin. Gatewayn luomassa verkossa on luultavasti jokin tunniste, josta mittaussolmu huomaa verkon olevan NI-WSN verkko.



KUVIO 8. Telegesis terminaali ohjelma.

### 3.3 Tulokset

Verkot löytyvät oikeilta taajuksilta, ja oikeilta kanavilta. Ainoastaan verkkoon liittyminen on suoraan mahdotonta. Gateway-laite pitää sisällään listaa verkkoon päästettävistä laitteista sekä näiden sarjanumeroista. Samoin NI-WSN mittaussolmut tuntuvat etsivän NI-WSN gatewayä tai verkossa olevaa reitittävää mittaussolmua.

Jos NI-WSN:n langatonta verkkoliikennettä tutkisi tarkemmin, voisi sieltä poimia tietoja, joita NI-WSN solmut lähettävät yhdistettäessä. Tämän pohjalta voisi kuvitella olevan mahdollista rakentaa NI-WSN mittaussolmua jäljittelevä ZigBee-solmu tai modifioida toisen valmistajan WSN-laite verkkoon sopivaksi. Silloin ei tosin enää voitaisi puhua ZigBee-laitteesta, koska laite ei toimisi enää ZigBee-verkossa.

## **4 MITTAUSJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ**

NI:n langattoman sensoriverkon käyttö on helppoa, jos on ennestään tutustunut LabVIEW-ohjelmointiin. Tässä kappaleessa käydään läpi kuinka laitteisto otetaan käyttöön ja kuinka mittausolmuilta saadaan tietoa mittausohjelmistoon. Lisäksi käydään hieman läpi verkon suunnittelua sekä langattoman sensoriverkon mahdollisuuksia.

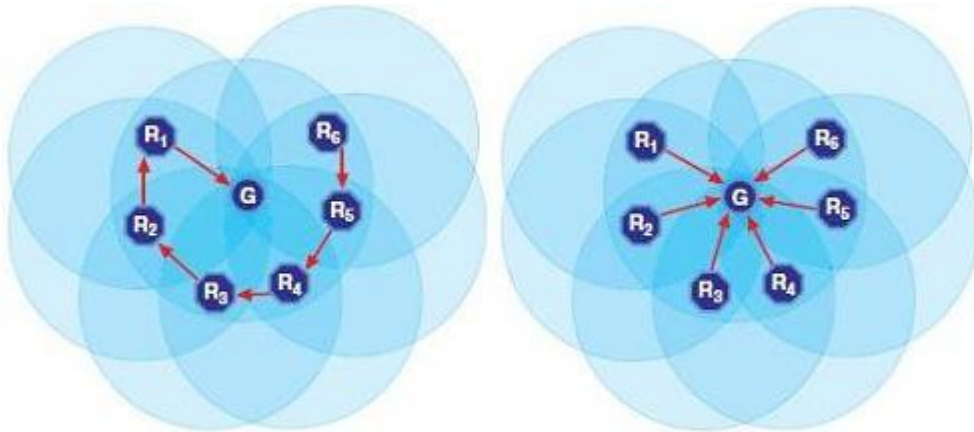
### **4.1 Mittausjärjestelmän laitteiden käyttäminen**

NI-WSN-laitteisto on suunniteltu nopeasti ja helposti käytettäväksi LabVIEW-ympäristössä. Liitteenä opinnäytetyön ohessa kirjoitettu käyttöohje (LIITE 1). Käyttöohje sisältää ohjeet laitteiston käyttöönottamiseen, mittausolmujen lisäämisen ja poistamisen sensoriverkosta, mittausolmujen asetusten määrittämiseen sekä mittausolmun ohjelmointiin. Ohje ei ole täysin kaiken kattava mittausolmujen ohjelmoinnin osalta, mutta antaa suuntaa, kuinka mittausolmujen ohjelmointi tapahtuu.

### **4.2 Verkon suunnittelu**

Verkkoa suunnitellessa tulee ottaa huomioon millaisissa olosuhteissa verkon tulisi toimia. Ympäristössä saattaa olla sähköisiä laitteita, joiden toiminta saattaa häiritä langattoman verkon toimintaa. Myöskin tilojen seinämateriaalit voivat huonontaa signaalin laatua ja monesti estävät signaalin kulun kokonaan. NI-WSN:n valmistaja lupaa mittausolmuille enimmillään 300 metrin kantaman ulkoilmassa. Sisätiloissa kantamaksi luvataan maksimissaan 90 metriä (National Instruments 2010c). Parhaimmillaan päätesolmu voidaan asettaa 900 metrin päähän gatewaystä, jolloin välillä on kaksi reitittävää mittausolmua. Reitittäviä solmuja toki voi asentaa välille enemmänkin, mutta verkon viiveet saattavat koitua ongelmallisiksi.

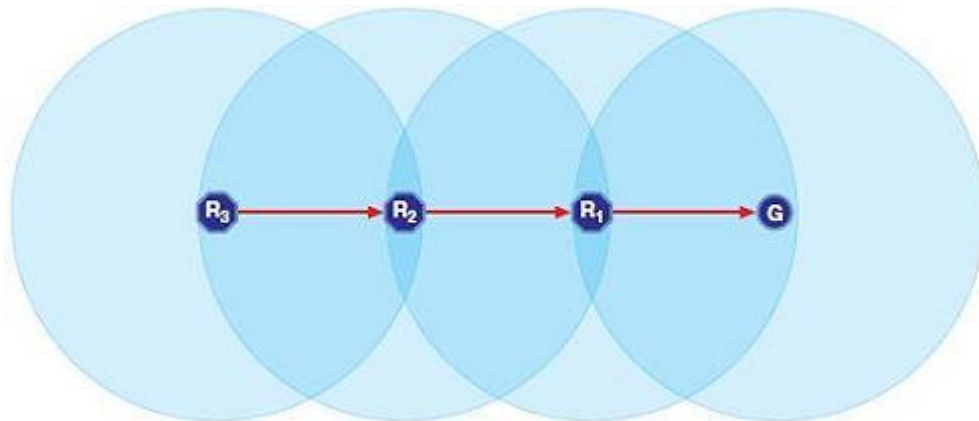
Riippuen määritelmästä verkkotopologiasta mittaussolmu viestittää gateway-laitteen kanssa joko suoraan (end node - gateway) tai reitittävien mittaussolmujen kautta (routing). Päätesolmuksi (end node) asetettu laite ei reititä muilta mittaussolmuilta dataa. Langatonta sensoriverkkoa pystytään laajentamaan lisäämällä siihen solmuja, käytettävästä verkkotopologiasta riippuen 8-36 solmua yhden gateway:n alaisuuteen. Pelkästään käyttämällä tähtitopologiaa (KUVIO 9, oik.) voidaan yhden gateway-laitteen alaisuuteen asettaa kahdeksan päätesolmua. Mittaussolmujen määrää pystytään nostamaan lisäämällä gateway-laitteita verkkoon tai asettamalla joitain päätesolmuja reitittämään. Yhden reitittävän solmun alaisuuteen voidaan taas asettaa kahdeksan päätesolmua. (National Instruments 2010b; National Instruments 2010c)



KUVIO 9. Tehoton (vas.) ja tehokas topologia (National Instruments 2010d)

Verkkoa suunnitellessa kannattaa välttää nooidien asettamista reitittävään tilaan. Jos mittaussolmu asetetaan reitittävään tilaan, tulisi se kytkeä erilliseen jännitelähteeseen, koska reitittäessä mittaussolmun radioliikenne on aina valmiudessa välittämään tietoa päätesolmuilta. Tällöin paristojen käyttökapasiteetti ei riittäisi kovin pitkäaikaiseen laitteen käyttöön. Gateway-laite tulisi asettaa mahdollisimman keskeiselle paikalle, jotta mittaussolmut viestittäisivät suoraan gateway-laitteen kanssa tähtitopologian mukaan (KUVIO 9). Turha reitittäminen on huonoa verkkosuunnittelua ja se huonontaa verkon tehokkuutta, kun laitteet voisivat olla suoraan yhteydessä gateway-laitteeseen. Reitittämisestä on tietysti hyötyä, jos verkkoa halutaan laajentaa paikkoihin, joihin gateway:n asentaminen

on mahdotonta ethernetin puuttuessa (KUVIO 10).



KUVIO 10. Verkon peittoalueen laajentaminen reitittimillä (National Instruments 2010d)

### 4.3 Mahdollisuudet

Langattomat sensoriverkot mahdollistavat sensoriverkkojen rakentamisen sellaisiin kohteisiin, joihin se ei ole ennen ollut mahdollista tavallisen verkon rajoitusten puitteissa. Jos reitittäville mittaussolmuille saadaan ulkoinen jännitelähde, pystytään sensoriverkko rakentamaan ja laajentamaan lähes minne tahansa. LabVIEW-yhteensopivuutensa ansiosta langaton sensoriverkko on mahdollista luoda nopeasti ja vaivattomasti.

Ohjelmointi on jouhevaa graafisen ohjelmointikielen ansiosta ja toimivia ohjelmistoja pystytään rakentamaan nopeammin kuin alemman tason ohjelmointikielillä. Mittausjärjestelmän käyttökohteina voi olla esimerkiksi jonkin alueen kulunvalvonta, kasvihuoneiden lämpötilan ja ilmankosteuden mittaus, teollisuuden koneiden sekä rakennusten kunnon valvonta.

#### 4.4 Laitteiden ongelmat

Suurin ongelma saattaa joissain sovelluksissa olla verkon mittausolmujen langattomuudesta johtuva viive. Varsinkin, jos radioviesti lähetetään useamman reitittävän solmun kautta, viive saattaa muodostua häiritseväksi mittaustulosten oikeellisuudelle. Tästä syystä valmistaja suosittelee radioviestin välitystä maksimissaan kolmen solmun kautta.

Toinen ongelma voi joissain tapauksissa olla alhainen näytteenottotaajuus. Ilman mittausolmun ohjelmointia analoginen mittausolmu kykenee lähettämään yhden näytteen sekunnissa, termoparisolmulla tämä väli on 0,5 näytettä/sekunti. Tämä ei tietenkään ole ihan kaikissa sovelluksissa ongelmallista, varsinkaan lämpötilamittauksissa, jossa lämpötilat tuskin kerkeävät dramaattisesti muuttua parin sekunnin aikana. Mittausolmun ohjelmoinnilla voidaan analogisella mittausolmulla saavuttaa näytteenottotaajuus 25 000 näytettä/sekunti. Silloin mittausolmu ohjelmoidaan tallentamaan mittausarvoja muistiin ja lähettämään arvot yhtenä pakettina. Täytyy kuitenkin muistaa, että mittausolmu pystyy aktivoimaan radiolinkkinsä vain kerran sekunnissa. Tällöin informaatio ei ole aina täysin senhetkistä tietoa ja se tulee ottaa huomioon ohjelmassa.

## 5 MITTAUSOHJELMISTO CENTRIAN OLOSUHDELABORATORIOON

Ohjelmiston on tarkoitus helpottaa CENTRIAn olosuhdelaboratoriossa tehtäviä testauksia. Laboratoriossa ei ole ennestään olosuhdetestauskaapissa käytettävää mittausohjelmaa. Lämpötilan seuraaminen helpottuu ja lisäksi voidaan mitata ilmankosteutta sekä ilmanpainetta. Langattomuuden ansiosta solmuja voidaan käyttää ympäri olosuhdelaboratoriota, eikä niiden sijainti ole täysin sidottu yhteen huoneeseen, mutta on tietysti rajoitettu langattoman verkon kantoalueella.

Ohjelmistossa käytettiin hyväksi National Instrumentsin WSN Starter Kit:iä, johon kuuluu NI WSN-9791 Gateway sekä kaksi ohjelmoitavaa mittaussolmua, NI WSN-3202 ja NI WSN-3212. Ohjelma tehtiin LabVIEW 2009 SP1:llä. Tämän lisäksi ohjelma vaatii NI-WSN ajurit. WSN Pioneer on tarpeellinen vain silloin, jos halutaan ohjelmoida mittaussolmuja. Muussa tapauksessa pelkät NI-WSN ajurit riittävät.

Ohjelmisto mittaa termoparisolmulta lämpötilaa neljältä kanavalta. Analogiasolmulta kanavien tulot ovat muokattavissa halutuiksi ja solmulta luetaan ilmankosteusprosenttia neljältä kanavalta, tai ilmanpainetta enimmillään kahdelta ja kosteutta kahdelta kanavalta. Solmuilta saadut tiedot tallennetaan samalla tietokoneella olevaan tietokantaan. Käyttäjän on mahdollista määrittää mittausväli, jolla ohjelmisto tallentaa tietoja tietokantaan. Käyttäjän on myös mahdollista hakea tietokannasta vanhoja mittaustuloksia ilman, että itse mittausohjelma häiriintyy. Tietokannasta haetut arvot näytetään käyttäjälle taulukkona, sekä myöskin kuvaajina. Taulukon voi tallentaa Excel-taulukoksi, kuvaajat JPEG-kuvatiedostoiksi.

### 5.1 Tietokanta

Mittausohjelmisto tallentaa mittaustulokset ODBC-rajapinnan avulla. Jotta ODBC toimisi ja tiedot tallentuisivat tietokantaan, tulee tietokoneelle määrittää ODBC tietokantayhteyden nimi, eli DSN, joko paikalliseen tai toisella koneella sijaitsevaan

tietokantaan. Tässä ohjelmassa käytetään paikallista Access-tietokantaa. Tietokanta voidaan halutessa vaihtaa myös MySQL-tietokantaan ja tallentaa tiedot verkon yli tietokantaan.

LabVIEW-ohjelmassa käytetään avoimen lähdekoodin LabSQL VI:tä. LabSQL VI:t hyödyntävät ODBC-rajapintaa. National Instrumentsilta löytyy samankaltainen maksullinen ohjelmapaketti Database Connectivity Toolkit. LabSQL toimii tässä tapauksessa maksullista pakettia paremmin, eikä häiritse ohjelman toimintaa yhtä helposti, jos tietokantaa luetaan samaanaikaan kun siihen kirjoitetaan. Etuna myös mainittakoon, ettei ohjelmaan tarvitse tehdä muutoksia, jos tietokanta vaihdetaan MySQL:ään. Riittää, että ODBC-asetukset ovat kunnossa.

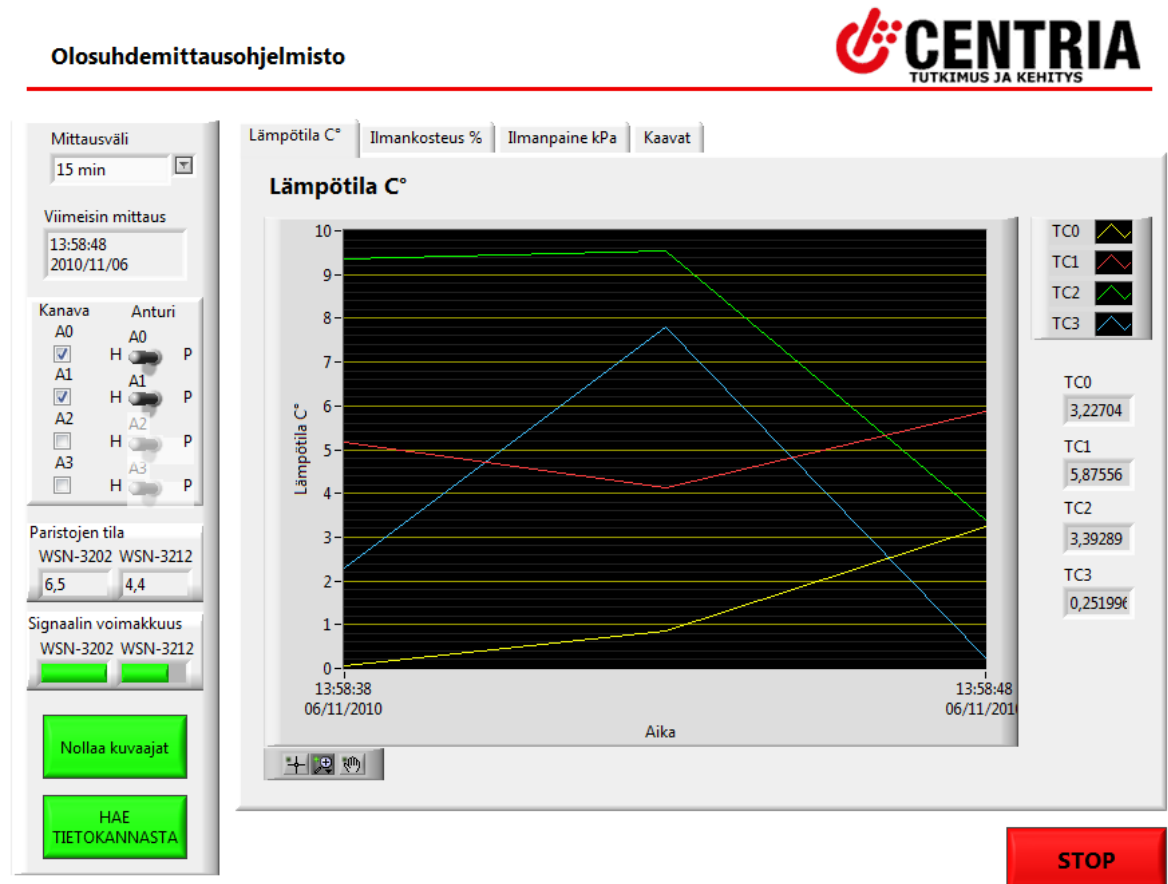
## 5.2 Olosuhdemittausohjelmisto

Olosuhdemittausohjelman päänäky on jaettu kahteen osaan, vasemmalla olevaan asetuspalkkiin ja oikean puoleiseen välilehditykseen. Palkissa voidaan määrittää mittausväli ja analogiselle NI-WSN 3202 mittaussolmulla käytössä olevat kanavat sekä niissä olevat anturit. Kun kanava otetaan käyttöön, mitataan oletuksena ilmankosteutta. Paineelle on varattu käyttöön kanavat A0 ja A1. Nämä kanavat voidaan asettaa paineanturikäyttöön. Kaksi viimeistä, A2 sekä A3, ovat oletuksena ilmankosteuden mittaukseen, eikä niitä voi muuttaa paineelle käytettäväksi. Tämän estämiseksi anturivalinnat kanaville A2 ja A3 ovat poissa käytössä, mutta havainnollistaakseen kosteusanturikäyttöä ne ovat näkyvillä ja asetettu oletustilaan 'H'.

Päänäkymässä oikealla on välilehditetty lämpötilan, ilmanpaineen ja kosteuden kuvaajat omiin välilehtiinsä kuvaajien selkeyden parantamiseksi. Kuvaajissa näkyy sata viimeisintä mittaustulosta. Muistista poistetaan vanhimmasta päästä olevia arvoja, jotta ohjelmisto pysyisi mahdollisimman sutjakkaana eikä kuormitettaisi muistia turhaan. Välilehdessä on myöskin välilehti käytettäville kaavoille. Välilehdellä voidaan muuttaa analogisen mittaussolmun NI-WSN 3202 jännitearvojen muuttamisessa käytettäviä kaavoja ilman, että ohjelma tulisi keskeyttää ja ohjelmoida kaavat ohjelmaan. Tämä erityisen käytännöllinen, jos



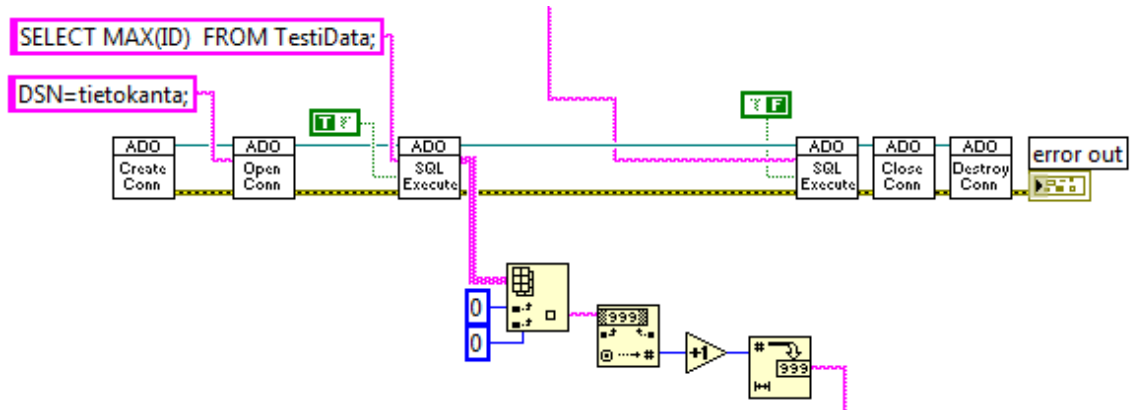
mittaussolmulle asennetaan uusi, erilainen anturi.



KUVIO 11. Mittausohjelman etupaneeli.

### 5.2.1 Tietokantaan kirjoitus

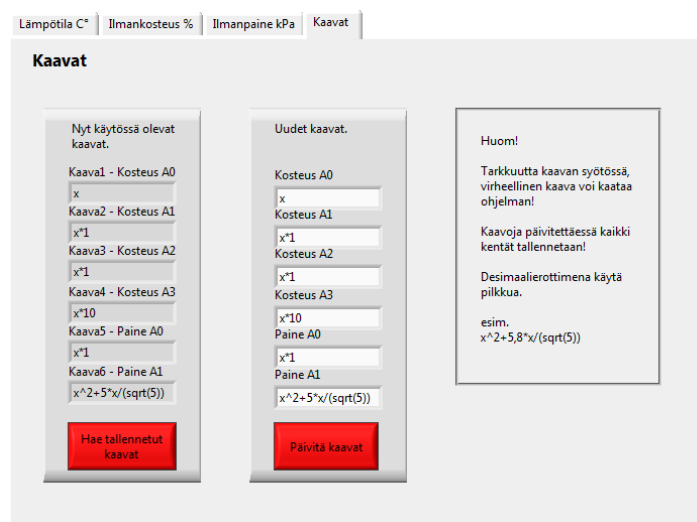
Tietokantaan kirjoitus aloitetaan luomalla tietokantayhteys. Yhteyden avaaminen vaatii DSN nimen, jolla käytetään ODBC-rajapintaa. Tietokannasta haetaan TestiData taulun maksimi ID-arvo. Tähän arvoon lisätään ykkönen ja uusi luku viedään kirjoituslauseeseen, jossa tallennetaan arvot ID:n osoittamaan uuteen sarakkeeseen. Tietojen kirjoittamisen jälkeen suljetaan yhteys ja tuhoetaan sen viitteet muistista. Vientilauseke muokkaantuu käytettävien kanavien ja anturivalinnan mukaan.



KUVIO 12. Tietokantaan kirjoitus.

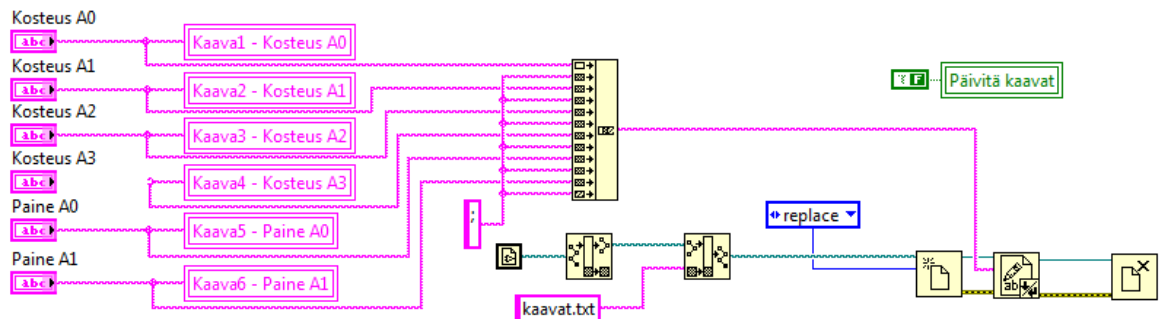
## 5.2.2 Kaavat

Ohjelmassa käytettävät kaavat voidaan päivittää mittausohjelmiston päänäkymän 'Kaavat'-välilehdellä. 'Hae tallennetut kaavat'-painikkeen klikkaaminen hakee tiedostosta kaavat, ottaa ne käyttöön ohjelmassa ja päivittää muokattavat kaavat samoiksi kuin tiedostossa olevat. Tämä toiminto on kätevä, jos tekee kaavamutokset suoraan kaavat.txt-tiedostoon ja haluaa ottaa uudet kaavat käyttöön ohjelmassa.



KUVIO 13. 'Kaavat'-välilehti.

'Päivitä kaavat'-painikkeen klikkaaminen suorittaa kuviossa 14 näkyvän toimenpiteen. Tekstilaatikoista luetaan uuden kaavat ja otetaan ne käyttöön ohjelmassa siirtämällä kaavat indikaattoreihin. Samalla kaavoista koostetaan yhtenäinen merkkijono, jossa kaavat erotetaan toisistaan puolipisteellä ja rivinvaihdolla. Ohjelma avaa kaavat.txt tiedoston ja korvaa tiedoston sisällön uusilla kaavoilla. Kirjoituksen päätteeksi tiedosto suljetaan.



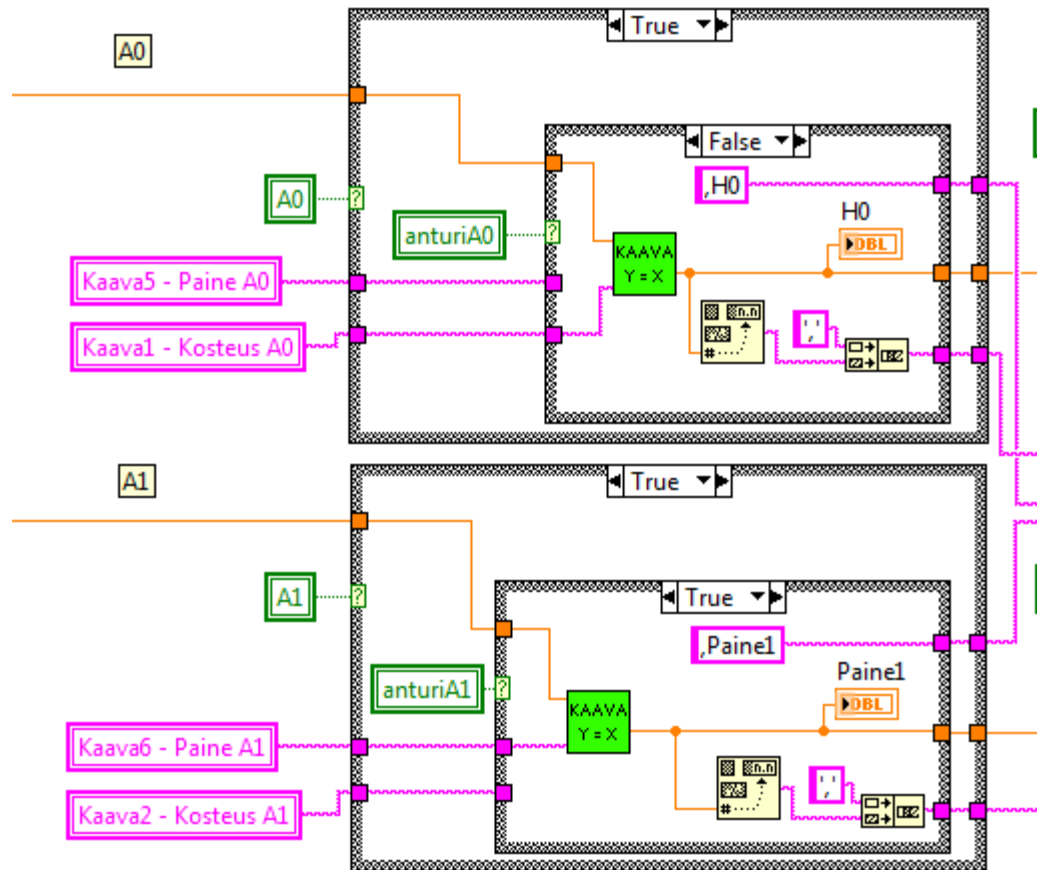
KUVIO 14. Kaavojen päivittäminen lohkokaaavionäkymässä.

### 5.2.3 Anturivalinnat

Ohjelmassa voidaan valita, miltä kanavilta luetaan arvoja ja onko luettu arvo paineanturilta vai ilmankosteusanturilta. Kun kanava otetaan käyttöön, on se automaattisesti kosteusanturi. Tämä havainnollistuu sillä, että kanavan valintalaatikon vieressä on kytkin, joka on asetettu kohtaan 'H', eli humidity, kosteus. Näiden valintojen mukaan määritellään monta muuttujaa ohjelmassa:

1. Kaava, mitä käytetään muokkaamaan jännitearvo oikeaan muotoonsa.
2. Kumpaan kuvaajaan mittausarvo menee, paineeseen vai kosteuteen.
3. Mitkä indikaattorit näytetään välilehdillä.

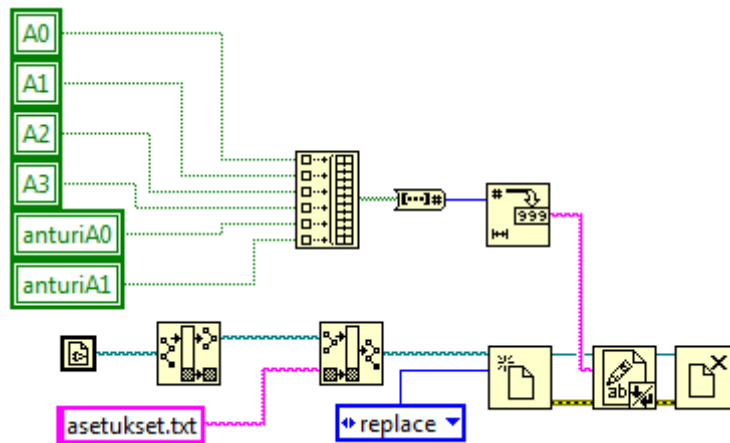
Tärkeimpänä SQL-vientilause muokataan valintojen mukaan niin, että arvot löytävät tiensä oikeille sarakkeilleen tietokannassa.



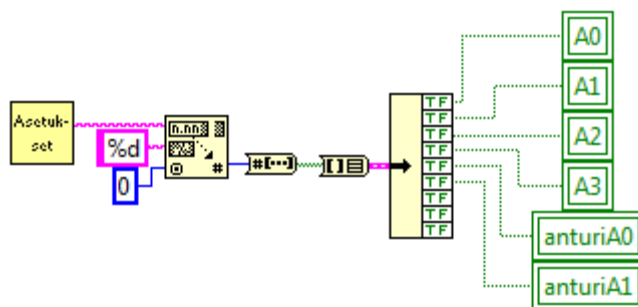
KUVIO 15. SQL-lausekkeen muodostaminen ja oikean kaavan käyttäminen.

#### 5.2.4 Asetuksien tallentaminen

Anturivalinnat tallentuvat automaattisesti, kun ohjelma sammutetaan 'Stop'-painikkeesta. Näin joka kerta ei tarvitse klikkailla asetuksia, kun ohjelman käynnistää, vaan voi jatkaa edellisen kerran astuksilla. Mittausväli ei kuitenkaan tallennu muistiin. Tallennusoperaatiossa luetaan anturivalinnoista true/false arvot ja rakennetaan arvoista totuusarvotaulukko. Taulukko muutetaan suoraan kokonaisluvuksi, joka taas muutetaan merkkijonoksi. Merkkijono tallennetaan tiedostoon. Ohjelmaa käynnistettäessä tehdään sama operaatio, mutta käänteisenä.



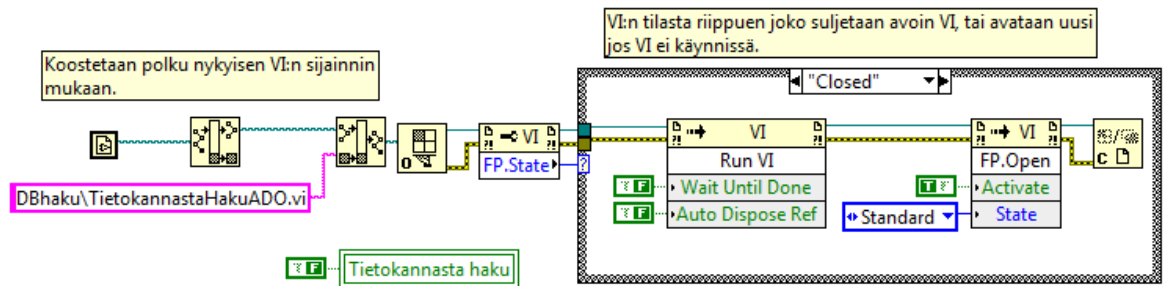
KUVIO 16. Asetuksien tallentaminen.



KUVIO 17. Asetusten hakeminen.

### 5.2.5 VI:n käynnistäminen VI:ssä

Pääohjelman lisäksi ohjelmistoon kuuluu erillinen VI jonka avulla voidaan hakea tietokannasta vanhoja mittaustuloksia. 'Hae Tietokannasta'-napin painallus suorittaa seuraavanlaisen operaation: Rakennetaan VI:lle tiedostopolku. Polun mukaan avataan viite VI:lle. Seuraavaksi tarkastellaan VI:n etupaneelin tilaa. Jos etupaneeli on käynnissä jossain taustalla, koko VI suljetaan. Mutta jos VI ei ole käynnissä voidaan VI käynnistää ja ottaa esille sen etupaneeli. Näin VI:tä ei avata silloin, kun se on jo käynnissä, eikä virhettä pääse tapahtumaan.



KUVIO 18. VI:n avaaminen.

### 5.3 Tietokannasta hakeminen

Tietokannasta vanhojen mittausarvojen hakeminen onnistuu erillisellä VI:llä, joka käynnistetään mittausohjelmistosta. Erillisen VI:n ansiosta itse mittausohjelmiston toiminta ei keskeydy. Hakuohjelmiston ylälaidasta valitaan, miltä aikaväliltä tietoja halutaan noutaa tietokannasta. Haun suorittaminen tapahtuu vihreästä 'Hae Tietokannasta'-painikkeesta. Haetut tiedot näytetään alhaalla olevissa välilehdissä.

Kaikki haetut mittautulokset tulevat näkyviin ensimmäisen välilehden taulukkoon. Taulukko voidaan tallentaa Excel-taulukoksi joko kokonaan, tai valita halutut arvot tietyltä väliltä ja tallentaa nämä arvot Excel-taulukoksi. Haetut tiedot esitetään myöskin omina kuvaajina, joista jokaiselle (lämpötilalle, paineelle ja kosteudelle) löytyvät omat kuvaajansa. Kuvaajat voidaan tallentaa JPEG-tiedostoksi. Tiedostoja voidaan käyttää mm. raporttien liitteeksi. Ohjelma lopetetaan 'Sammuta'-painikkeella.

**CENTRIA**  
TUTKIMUS JA KEHITYS

### Tietokannasta hakeminen

Alkaen: 15:16 07/11/2010      Päättyen: 15:16 08/11/2010

Taulukko:

Haetut arvot

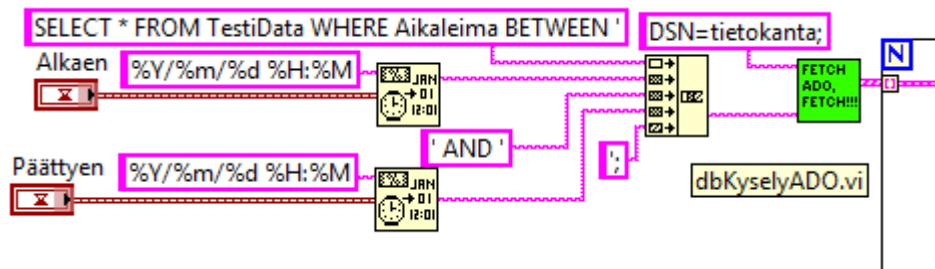
Aikaleima	TC0	TC1	TC2	TC3	Paine0	Paine1	H1	H2	H3	H4
2010/11/08 13:20:05	7,28	0,20	3,65	0,11	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	9,90
2010/11/08 13:20:10	3,46	7,70	3,21	9,65	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,70
2010/11/08 13:20:15	1,98	7,44	6,70	6,69	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	9,03
2010/11/08 15:02:41	9,27	4,90	4,98	3,70	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	5,23
2010/11/08 15:02:46	6,13	8,11	4,20	4,07	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	1,26
2010/11/08 15:02:51	0,26	5,41	2,70	2,63	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,23
2010/11/08 15:02:56	5,16	6,74	0,46	7,48	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	7,08
2010/11/08 15:03:01	2,80	6,15	5,83	3,87	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00
2010/11/08 15:03:06	6,71	4,24	1,02	2,67	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	6,39
2010/11/08 15:03:11	7,27	2,40	1,55	3,83	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	6,55
2010/11/08 15:03:16	9,90	8,99	5,16	7,95	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	1,05
2010/11/08 15:03:21	7,56	8,60	5,88	2,47	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	9,04
2010/11/08 15:03:26	5,53	8,80	0,78	3,62	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	8,15
2010/11/08 15:03:31	2,12	8,51	8,99	5,56	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	6,76
2010/11/08 15:03:36	9,22	2,46	8,97	0,51	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	6,31
2010/11/08 15:03:41	6,82	3,35	3,35	2,30	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,43
2010/11/08 15:03:46	5,66	9,62	4,84	4,92	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,79
2010/11/08 15:03:51	0,14	5,48	6,62	6,51	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,05
2010/11/08 15:03:56	1,16	9,20	7,80	1,71	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	6,98
2010/11/08 15:04:01	7,97	7,14	9,30	7,08	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	5,15

KUVIO 19. Tietokannasta haun etupaneeli.

### 5.3.1 Mittaustulosten hakeminen

Mittaustulosten hakemiseen käytetään samaa SQL Execute.vi:tä kuin tietokantaan kirjoittamisessa (LIITE 2). Kirjoittamisessa vain ilmoitettiin SQL-lausekkeessa, mitä arvoja tallennetaan taulukon mihinkäkin sarakkeeseen. Haettaessa määritetään SQL Execute.vi palauttamaan tietoa. Hakeminen toimii samoin kuin kirjoituskin; avataan yhteys tietokantaan, suoritetaan SQL-lauseke ja suljetaan tietokanta-yhteys. dbKyselyADO.vi palauttaa taulukkona tietokannasta haetut tiedot. Taulukko käydään läpi ja erotellaan arvot oikeisiin kuvaajiin.

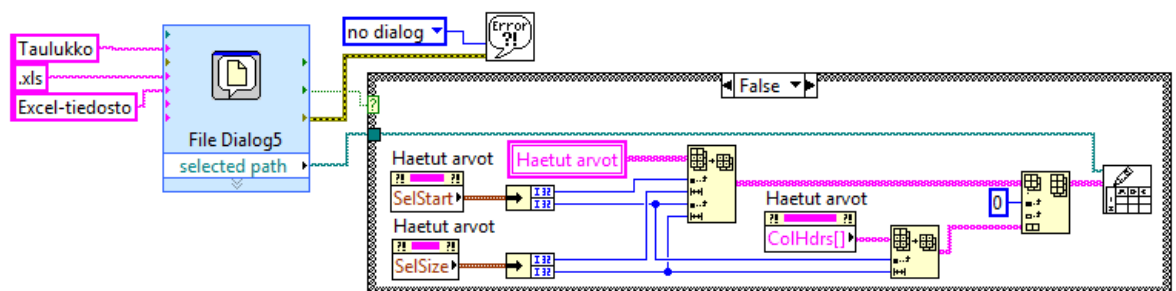


KUVIO 20. Hakulausekkeen muodostaminen.

### 5.3.2 Taulukon arvojen vieminen Exceliin

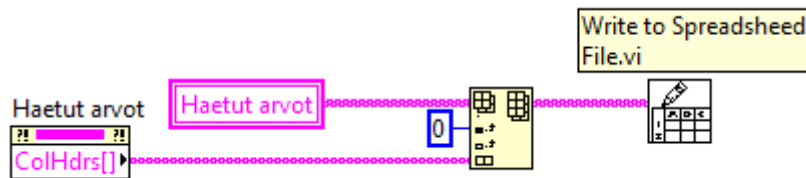
Haettu taulukko voidaan tallentaa joko suoraan sellaisenaan Excel-tiedostoksi, tai valita arvot halutulta väliltä ja tallentaa ne tiedostoon. Vientipainikkeen klikkaus avaa ruutuun tiedostopolun kyselyyn. Tiedosto voidaan tallentaa halutulla nimellä johonkin hakemistoon. Tiedostolle on asetettu oletusnimi Taulukko.xls, mutta tiedostonimen voi tietysti muuttaa. Jos tiedostopolun kysely keskeytetään, File Dialog palauttaa arvon 'true' ja tallentaminen jätetään tekemättä.

Onnistuneen tiedostopolun luonnin jälkeen koostetaan Excel-tili niin, että ohjelman taulukosta luetaan otsikkotiedot jokaiselle pystyriville. Näin Exceliin kasattu taulukko näyttää samalta kuin ohjelmiston taulukko. Huomioitavaa on luodun Excel-tilin tarkastelussa se, kuinka Excel näyttää päivämäärä tiedon. Solun määrittämiä muuttamalla saa myös sekunnit näkymään päivämäärä tiedosta. Oletuksena Excel ei näytä sekunteja.



KUVIO 21. Valittujen arvojen tallentaminen Excel-tiedostoon.

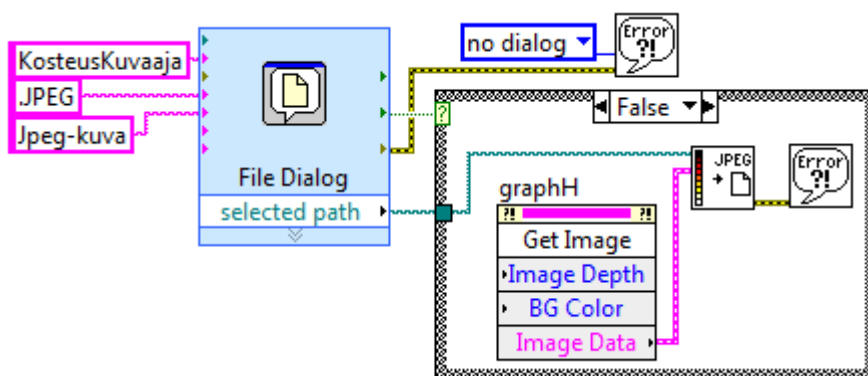




KUVIO 22. Taulukon tallentaminen Excel-tiedostoon.

### 5.3.3 Kuvaajan tallennus

Ohjelmisto näyttää haetut tiedot taulukon lisäksi myös omilla kuvaajissaan. Kuvaaja pystytään tarpeen mukaan tarkastelemaan paremmin kuvaajan vasemmassa alalaidassa olevan kolmen painikkeen avulla. Kuvaajan pystyy tallentamaan JPEG-kuvatiedostoksi painamalla 'Tallenna'-painiketta kuvaajan alapuolella oikealla. Jokaisella välilehdellä on tällainen painike ja se tallentaa kyseisellä välilehdellä olevan kuvaajan. Kuvaajan tallennus toimii samalla periaatteella kuin Excel-tiedoston tallennus, mutta kaapataankin kuva ja tallennetaan se JPEG-formaattiin.



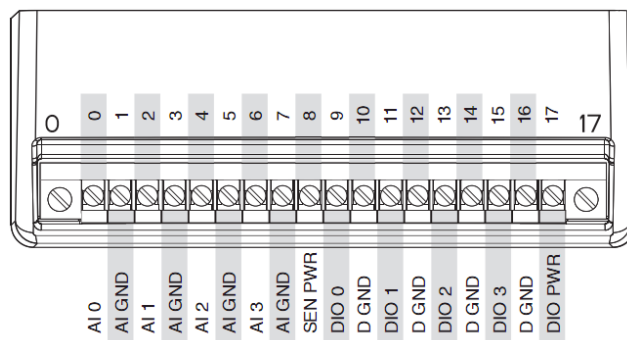
KUVIO 23. Kuvaajan tallennus

### 5.4 Anturit ja antureiden kytkeminen

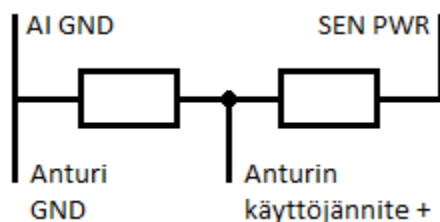
Antureina tässä työssä käytettiin kahta ilmanpaineanturia ja yhtä ilmankosteusanturia analogisella mittaussolmulla. Termoparisolmulla käytettiin lämpötilan mittaamiseen kahta J-tyyppin ja kahta K-tyyppin termoparilankaa. Ilman-paineen mittaamiseen ominaisuuksiltaan sopivimmaksi osoittautui Freescale

Semiconductor:in MPXAZ6115A-anturi. Anturi toimii lineaarisesti mittaussolmu-tilassaan ja sietää hyvin kosteutta. Ilmankosteuden mittaamiseen käytettiin Honeywell:in HIH-4000-anturia, joka antaa ulostulona lineaarisen jännitteen riippuen sisääntulojännitteestä. Ilmanpaineanturit liitettiin mittaussolmun kanaviin A0 ja A1 jännitteenjakokytkennällä, ilmankosteusanturi liitettiin kanavaan A2. Ilmankosteusanturille oli valmiiksi rakennettu jännitteensovitus 12:sta voltista 5:een volttiin. (Freescale Semiconductor 2007, Honeywell 2010)

Antureiden kytkeminen tapahtuu liittämällä anturi johonkin neljästä sisääntulosta. Kaikkiin neljään voidaan liittää kosteusanturi, mutta paineantureille on varattu kanavat A0 ja A1. Antureille saadaan käyttöjännite *SEN PWR*-liittimestä. Liittimestä tuleva jännite on 12 voltia. Joillekin pienemmille elektroniikassa käytettäville antureille tämä jännite on liikaa ja jännite joudutaan pienentämään esimerkiksi kytkemällä kaksi vastusta sarjaan ja viemällä vastusten välistä käyttöjännite anturille (KUVIO 25). Kytkennän toinen vastus voidaan korvata sopivan kokoisella zenerdiodilla, joka päästää estosuunnassa zenerjännitteen. Anturin maadoitus kytketään kanavan mittaussolmun maahan *AI GND*, anturin signaalijohdin tulee luonnollisesti haluttuun kanavaan A0-A3.



KUVIO 24. NI WSN-3202:n liittimet



KUVIO 25. Jännitteenjakokytkentä

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Työssä tavoitteena oli tutkia National Instrumentsin NI-WSN mittausjärjestelmän toimintaperiaatetta ja mahdollisuuksia. Rakentaa verkko ja laatia siitä käyttöönotto-ohjeet. Mittausjärjestelmään tutustuminen aloitettiin selailemalla valmistajan Internet-sivuja ja tutustumalla järjestelmästä saatavilla oleviin tiedostoihin. Yhdistelmällä tietoa eri lähteistä kokoon saatiin aika kattava yleiskuva laitteen toimintaperiaatteesta ja sen mahdollisuuksista. Järjestelmässä käytössä olevan verkkoprotokollan selvittäminen tuotti niukat tulokset, sillä NI-WSN protokolla on suljettu, eikä siitä ole luovutettu tarkkaa tietoa ulkopuolisille. Tavoitteena oli myöskin rakentaa CENTRIAn olosuhdelaboratorioon mittausohjelmisto käyttäen NI-WSN mittausjärjestelmää. Ohjelmisto valmistui, sisältää vaaditun toiminnallisuuden ja toimii vakaasti.

Sensoriverkkoon voisi tulevaisuudessa liittää lisää mittaussolmuja. Tätä mahdollisuutta ei ole ohjelmassa kuitenkaan otettu huomioon. Jos halutaan lisätä mittaussolmuja, täytyy ohjelmaan ja tietokantaan tehdä mittaussolmujen määrän ja tyyppin mukaan muutoksia. Hankaluuksia varmasti tuottaa se, kuinka otetaan huomioon liitettävän mittaussolmun tyyppi ja se, millaisia arvoja solmu lähettää sekä kuinka niitä tulisi ohjelmassa käsitellä ja esittää. NI-WSN ajurikirjaston mukana tulee valmiit ohjelmapalikat mm. gatewayn sekä mittaussolmujen tietoihin käsiksi pääsemiseksi. National Instrumentsin verkkosivuilta löytyy useita esimerkkejä kuinka niitä voisi käyttää. Mittaussolmujen lisääminen ohjelmassa on siis hyvinkin mahdollista.

Mittaussolmujen ohjelmoitavuutta olisi voinut käyttää hyväksi, mutta toisaalta se olisi ollut vain ominaisuuksilla kikkailua. Analogisen mittaussolmun NI WSN-3202:n olisi voinut ohjelmoida antamaan suoraan oikeaan muotoon muutetun arvon. Tämä olisi onnistunut lähettämällä uusi kaava mittaussolmulle mittausohjelmasta. Myöskin virransäästöä olisi voinut parantaa, sillä nyt mittaussolmut ottavat näytteet muutaman sekunnin välein. Näytteenottovälin pystyisi helposti muuttamaan solmulle lähetetyllä radioviestillä ja ohjelmoimalla solmu käsittelemään radioviesti oikein.

Ohjelmointia olisi helpottanut, jos olisin tehnyt vaatimusmäärittelyn ennen kuin aloitin ohjelmoinnin. Tietenkin ajatus kävi mielessä, mutta ajattelin ohjelmiston käyttötarkoituksen olleen itselläni sen verran hyvin mielessä, ettei vaatimusmäärittelyä tarvita. Itse ohjelmointia vaatimusmäärittely olisi jouduttanut huomattavasti: Olisi tiennyt tasan tarkkaan milloin ohjelma on sen tasoinen, että sen voi sanoa kattavan asiakkaan tarpeet. Ilman määrittelyä sortuu helposti kikkailuun lisäämällä ohjelmaan ominaisuuksia vähän kerrallaan ja asiakas voi helposti kasvattaa ominaisuuslistaa.

Eihän tämäkään opinnäytetyö olisi mitään ilman vastoinkäymisiä. Mittaussolmujen ohjelmointia kokeiltaessa ensimmäistä kertaa mittaussolmut menivät täysin pimeäksi, eivätkä toimineet enää sen jälkeen. Asiassa auttoi enää yhdeydenotto National Instrumentsin tuotetukeen ja koko kitin lähettäminen Yhdysvaltoihin. Onneksi uudet laitteet tulivat kahden viikon kuluttua ja hommiin pääsi pian käsiksi. Vika ei ollut laitteissa itsessään vaan LabVIEW:n kääntämässä .pkg-tiedostossa. Laitteajureita asennettaessa jotain moduuleita oli päässyt asentumaan väärin, vaikka sen ei olisi pitänyt olla mahdollista. Tuloksena LabVIEW:n kääntämä .pkg-tiedosto oli korruptoitunut ja hajoitti mittaussolmun kotikonstein korjaamattomaksi.

Ohjelmia oli myös mittaussolmujen ohjelmointiin vaaditun LabVIEW Module Pioneer 2009:n asennuksen kanssa. Module Pioneer 2009 ei suostunut asentumaan LabVIEW 2009 SP1:n kanssa. Pioneerin asennusohjelma ilmoitti, ettei LabVIEW:n SP1-versio ole yhteensopiva Pioneerin kanssa. LabVIEW 2009 SP1-versio poistettiin ja tietokoneeseen asennettiin vanhempi LabVIEW 2009-versio. Lopulta päädyttiin asennukseen, jossa tietokoneella oli asennettuna LabVIEW 2009 ja LabVIEW Module Pioneer 2009 SP1. Pioneerin SP1-versio olisi todennäköisesti asentunut ongelmitta LabVIEW 2009 SP1:n kanssa, mutta SP1-versiota Pioneerista ei ollut vielä ensimmäisiä asennuksia tehtäessä saatavilla.

Mittaustulosten todenmukaisuuden varmistamiseksi analogiseen mittausolmuun kytketyt anturit tulisi kalibroida. Kalibroimalla ohjelmaan olisi saanut kaavat, joita käyttämällä jännitearvon saisi muutettua mahdollisimman paljon todellisuutta vastaavaksi. Ohjelmaa varten en kalibroinut antureita ollenkaan, vaan poimin kaavat antureiden omista datalehtisistä. Ohjelmassa on toki mahdollisuus

kaavojen päivittämistä varten, joten ohjelmointiin ei tarvitse ainakaan kalibroinnin vuoksi koskea.

Työn ansiosta LabVIEW-osaamiseni parani huomattavasti ja opin ohjelmoinnissa monta näppärää niksä, enemmän kuin mitä kursseilla kerkeisi oppimaan. Parhaimpana puolena työn tekemisessä tunsin juuri LabVIEW-ohjelmoinnin, jossa erityisen kiinnostavaa oli hakea johonkin pulmaan ratkaisu. Myös SQL-tietokantojen ymmärrys parani kummasti, kun niiden kanssa oli tekemisissä. NI-WSN mittausjärjestelmällä oli vastoinkäymisistä huolimatta erittäin mielekästä puuhastella ja laitteisiin tutustuminen oli mielenkiintoista.

## LÄHTEET

### Painetut:

Travis, J. 2002. LabVIEW for Everyone. New Jersey: Prentice Hall PTR.

### Sähköiset julkaisut:

Freescale Semiconductor. 2007. Technical Data. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/MPXAZ6115A.pdf?fsp=1](http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPXAZ6115A.pdf?fsp=1). Luettu 22.11.2010.

Honeywell. 2010. Product page. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://sensing.honeywell.com/index.cfm?ci\\_id=140301&la\\_id=1&pr\\_id=145588](http://sensing.honeywell.com/index.cfm?ci_id=140301&la_id=1&pr_id=145588). Luettu 22.11.2010.

National Instruments. 2010a. NI WSN Product and Configuration Guide. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/8710>. Luettu 22.07.2010.

National Instruments. 2010b. User guide and specifications - NI 9792 WSN Real-Time Gateway. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ni.com/pdf/manuals/372998a.pdf>. Luettu 23.07.2010.

National Instruments. 2010c. Wireless Sensor Network Programmable Analog Input Measurement Nodes. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.ni.com/pdf/products/us/cat\\_wsn32xxprog.pdf](http://www.ni.com/pdf/products/us/cat_wsn32xxprog.pdf). Luettu 02.08.2010.

National Instruments. 2010d. Wireless Sensor Network Topologies and Mesh Networking. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/11211>. Luettu 14.08.2010.

National Instruments. 2010e. WSN FAQ. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/8735>. Luettu 19.08.2010.

National Instruments. 2010f. NI WSN-3202 User Guide and Specifications. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ni.com/pdf/manuals/372775d.pdf>. Luettu 31.08.2010.

Pietiko Oy. 2009. Termopari lämpötila-anturina. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.pietiko.fi/mittarikirjallisuus/Termopari.pdf>. Luettu 20.07.2010.

Zigbee Alliance. 2008. Zigbee Specifications Document. Www-dokumentti.  
Saatavissa:  
<http://www.zigbee.org/ZigBeeSpecificationDownloadRequest/tabid/311/Default.aspx>.  
Luettu 25.08.2010.

## NI-WSN Käyttöohje

Tässä käyttöohjeessa käydään läpi National Instruments WSN-laitteiden käyttöönotto, mittausarvojen lukeminen mittaussolmuilta, ja mittaussolmujen ohjelmointi.

### Tarvittavat laitteet ja ohjelmistot

NI WSN-9791 gateway-laite + ethernet kaapeli  
NI WSN-3212 termoparimittaussolmu  
tai/ja NI WSN-3202 analoginen mittaussolmu

PC-tietokone, johon asennettu;  
LabVIEW 2009 SP1  
Measurement & Automation Explorer  
LabVIEW 2009 WSN Module Pioneer SP1

### NI-WSN Gateway:n liittäminen

Liitetään gateway-laite PC-tietokoneeseen tai lähiverkkoon Ethernet-kaapelin avulla.

Avataan Measurement & Automation Explorer (MAX).  
Laajennetaan *Remote Systems* -> *MAX* aloittaa laitteiden etsinnän.

MAX:in pitäisi havaita *NI WSN-9791 gateway*.

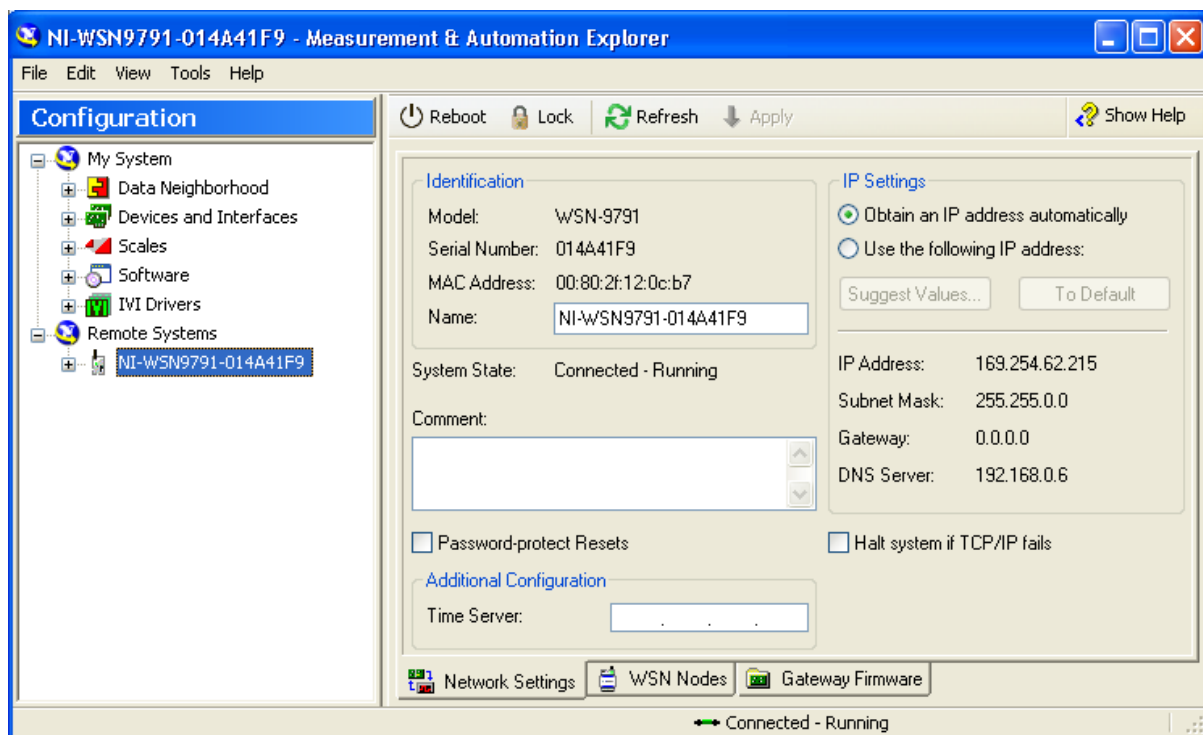
Jos laite on eri verkossa, voidaan kokeilla lisätä laite manuaalisesti klikkaamalla *Remote Systems* oikealla hiiren painikkeella ja valitsemalla '*Create New*' -> '*WSN Gateway*'.

Laitetta voi etsiä manuaalisesti joko laitteen IP:n perusteella (jos tiedossa, tai määritetty aiemmin), tai DHCP:n rekisteröidessä automaattisesti nimet, kirjoittamalla "NI-WSN9791-(laitteen sarjanumero)".



## Gateway:n asetukset

Measurement & Automation Explorerin löydettyä gateway-laite, valitaan laite Remote Systems:in alle tulevasta listasta. Valitaan välilehdeltä 'Network Settings'.



*Network Settings*-välilehdeltä voidaan muuttaa laitteen nimeä, asettaa laitteelle pysyvä IP-osoite ja ilmoittaa aikaserverin IP.

*WSN Nodes*-välilehdeltä nähdään verkossa olevat mittaussolmut, sekä niiden tiedot. Mittaussolmuja pystyy lisäämään tai poistamaan tämän välilehden kautta.

*Gateway Firmware*-välilehdeltä näkee laitteen nykyisen firmwaren.

Muutosten jälkeen painetaan 'Apply'-painiketta.

Gateway-laite käynnistyy uudestaan muutosten hyväksymisen jälkeen.

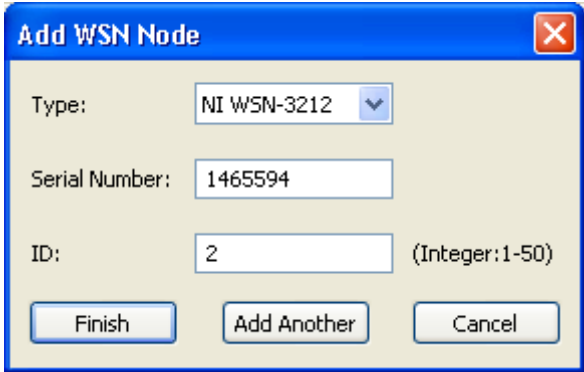
## Mittaussolmun lisääminen

Avataan Measurement & Automation Explorer.

Laajennetaan *Remote Systems* - > Valitaan käytettävä NI-WSN Gateway-laite.

Laitteasetukset tulevat näkyviin palstalle oikealla. Valitaan *WSN Nodes*-välilehti.

Klikataan *'Add WSN Node'*. Näyttöön ilmestyy *'Add WSN Node'*-ikkuna.



Tyypiksi valitaan lisättävän mittaussolmun tyyppi. Laitteen takaa luetaan mittaussolmun sarjanumero. ID:ksi käy mikä luku tahansa väliltä 1-50. Jo käytössä olevaa lukua ei tietenkään voi käyttää.

Klikataan *'Finish'*. Laite ilmestyy WSN-välilehdessä olevaan listaan. Tallennetaan verkkoon tehdyt muutokset klikkaamalla *'Apply'*-nappia.

Painetaan lisätyn mittaussolmun verkkoon yhdistämis-nappia pohjassa muutaman sekunnin ajan. Solmu aloittaa verkon hakemisen vilkutellen ledejä järjestyksessä. Kun verkko löytyy, mittaussolmu vilkuttaa kaikkia valoja pari kertaa (näyttäen signaalin laadun, täydet neljä pykälää = paras) ja pimenee täysin. Verkkoon lisäämisen jälkeen lyhyt painallus näyttää verkon signaalin laadun.

Lopulta klikkaillaan vielä MAX:ista *'Refresh All'*-painiketta. WSN Nodes listaan pitäisi päivittyä tiedot lisätystä noodista. Jos tiedot eivät päivyty, kokeile yhdistää solmu uudelleen painamalla laitteen yhdistämis-nappia.

## Mittaussolmun poistaminen

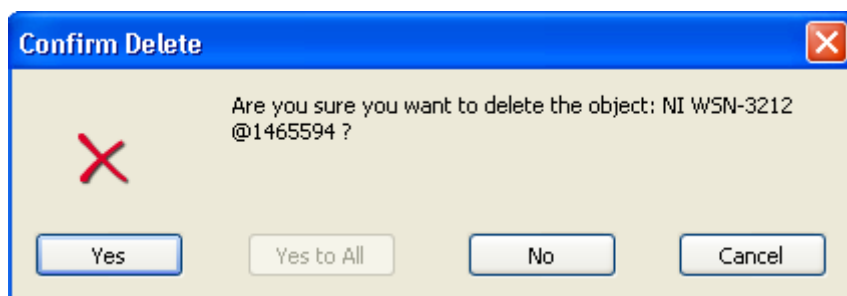
Avataan Measurement & Automation Explorer.

Laajennetaan *Remote Systems* - > Valitaan käytettävä NI-WSN Gateway-laite.

Laitteasetukset tulevat näkyviin palstalle oikealla. Valitaan *WSN Nodes*-välilehti.

Valitaan listasta poistettava mittaussolmu ja klikataan "delete".

Näyttöön ilmaantuu varmistusviesti.



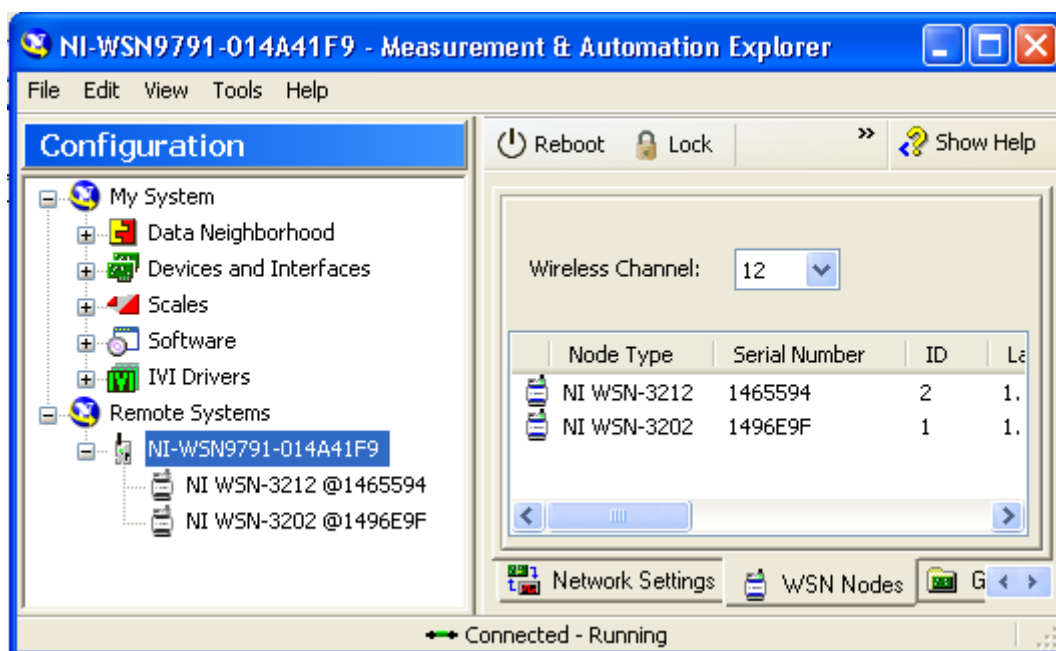
Klikataan 'Yes'-painiketta. Mittausnoodi katoaa listasta. Lopuksi klikataan 'Apply'-nappia jotta juuri tehdyt verkon muutokset tallentuvat Gateway-laitteeseen.

## NI-WSN:n käyttäminen

Kun Gateway-laitteen asetukset ovat kunnossa, ja verkkoon on kytketty mittaussolmu(ja), voidaan tehdä mittauksia NI-WSN mittaussolmuilla LabVIEW-ohjelmaa käyttäen.

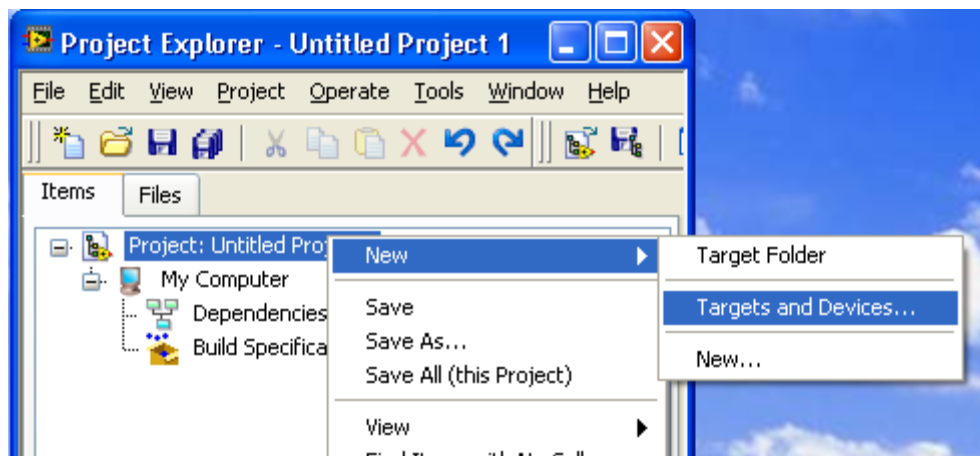
### 1. Arvojen lukeminen mittaussolmuilta

Laitteasetukset voi tarkastaa Measurement & Automation Explorerista laajentamalla *'Remote Systems'*-hakemistopuu ja tarkastelemalla haluttua laitetta valitsemalla se.



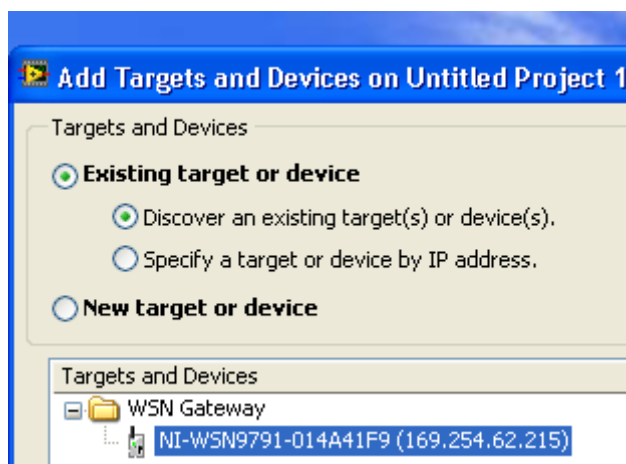
Käynnistetään LabVIEW-ohjelma.

Luodaan uusi projekti, klikataan *New 'Empty Project'*.



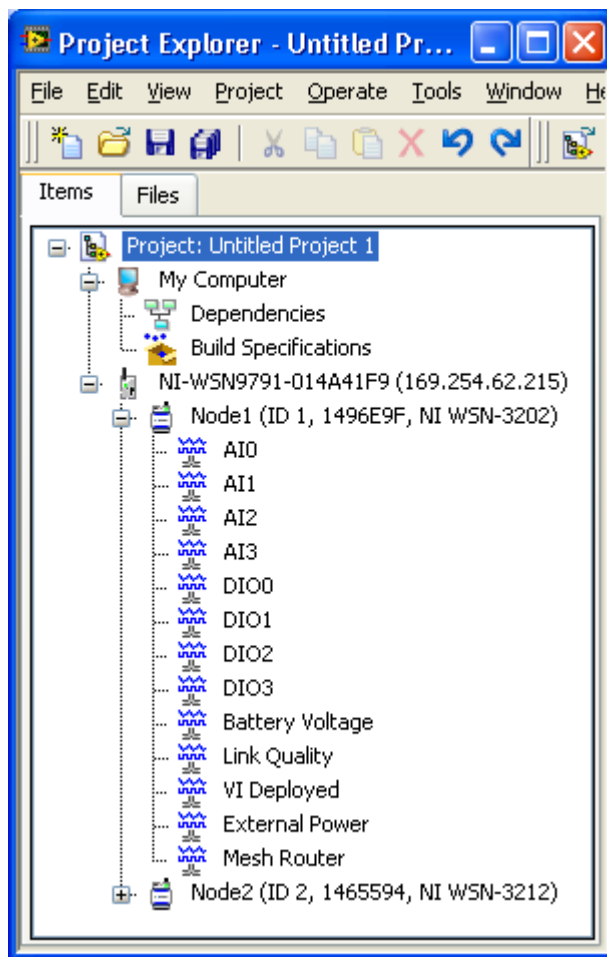
Lisätään NI-WSN laitteet juuri luotuun uuteen projektiin klikkaamalla oikealla hiiren painikkeella projektia. Valitaan valikosta 'New' -> 'Targets and Devices...'

Avautuu ikkuna 'Add Targets and Devices on...'



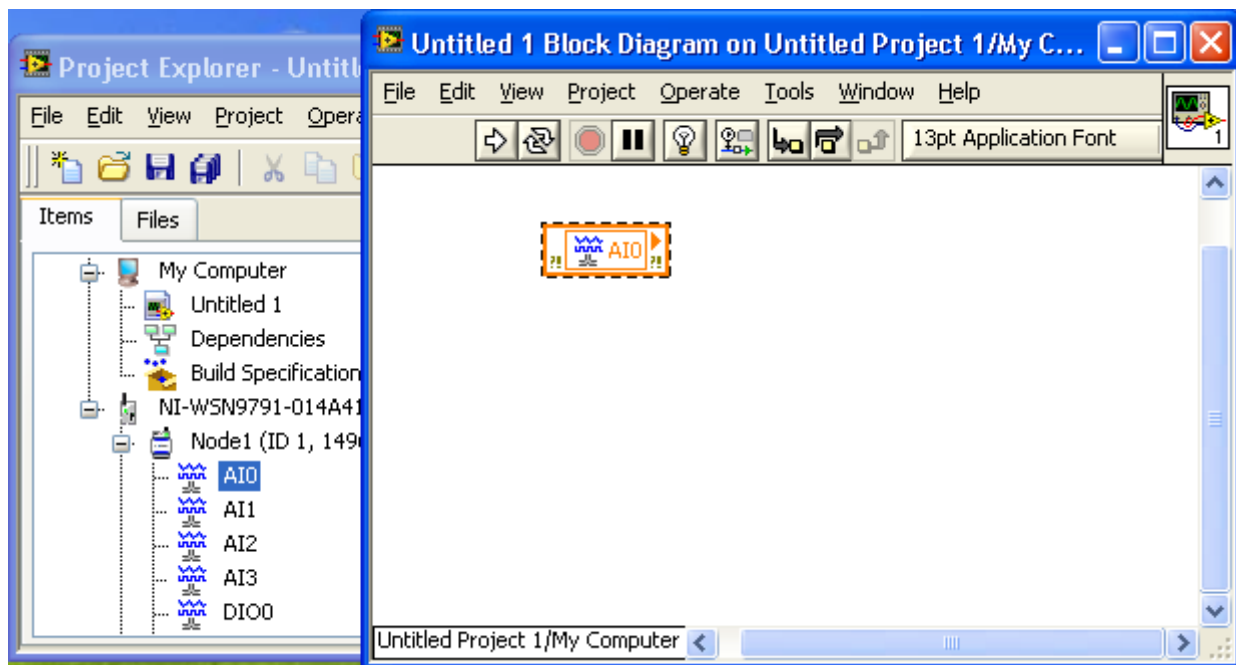
Klikataan täppi 'Existing target or device'-kohtaan. Laajennetaan WSN Gateway hakemistopuu ja valitaan listasta käytettävä NI-WSN gateway-laite.

Klikataan 'OK'. Gateway-laitteen tiedot haetaan projektiin. Hetken kuluttua gateway-laite näkyy projektin hakemistopuussa. Laajentamalla saadaan näkyviin gateway:n alaisuudessa toimivat mittaussolmut. Mittaussolmun laajentamalla nähdään mittaussolmun I/O-liitännät sekä muut solmulta saatavat ominaisuudet.

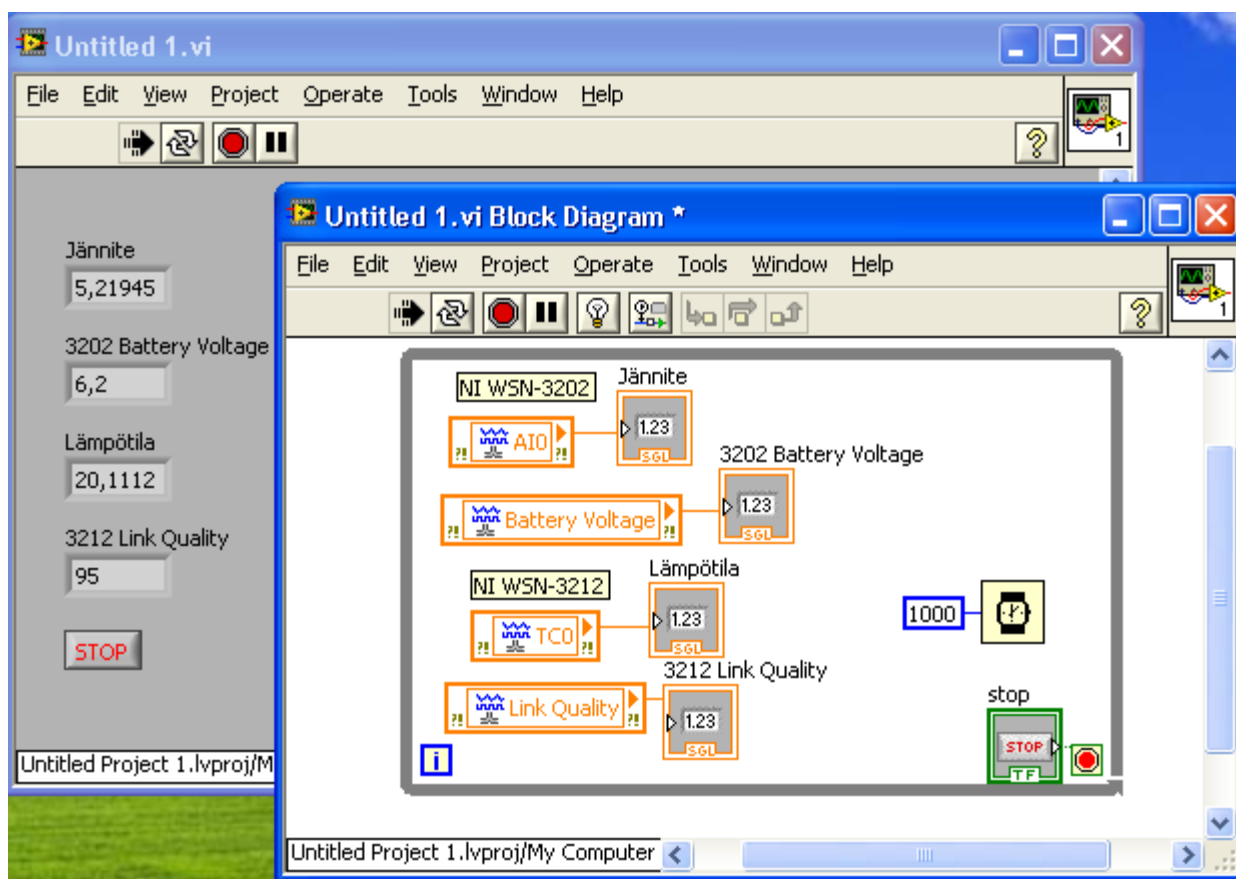


Lisätään projektiin uusi tyhjä VI-tiedosto. Klikataan *'File' -> 'New VI'*.  
Siirrytään uuden VI:n lohkokaaaviopuolelle.

Mittaussolmujen lisääminen VI:iin tapahtuu valitsemalla haluttu Input tai Output  
Project Explorerin hakemistopuusta, ja vetämällä se VI:n lohkokaavioon.



Vi:iin voidaan lisätä useita eri liitäntöjä eri mittaussolmuilta. Kuvassa alla analogiselta mittaussolmulta luetaan jännite (kytkettynä potentiometri) sekä laitteen paristojen jännite. Termoparisolmulta luetaan lämpötila (kytketty J-tyyppin termopari) ja langattoman verkon laatu.



Huom! Jossain tapauksissa LabVIEW antaa VI:tä käynnistettäessä virheen *IAK\_SHARED Object in use*, kun käytössä on useampi mittaussolmu. Pulmaan auttaa solmujen ID-numeroiden vaihtaminen MAX:issa.

## 2. Mittaussolmujen asetukset

Project Explorerin kautta pääsee käsiksi mittaussolmujen asetuksiin klikkaamalla haluttua solmua oikealla hiiren painikkeella, ja valitsemalla avautuvasta valikosta *'Properties'*. Analogisen mittaussolmun asetuksista voidaan säätää jokaiselle neljälle sisääntulokanavalle kanavan mittaalue ( $\pm 10$  V,  $\pm 5$  V,  $\pm 2$  V ja  $\pm 0.5$  V).

Termoparisolmun sisääntuloille voidaan määrittää termoparilangan tyyppi (J, K, T, E, R, S, N ja B), ja mitattava lämpötilasuure (Celsius, Kelvin, Fahrenheit ja jännite). Mittaussolmun sisään on ohjelmoitu valmiiksi muunnostaulukot eri termoparityypeille. Halutessaan voi käyttää omaa muunnoskaavaa, mutta se pitää ohjelmoida joko mittaussolmuun (ks. mittaussolmun ohjelmointi) tai mittausohjelmaan.

Analogisen-, sekä termoparisolmun digitaaliset I/O-kanavat voidaan asettaa toimimaan *Tristate*, *Drive High only* jne. tiloissa. Nämä ovat digitaalisen ulostulon eri kytkemismalleja, kytkentäesimerkkejä löytyy mittaussolmun omasta manuaalista.

Propertiesin *'Node'*-välilehdeltä voidaan muuttaa mittaussolmun nimi, ID, sekä näytteenottoväli. Analogisen mittaussolmun jännitelähde voidaan myös asettaa kytketympään päälle ennen näytteen ottamista (max. 250ms) tai asettaa se niin, että jännitelähde on aina päällä. Jännite on aina  $\sim 12$  V, jännitteen voi jakaa pienemmäksi esim. kahdella vastuksella.

## 3. Mittaussolmun asettaminen reitittävään tilaan ja firmwären päivitys

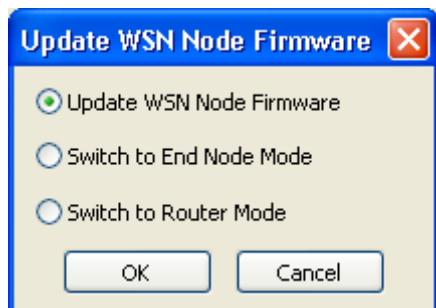
Reitittävään tilaan asettaminen vaatii laitteen firmwären vaihtoa. Firmwären mukaan mittaussolmu on joko päätesolmu tai reitittäväsolmu. Firmwären vaihtamisen päätteeksi laite käynnistää itsensä uudelleen ladataen käynnistyksessä uuden firmwären, ja yhdistää takaisin verkkoon.

Firmwären päivitys ja mittaussolmun tilan vaihto tapahtuu Measurement & Automation Explorerin kautta.



Laajennetaan '*Remote Systems*'-hakemistopuu, ja laajennetaan sen alle tuleva NI-WSN gateway.

Valitaan listasta haluttu mittausolmu. Klikataan '*Update Firmware*'-painiketta. Ilmaantuu '*Update WSN Node Firmware*'-ikkuna.

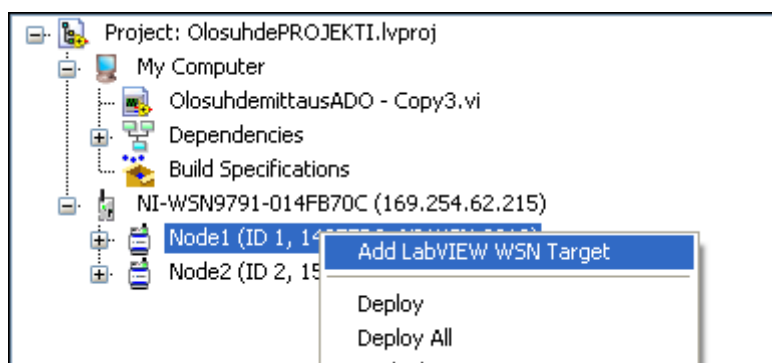


Valitaan haluttu toiminto, ja klikataan '*OK*'.

Ohjelma lataa uuden firmwaren mittausolmulle. Päivittymisen edistymisen näkee päivittämällä tilanteen etenemisen painamalla '*F5*'-nappia.

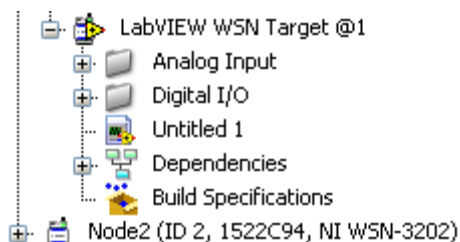
#### 4. Mittausolmun ohjelmointi

Mittausolmun ohjelmointi tapahtuu Project Explorerin kautta. Ennen ohjelmointia projektiin täytyy tuoda gateway jonka verkkoon on MAX:ssa liitetty halutut mittausolmut.

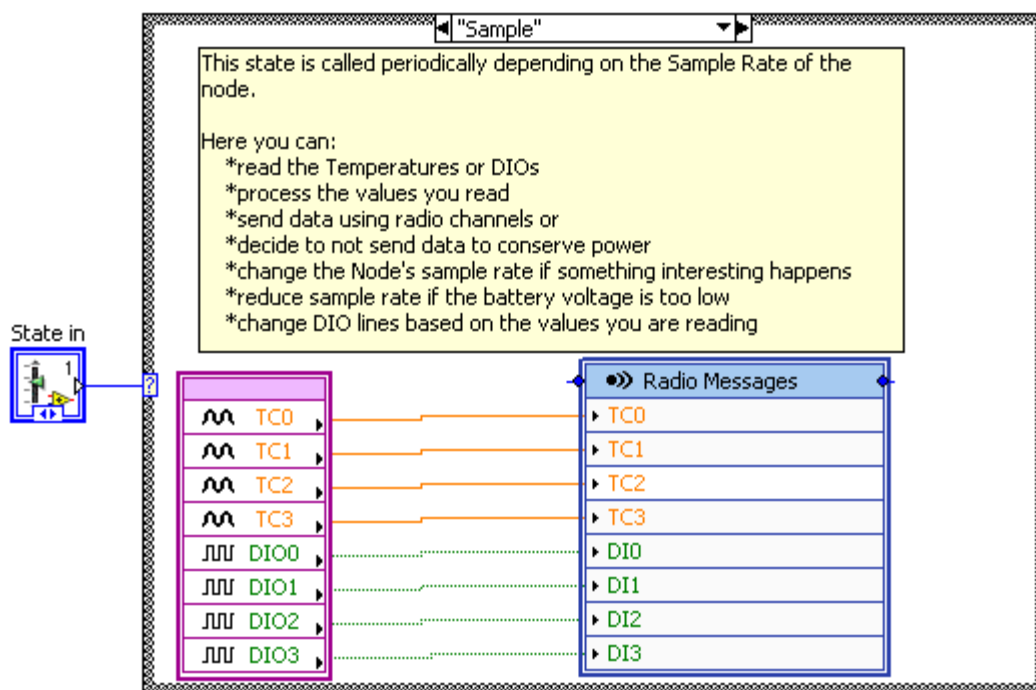


Valitaan ohjelmitava mittausolmu, klikataan solmua oikealla hiiren painikkeella ja valitaan avautuvasta valikosta '*Add LabVIEW WSN Target*'.

Mittaussolmuun lisätään VI jota muokkaamalla voidaan vaikuttaa mittaussolmun käyttäytymiseen. Myöhemmin ohjelmaan pääsee käsiksi laajentamalla ohjelmoitavan mittaussolmun hakemistopuu ja sieltä edelleen laajentamalla WSN Target-hakemistopuu.

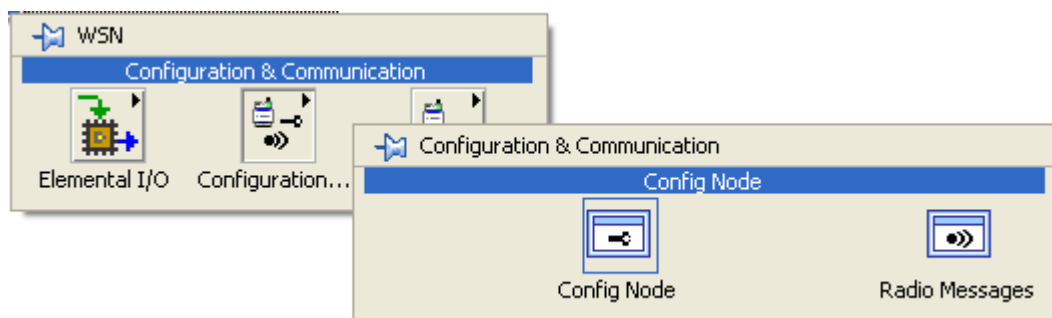


Ruutuun avautuu LabVIEW WSN Target:n tyhjä etupaneeli. Etupaneelilla ei tehdä tässä mitään, vaan siirrytään paljon kiinnostavampaan lohkokaavioon. Lohkokaavio näkyvässä nähdään mittaussolmun oletusohjelmointi, jonka mukaan mittaussolmu toimii tehdasasetusten palautuksen jälkeen. Tätä ohjelmaa voi muokata halutunlaiseksi kuten mitä tahansa LabVIEW-ohjelmaa. Kannattaa kuitenkin muistaa, että mittaussolmun resurssit ovat rajalliset eikä mitään mahdollottoman massiivista pystytä toteuttamaan solmussa.



Mittaussolmu toimii tilarakenteella. Sample-tila aktivoituu, kun mittaussolmun näytteenottoajastin saavuttaa sille asetetun arvon. Mittauskanavat luetaan ja lähetetään radioviestinä gatewaylle. Tälle välille voisi ohjelmoida esimerkiksi skaalaamista tai käyttää kalibrointikaavaa niin solmu lähettäisi valmiiksi prosessoidun mittauks tuloksen.

Receive-tila aktivoituu, kun mittausolmu vastaanottaa viestin gatewayltä. Oletuksena mittausolmu vastaanottaa viestin ja lähettää sen takaisin. Tätä voisi käyttää hyväksi esim. muuttamaan solmun näytteenottoväliä.



Mittausolmun ohjelmoitaessa tarvittavia palikoita löytyy funktiopaletin WSN-hakemistosta. Sieltä löytyy kaikki tarvittava kavavien lukemiseen, radioviestien lähettämiseen, käyttömuistin hallintaan ja mittausolmun asetusten säätämiseen.

Haluttujen muutosten jälkeen tallennetaan muokattu VI projektiin halutulla nimellä.

Klikataan 'RUN'-nappia, tai painetaan näppäinyhdistelmää Ctrl + R.

Seuraavaksi ilmaantuu kysymys uusien builder-määrytyksien luomisesta, vastataan 'YES'. Klikataan spesifikaatio-ikkunan oikeassa alalaidassa olevaa 'OK'-painiketta.

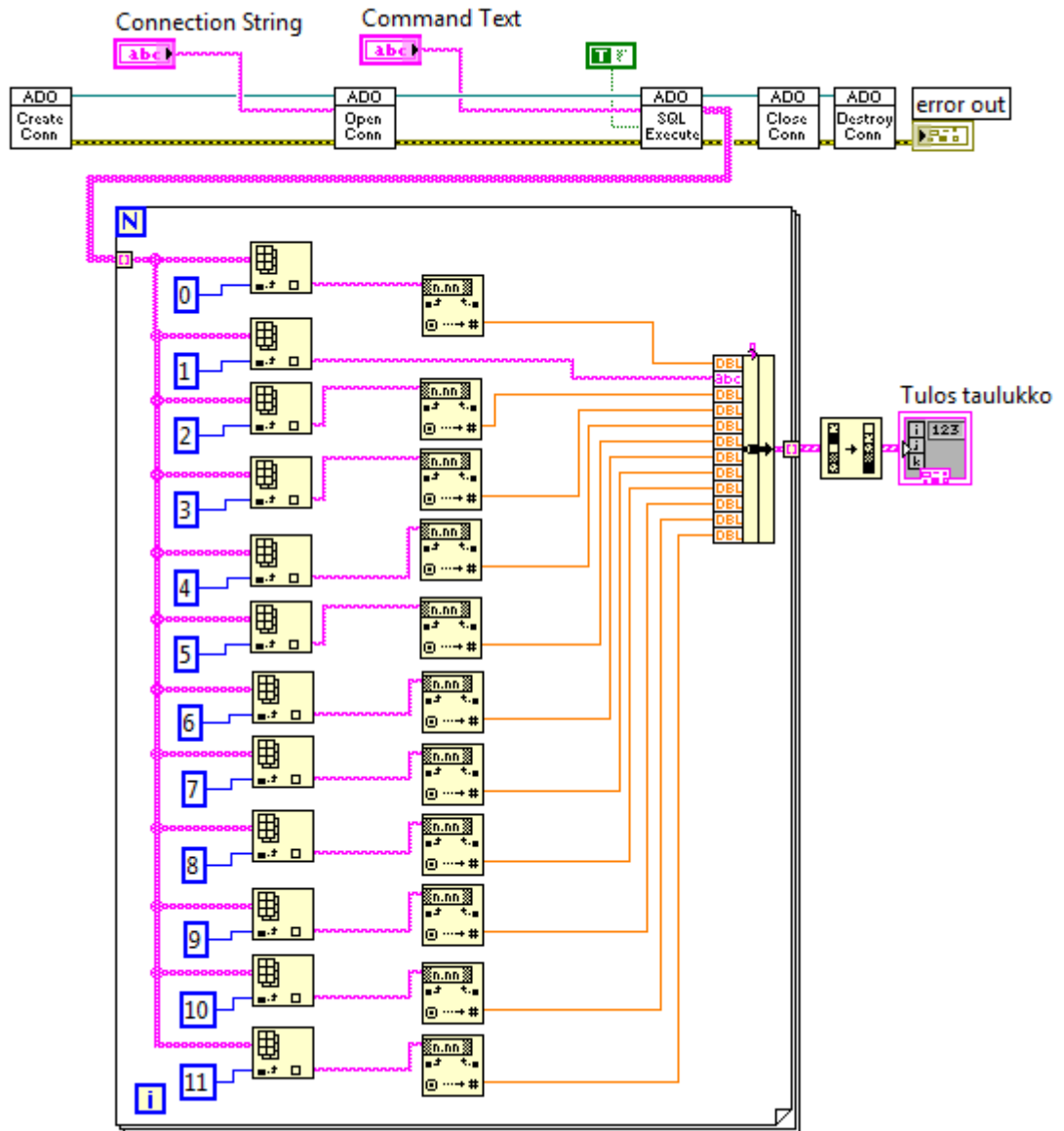
Ohjelma käännetään, jonka jälkeen ohjelma lähetetään mittausolmulle. Lähetyksen jälkeen mittausolmu käynnistyy uudelleen käyttäen uutta ohjelmointia.

## 5. Mittausolmun ohjelmoinnin poistaminen

Mittausolmun ohjelmointi voidaan poistaa Project Explorerin kautta. Valitaan haluttu mittausolmu ja laajennetaan hakemistopuu. Valitaan WSN Target ja klikataan sitä oikealla hiiren painikkeella. Avautuvasta valikosta valitaan 'Remove from Project'. Vahvistetaan valinta painamalla 'OK'. Tämän jälkeen valitaan mittausolmu ja klikataan oikealla hiiren painikkeella. Avautuvasta valikosta valitaan 'Deploy'.

Toinen vaihtoehto on palauttaa laitteen tehdasasetukset. Avataan mittausolmun patterikansi ja painetaan reset-nappia pohjassa noin kahdeksan sekuntia. Mittausolmu käynnistyy uudelleen hetken kuluttua oletusasetuksilla.

dbKyselyADO.vi



# Olosuhdemittaus.vi

