LIITE B

Laboratoriotyöohje

RADIOLINKKIJÄRJESTELMÄT Nokia MetroHopper 58 GHz



1. SISÄLLYSLUETTELO

I	IITE B	1
1.	SISÄLLYSLUETTELO	1
2.	LYHENTEET	2
3	ΙΑΒΟΡΑΤΟΡΙΟΤΥΟ	3
э.		
2	1 Esitiedot	3
-	2 RYHMA	
-	4 Tučiu suopitati autoriu	
-	5 TYÖN ADVOSTELLI	
-	 A DODATODIOTVÔNTALISTA 	
		4
4.	ESITEHTÄVÄT	5
_	TVÖQUUDET	-
5.	ТҮООНЈЕЕТ	7
4	1 LAITTEIDEN KYTKEMINEN	7
	5.1.1 Sisäyksikkö FIU 19	7
	5.1.2 Ulkoyksikkö	8
4	2 KYTKENTÄ 1: SUORA YHTEYS JA ANTENNIT SAMASSA HUONEESSA	9
	5.2.1 Kytkennät	10
	5.2.2 Yhteyden alustus (commissioning)	12
	5.2.3 Mittaukset ja kysymykset	15
4	.3 KYTKENTÄ 2: SUORA YHTEYS, JOSSA SIIRRETÄÄN PCM-SIGNAALI	15
	5.3.1 Mittaukset ja kysymykset	17
4	4 KYTKENTÄ 3: YHTEYS PASSIIVISEN PEILIN KAUTTA	18
	5.4.1 Antennin suuntaus AGC-jännitteen avulla	18
4	5 KYTKENTÄ 4: YHTEYS PASSIIVISEN PEILIN KAUTTA, JOSSA KULJETETAAN 2 MBIT/S SIGNAALI	20
	5.5.1 Verkkoanalysaattorin alustus ja signaalin generointi	20
	5.5.2 Kytkennät	21
	5.5.3 Mittaukset ja kysymykset	21
-	.6 KYTKENTA 5: MITTAUKSET TESTIPISTEESTA	
	5.6.1 Mittaukset ja kysymykset	23
6.	VAPAAVALINTAINEN OSUUS	25
í	1 Τλκλιςινκντκεννάτ	25
é	2 Ρακοτετία τοιμινιοτ	25
_ `		
7.	PALAUTE TYOSTA	26
0	ΜΑΤΈΡΙΑΑΙΙΑ	25
ð.	WAI DRIAALIA	
8	.1 Kirjallisuutta	27
8	2 KURSSIMATERIAALIA	27
8	3 STANDARDIT	27
8	4 INTERNET	
8	.5 MUUT JULKAISUT	29

2. LYHENTEET

AGC	Automatic Gain Control
FB1	Flexbus 1
FB2	Flexbus 2
FLPY	Floppy
GND	Ground
LMP	Local Management Port
MP	Measuring Point
RX	Receive
TSE	Test Sequence Errors (bit errors)
ТХ	Transmit

3.1 Esitiedot

Laboratoriotyö kuuluu osana kurssiin S-72.135 Fixed Radio Networks ja kurssin esitietokurssien tuntemusta tarvitaan myös tässä työssä. Kurssilla S-72.135 käytävien asioiden tuntemus helpottaa laboratoriotyön suorittamista sekä siten työstä oppii myös eniten.

3.2 Ryhmä

Laboratoriotyö tehdään kahden hangen ryhmissä.

3.3 Yleistä

Työ tehdään Tietoliikennetekniikan oppilaslaboratorion tiloissa huoneessa E305. Tavoitteena on, että työn suoritettuaan opiskelijalla on entistä vahvempi tietämys radiolinkkijärjestelmistä ja hän ymmärtää miten ja millaisissa paikoissa radiolinkkejä voidaan käyttää. Lisäksi 58 GHz:n taajuusalueen erityispiirteet tulevat tutuiksi. Työn tekijän tulee kuitenkin ymmärtää, että Nokia MetroHopper on vain yksi useista radiolinkkijärjestelmistä ja sitä käytetään tässä demonstroimaan linkkejä yleisesti.

Työn laajuudeksi on suunniteltu noin 15-20 tuntia riippuen tekijän lähtötasosta. Tästä 8-12 tuntia on varattu materiaaliin tutustumiseen ja asian opiskeluun, 3 tuntia itse laboratoriomittauksiin ja loput tulosten analysointiin. Työstä vastaa laboratorion opetushenkilökunta.

3.4 Työn suorittaminen

Aluksi laajennetaan omatoimisesti perustietämystä radiolinkkijärjestelmistä laboratoriotyömateriaalin ja kurssimateriaalin avulla. Lisäksi on tarjolla runsaasti kirjallisuutta asian syvempää tutkimista varten. Tämän jälkeen tulee suorittaa esitehtävät, jonka jälkeen varataan laboratoriotyöaika kolmeksi tunniksi kerrallaan. Esitehtävät ja palautusohjeet löytyvät kappaleesta 4. **Mikäli haluat ottaa** mittaustulokset sähköisessä muodossa talteen, ota oma disketti mukaan.

3.5 Työn arvostelu

Työ arvostellaan asteikolla hyväksytty / hylätty. Hylätyn työn saa korjattavaksi valvojalta.

3.6 Laboratoriotyön tausta

Työssä käytettävät laitteet on saatu lahjoituksena valmistajalta ja niistä on kehitetty laboratoriotyö. Lisäksi laitteilla voidaan tutkia mm. sään vaikutusta 58 GHz:n radiolinkkeihin. Käytössä on kuvan 1 mukainen laitteisto.



Kuva 1. Käytössä oleva laitteisto

4. ESITEHTÄVÄT

Esitehtävien ja laboratoriotyön tarkoituksena on antaa käytännön kuva radiolinkkijärjestelmien perusvalinnoista ja mahdollisuuksista pelkän teorian rinnalle. Huolellinen teoriaan tutustuminen ja esitehtävien tekeminen helpottavat paljon itse laboratoriotyön tekemistä ja samalla saat työstä itsellesi huomattavasti enemmän hyötyä. Tehtäviä tehdessäsi pyri samalla miettimään miten asiat olisi toteutettu erilaisessa järjestelmässä eri taajuusalueella. Ratkaistuasi kysymykset palaute ne kurssin ilmoitustaulun alla olevaan palautuslaatikkoon (SIJAINTI??) ja TEE MITÄ?. Saat noin viikon kuluttua tiedon esitehtävien oikeellisuudesta. Mikäli kaikki on kunnossa, voit tämän jälkeen varata kolmen tunnin laboratoriotyövuoron.

- 1. Mihin radiolinkkijärjestelmiä käytetään? Miksi?
- Mikä on Fresnellin vyöhyke? Mitä se merkitsee radiolinkille? Laske 58 GHz:n radiolinkin 1. Fresnellin vyöhykkeen maksimihalkaisija. Jännepituus on a) 1 km b) 50 m.
- 3. Mitä erityispiirteitä on 58 GHz taajuusalueella käytössä? Miten niitä voi hyödyntää radiolinkeissä?
- 4. Luettele MetroHopper radiolinkkijärjestelmän sovelluskohteita. (missä, milloin, mitä siirretään, rajapinnat...)
- 5. Luettele digitaalisten modulaatiomenetelmien etuja.
- 6. Selvitä käsitteet TDD, BER, MSK, Q-funktio ja AGC.
- Selitä lyhyesti mitä tarkoitetaan yksiköillä dBm, dBW, dBi, A/m, V/m ja W/m² Todista väite terveysriskeistä laboratoriotyömanuaalin kappaleessa 2.4.
- Laske radiolinkkijärjestelmän vapaantilanvaimennus kun jännepituus on 50 m ja taajuus 58 GHz
- 9. Laske vapaantilanvaimennus kun käytetään passiivista peiliä kuvan 2 mukaisessa kytkennässä. Peili on alumiinia.



Kuva 2. Passiivisen peilin käyttö laboratoriossa

10. Laske antennin vastaanottama tehotaso kuvan 2 kytkennässä. Järjestelmä on Nokian MetroHopper.

Varsinaiset mittaukset jakautuvat neljään osaan. Ensin harjoitellaan laitteiston käyttöä ja MetroHopperin ohjausta Nokia Hopper Manager -ohjelmalla suoralla yhteydellä kun antennien väli on muutama metri. Samalla testataan kohdistuksen ja polarisaation vaikutusta yhteyteen. Toisessa osassa muodostetaan yhteys passiivisen peilin avulla. Vastapäisessä siivessä (Radiolaboratorio) on näkyvissä alumiinin kappale, joka toimii passiivisena peilinä. Kun yhteys on muodostettu lisätään hyötysignaaleja, testataan ristiinkytkentää, vaimennuksia, hälytyksiä, mittauksia testipisteestä jne.

Mittaukset ja jälkiselostuksen kysymykset löytyy yleensä oman otsikkonsa alta, tekstin seassa on myös muutama kysymys, joihin tulee vastata jälkiselostuksessa.

5.1 Laitteiden kytkeminen

5.1.1 Sisäyksikkö FIU 19

FIU 19 käyttää käyttöjännitteenään 24V, jonka saa laboratorion ikkunalaudalla olevista liittimistä. Ulkoyksikkö kytketään Flexbus-kaapelilla FB1 tai FB2 liittimeen. Laitteiston hallintaan käytetty kannettava tietokone kytketään LMP-liittimeen tietokoneen COM-portista. MP-liittimestä saadaan testisignaalit oskilloskoopille. (kuva 3)



Kuva 3. FIU 19 sisäyksikkö

Kuvan 4 Plug-in-yksikkö on kytketty sisäyksikköön. Plug-in-yksikön neljään pariin voidaan kuhunkin kytkeä 2 Mbit/s signaali.

Kuva 4. Plug-in-yksikkö

5.1.2 Ulkoyksikkö

Ulkoyksikossä Flexbus-kaapeli kytketään FB+-liittimeen. AGC-liittimeen kytketään jännitemittari mittaamaan AGC-jännitettä (kuva 5). GND- ja Sync-liittimiä ei käytetä tässä laboratoriotyössä.



Kuva 5. Ulkoyksikön kytkennät

Ulkoyksikkö voidaan kytkeä sellaisenaan, mutta se voidaan myös kiinnittää erityiseen telineeseen. Ulkoyksikköä kytkettäessä telineeseen tai sitä irrotettaessa käytetään vain kuvan 6 mukaisia ruuveja. Älä löysennä muita ruuveja, ettei teline käänny! Mikäli teline kuitenkin kääntyy, antenni tulee suunnata uudelleen passiiviseen peiliin käsipelillä.



Kuva 6. Ulkoyksikön kiinnittäminen telineeseen

5.2 Kytkentä 1: Suora yhteys ja antennit samassa huoneessa

Aluksi kytketään antennit lyhyelle etäisyydelle toisistaan, että yhteys saadaan varmasti. Samalla voidaan harjoitella yhteyden luomista Nokia Hopper Manager - ohjelmalla. Toinen antenni ripustetaan kuvan 7 mukaisesti työpöydän vasemmassa ylänurkassa olevaan koukkuun antennin kiinnitysrivasta.



Kuva 7. Antenni ripustetaan pyödän kulmassa olevaan ripaan.

Toinen antenni ripustetaan kuvan 8 mukaisesti vastapäätä olevaan telineeseen pöydän päälle.



Kuva 8. Toinen antenni ripustetaan pöydällä olevaan telineeseen.

Tarkista silmämääräisesti, että antennit ovat samalla korkeudella ja suorassa linjassa.

5.2.1 Kytkennät

Muodostetaan kuvan 9 mukainen kytkentä.



Kuva 9. Ensin muodostetaan yksinkertainen kytkentä

Kytke antennit sisäyksiköihin Flexbus-kaapeleilla, voit käyttää kumpaa tahansa FBliitintä. Kytke lisäksi jännitemittarit antennien AGC-liittimiin. Lisää käyttöjännitteet sisäyksiköihin ja kytke kannettava tietokone jommankumman sisäyksikön LMP- liittimeen. Käynnistä laitteet ja käynnistä Nokia Hopper Manager -ohjelma. Ohjelma käynnistyttyä se aukaisee kuvan 10 mukaisen ikkunan

Nokia Hopper Manager		- 🗆 ×
Eile Manage Loois Help		
For Help, press F1		

Kuva 10. Nokia Hopper Managerin avausikkuna

Muodosta paikallisyhteys ohjelman ja MetroHopperin välille, klikkaa Manage→Connect Locally tai Connect locally -nappia yläpalkista. Ohjelma muodostaa yhteyden MetroHopperiin, jonka jälkeen ikkuna on kuvan 11 mukainen.



Kuva 11. Metro Hopper Managerin ikkuna toimivalle yhteydelle

Ikkunassa näkyy sisä- ja ulkoyksikkö, vastaanotettu teho, laitteiden merkkivalot, sekä laitteille asetetut nimet ja osa valinnoista. MetroHopper jatkaa käynnistämisen jälkeen siitä, mihin se laite sammutettaessa jäi ja mikäli sammutushetkellä oli olemassa yhteys, laite yrittää palauttaa sen, joten mikäli yhteys muodostuu automaattisesti se johtuu juuri tästä. Nyt kuitenkin alustetaan yhteys, vaikka se olisikin jo olemassa.

5.2.2 Yhteyden alustus (commissioning)

Alustetaan yhteys käyttäen ohjelman commissioning wizard:ia. Wizard käynnistetään klikkaamalla **Manage → Commission...** Alustuksen aikana ohjelma kysyy tarvittavat parametrit ja yrittää sen päätteeksi muodostaa yhteyden.

- Alustus alkaa valitsemalla kumpaa FB-liitäntää käytetään. Valinta tehdään merkkaamalla oikea FB ja painamalla Start. Ohjelma yrittää etsiä ulkoyksikön FB-liitännän kautta ja ilmoittaa kun ulkoyksikkö löytyy tekstissä *Radio found!*
- Nimeä yksikkö ja mahdolliset muut määreet, jotka erottavat tämän muista MetroHoppereista. Laboratoriotyössä on hyvä nimetä laitteet, mutta muut määreet ovat tarpeettomia.
- 3. Valitaan operointitapa. Mahdolliset vaihtoehdot ovat pääteasema (terminal), toistin (chaining) ja haaroitin (branching), valitaan *Terminal*. MetroHopperin suojauslaitteiden ainoa vaihtoehto on *Single*.
- 4. Valitse mitä Flexbus-liitäntää käytetään ja mihin ulkoyksikköön kytketään käyttöjännite päälle. MetroHopperin kapasiteetti on vakio 4 x 2 Mbit/s.
- 5. Valitse Q1-portin parametrit. Laboratoriotyössä ei käytetä Q1-liittimiä, joten älä muuta näitä arvoja.
- Muodosta Q1-väylän liikenteen kulkeminen ohjaukseen. Q1-väylää ei käytetä tässä laboratoriotyössä, joten muodosta kuva 12 mukainen kytkentä.



Kuva 12. Ohjaussignaalien oikea kytkentätapa kun Q1-väylää ei käytetä

- 7. Valitaan ulkoyksikön parametrit. Ensin valitaan ulkoyksikön toimintatapa, yksiköistä toisen tulee olla *master* toisen *slave. Synchronising master* valintaa voidaan käyttää, mikäli lähituntumassa on useita MetroHoppereita. Väliaikainen Hop ID on tunnus, jota järjestelmä käyttää yhteyden muodostamiseen. Yhteyden muodostuksen jälkeen järjestelmä muuttaa ID arvon. Varmista että molemmissa päissä on sama väliaikainen Hop ID.
- 8. Valitse kanavan valintamekanismi. MetroHopperissa on automaattinen kanavan valintamenetelmä, jota yleensä kannattaa käyttää. Manuaalimallissa käyttäjä valitsee mitä kanavaa järjestelmä käyttää. Tällöin on mahdollista mitata kanavien häiriötasot. Tätä menetelmää käytetään antennin suuntaamiseen AGC-jännitteen avulla ja siitä lisää edempänä. Valitse tästä *AutoSearch* ja seuraavalta sivulta kaikki mahdolliset kanavat automaattisen valintamenetelmän käyttöön.
- Lopuksi järjestelmä summaa tehdyt valinnat, josta voi vielä tarkistaa ja palata taaksepäin muokkaamaan jotain ennen asetuksien lähettämistä järjestelmälle. Valitse *Finish* mikäli olet tyytyväinen valintoihin.
- 10. Valintojen lähettämisen jälkeen on vielä mahdollista tarkkailla järjestelmän tilaa.
- 11. Lisää asentajan nimi ja resetoi laskurit.

Toista alustus myös toisessa päässä ennen yhteyden luomista. Vaihda tietokone toisen sisäyksikön LMP-liittimeen ja paina yläpalkista **Refresh**.

5.2.2.1 Yhteyden muodostus manuaalisesti

Mikäli yhteyden muodostus ei toimi automaattisesti tai yhteyttä ei meinata saada aseta molemmat päät käsin luomaan yhteyttä. Tämä kannattaa aloittaa *master*päästä. Klikkaa **Configure→Settings** valitse *OU1A: MetroHopper* ja ohjelma avaa kuvan 13 mukaisen ikkunan.

Metrohopper Settings - MetroHopper, MetroHopper 🛛 🗙
Radio
Settings
Iransmitter mode: Operating (TDD)
Hop end mode: Master
Forced synchronising master
Transmission channel: 58.050 GHz Channel(s)
Hop <u>I</u> D: 3629113890
Interleave <u>s</u> tatus: Off
Commissioning mode © Manual channel selection © Autosearch
OK Cancel Help

Kuva 13. Ulkoyksikön ohjausikkuna

Valitse *Manual channel selection* ja klikkaa **Channel(s)**, joka mittaa kanavien häiriötasot. Valitse haluamasi kanava, muuta *Transmitter mode* arvoon *Commissioning* ja varmista että *Hop ID* ja *Interleaving status* ovat molemmissa päissä samat. Klikkaa **OK** ja toista sama *slave*-päässä.

Edellä kuvatulla tavalla voit muulloinkin muuttaa ulkoyksikön asetuksia (kun muutat asetuksia muista aina mitata kanavien häiriötasot, koska muuten asetusten muuttaminen ei jostain syystä toimi).

Seuraa AGC-jännitteitä yhteyden muodostuksen aikana, mitä tapahtuu? Miksi?

Asetetaan vielä järjestelmän kello, että jatkossa saadaan oikea aika lokeihin. Klikkaa Configure→Set Node Clock ja aseta aika. Toista kellon asettaminen myös toisessa päässä.

Varmistetaan yhteyden tila tarkastamalla hälytykset. Klikkaa yläpalkin **Current Alarms** -painiketta. Hälytyksistä ainoastaan *Loss of incoming signal* on sallittu tässä vaiheessa, koska järjestelmään ei ole kytketty minkäänlaista signaalia.

5.2.3 Mittaukset ja kysymykset

Tässä ensimmäisessä vaiheessa kaksi mittausta: antennin suuntaamisen ja polarisaation vaikutus vastaanotettuun tehoon.

- Käännetään pöydällä olevassa telineessä olevaa antennia eri suuntiin ja mitataan teho ja AGC-jännite useissa pisteissä. Piirrä käyrä mittauksista ja vertaa tuloksia teoriaan. Selitä mistä tulokset johtuvat. (AGC-jännite on jännitemittarissa hiukan väärällä tasolla johtuen sovitusongelmista)
- Käännetään antennin polarisaatiota. Ota antenni käsiisi ja käännä polarisaatiota eri kulmiin. Mittaa teho ja AGC-jännite. Piirrä käyrä mittauksista ja selitä mistä tulokset johtuvat.

5.3 Kytkentä 2: Suora yhteys, jossa siirretään PCM-signaali

Lisätään edelliseen kytkentään hyötysignaali käyttäen laboratorion PCMjärjestelmää. PCM-järjestelmän toiseen päähän (huone E306) on kytketty äänisignaali kahteen kanavaan, kanavalle 2 radio-ohjelma ja kanavalle 4 siniaalto. Nämä kanavat sisältävä PCM-signaali lähetetään MetroHopperin välityksellä PCMjärjestelmän toiseen päähän (huone 305, räkki työpöydän oikealla puolella), jossa se vastaanotetaan ja puretaan takaisin kanaviksi. Signaalit saadaan kuultaviksi pöydällä oleviin kaiuttimiin kanavavalitsimen kautta. PCM-järjestelmä on vedetty kaapelilla huoneesta toiseen ja MetroHopper kytketään kaapelin väliin. Työpöydän oikealla puolella olevasta oskilliskooppista (Telequipment D83) on nähtävissä PCM-signaali kanavineen. Tarkista molempien kanavien toiminta kaiuttimien kautta ennen PCM:n kytkemistä MetroHopperiin. Kytketään PCM-järjestelmä MetroHopperiin siten, että huoneesta E306 tuleva signaali kytketään toisen MetroHopperin Plug-in-yksikön parin nro 1 sisäänmenoon ja huoneen E305 PCM toisen MetroHopperin Plug-in-yksikön parin nro 1 ulostuloon. (Kuva 14)



Kuva 14. Kytketään PCM-järjestelmä mukaan

Aseta vielä ristiinkytkentä, klikkaa **Cross-connections** \rightarrow **View** ja muokkaa ristiinkytkentätaulu kuvan 15 mukaiseksi (mikäli FB1 on käytössä) molempiin MetroHopperin sisäyksiköihin ja klikkaa yläpalkista **Send**-nappia, jolloin ohjelma lähettää käskyn sisäyksikölle.



Kuva 15. Ristiinkytkentätaulu

5.3.1 Mittaukset ja kysymykset

Kytkentöjen tekemisen jälkeen testaa molemmat kanavat kaiuttimien kautta. Muista tarkistaa myös hälytykset molemmilta laitteilta ja pyri korjaamaan tilanne mikäli mahdollista. Jos ei, selvitä ja selitä mistä hälytys johtuu.

- 1. Muodosta ristiinkytkentätaulussa kytkentä 2M Interface 1 IUA FBx 2 molemmissa sisäyksiköissä. Miksi yhteys toimii, vaikkei liittimiä siirretty kummassakaan yksikössä?
- Muodosta ristiinkytkentä, jossa PCM-signaali menee MetroHopperiin parista nro 1 ja tulee ulos parista nro 4. Piirrä tai liitä kuva kytkennästä.
- MetroHopperilla voidaan siirtää kerralla 4 x 2 Mbit/s molempiin suuntiin, nyt on käytössä 1 x 2 Mbit/s yhteen suuntaan. Muodosta kuvan 16 mukainen kytkentä ja siihen sopiva ristiinkytkentä. Piirrä tai liitä kuva ristiinkytkennästä.



Kuva 16. Kytkentä jossa PCM-signaali siirtyy kahteen suuntaan yhtäaikaa

5.4 Kytkentä 3: Yhteys passiivisen peilin kautta

Sammuta virta MetroHopper yksiköistä, irrota PCM-järjestelmä Plug-in-yksiköistä ja irrota ulkoyksiköiden kaapelit. Ruuvaa antennit kiinni telineisiin ikkunoiden vieressä huoneissa E305 ja E306 ja alusta yhteys kappaleen 5.2.2. ohjeiden mukaisesti. Muista määrittää sisäyksiköiden kello.

5.4.1 Antennin suuntaus AGC-jännitteen avulla

Ensin tarkista suuntaus Radiolaboratorion seinässä olevaan alumiinikappaleeseen silmämääräisesti. Jos antennin suuntaus on pahasti pielessä, pyydä assistentilta lupa antennitelineen kääntämiseen. Kun antenni on silmämääräisesti oikeassa suunnassa, voidaan antenni suunnata melko tarkasti AGC-jännitteen avulla:

- Aloita suuntaus master-yksiköstä. Klikkaa Configure → Settings valitse OU1A: MetroHopper ja ohjelma avaa kuvan 13 mukaisen ikkunan. Pysäytä alustus mikäli yksikkö on Commissioning (Comm) -tilassa.
- 2. Aseta yksikön *Transmission mode* **Receiving only** (**Rx**) -tilaan, jossa se pelkästään vastaanottaa.

- Varmista, että *Commissiong mode* on tilassa Manual Channel Selection ja klikkaa Channels-nappia, jolloin MetroHopper mittaa kanavien häiriötasot. Kirjoita arvot ylös, että muistat ne.
- Valitse kanava, jonka häiriötaso on pienin. Huom! mikäli toinen asema edelleen lähettää se näkyy myös kanavan häiriötasossa. Klikkaa OK
- 5. Klikkaa uudelleen **OK** ja poistut perustilaan.
- 6. Siirry slave-yksikköön ja pysäytä alustus, jos sitä vielä ei ole pysäytetty.
- 7. Aseta yksikön *Transmission mode* Forced transmit (Tx) -tilaan, jossa se lähettää taukoamatta. Muuta *Hop end* valinta master:ksi (vain master voidaan asettaan Tx-tilaan).
- 8. Toista kohta 3 tälle yksikölle
- 9. Summaa häiriötasot tästä ja kohdasta 3 ja valitse alhaisimman tason kanava.
- 10. Klikkaa OK ja poistut perustilaan. Yksikkö (slave) lähettää nyt taukoamatta.
- 11. Siirry takaisin master-yksikköön. Muuta taajuus samaksi kuin slave-yksiköllä mikäli se ei ole sama. Nyt yksiköt ovat samalla kanavalla.
- 12. Säädä ulkoyksikön suunta tarkennusruuveista pienen jakoavaimen avulla, mutta varo kääntämästä liikaa. Älä löysytä mitään ruuveja! Suuntaa antenni kohtaan, jossa AGC-jännite on pienin (kt. Laboratoriomanuaalin taulukko 1)
- 13. Säädä nyt master-yksikkö lähettämään jatkuvasti ja vastaavasti slave-yksikkö vastaanottamaan.
- 14. Suuntaa toinen antenni AGC-jännitteen avulla kohdan 12. mukaisesti.
- 15. Aseta molemmat päät tilaan **Commissioning (Comm)**. Mikäli yhteys ei onnistu varmista, että AGC-jännite on molemmissa päissä alle 4 volttia. Jos näin ei ole, toista antennin suuntaus.
- Mikäli yhteys ei edelleenkään onnistu, alusta yhteys manuaalisesti kappaleen 5.2.2.1. ohjeiden mukaisesti.

Kun yhteys on muodostettu kirjaa ylös vastaanotettu tehotaso ja vertaa sitä esitehtävässä laskemaasi arvoon.

5.5 Kytkentä 4: Yhteys passiivisen peilin kautta, jossa kuljetetaan 2 Mbit/s signaali

2 Mbit/s signaali generoidaan ANT-20E verkkoanalysaattorilla, jolla voidaan myös tehdä mittauksia.

5.5.1 Verkkoanalysaattorin alustus ja signaalin generointi

Käynnistä verkkoanalysaattori ANT-20E ja kytke virta monitoriin. Käynnistä verkkoanalysaattoriohjelma ANT-20, mikäli se ei ole vielä käynnissä. Aloita uusi ANT-20 Application klikkaamalla ANT-20 ohjelman yläpalkkia. Valitse seuraavat instrumentit: *Signal Structure* ja *Anomaly/Defect Analyzer* ja klikkaa **OK**. Tarvitsemme 2 Mbit/s pseudorandom-signaalin, jonka *Signal Structure* on kuvan 17 mukainen.



Kuva 17. 2 Mbit/s pseudorandom -signaali ANT-20 ohjelmassa

Mikäli signaali näyttää joltain muulta, editoi signaalia klikkaamalla Signal Structure -ikkunasta Edit \rightarrow Signal Structure. Edit-valikossa on TX ja RX, klikkaa Clear molemmilla valinnoilla, jolloin signaalin voi generoida uudelleen. Tee seuraavat valinnat sekä TX että RX puolelle: Edit: ITU-T, Interface: Electric., PDH: 2M ja PDH mode: Frm. ja klikkaa OK. Mikäli signaali ei vieläkään ole kuvan 17 mukainen, pyydä apua assistentilta.

5.5.2 Kytkennät

Muodosta kuvan 18 mukainen kytkentä, jossa MetroHopperilla siirretään verkkoanalysaattorilla generoitu 2 Mbit/s signaali. Varmista ristiinkytkennän oikeellisuus ja poista hälytykset mikäli mahdollista.



Kuva 18. Kytkentä, jossa siirretään verkkoanalysaattorin signaali.

5.5.3 Mittaukset ja kysymykset

 Mittaa signaalin siirrosta aiheutuva viive verkkoanalysaattorilla klikkaamalla Signal Structure -ikkunasta Time → Delay Measurement ja Start.

Ikkunan sälekaihtimen osat ovat alumiinia ja niitä kääntämällä ikkunan eteen saadaan antennin eteen lisätty esteitä haluttu määrä. Tällä tavoin lisätään vaimennusta yhteyden välillä ja voidaan tutkia signaalin etenemistä, virheiden määrää, hälytyksiä ja virheiden suhdetta vaimennukseen. Tällä mittauksella voidaan simuloida vaimennuksen vaikutuksia, joita pitkillä yhteyksillä saadaan esim. sään vaikutuksesta.

Ennen vaimennuksen lisäämistä käynnistetään MetroHopperin suorituskyvyn mittaus. Ensin valitaan mittausjakson pituus klikkaamalla **Tools → Options → Manager Options** ja määritä kaikkien mittausten väliksi 10s.

Tämä on pienin mittausväli. Käynnistä Nokia Hopper Managerista MetroHopperin suorituskyvynmittaus klikkaamalla **Maintenance** \rightarrow **Performance** \rightarrow **Measurements** ja valitse FIU 19:sta bittivirhesuhteen mittaus *BER* käytössä olevalle Flexbus:lle sekä ulkoyksikölle *Rx level* -mittaus. Kirjoita tulokset haluamaasi lokitiedostoon jälkikäsittelyä varten. Käynnistä hälytysten seuranta klikkaamalla **Alarms** \rightarrow **View** ja talleta myös nämä omaan loki-tiedostoonsa. Käynnistä myös statistiikan seuranta klikkaamalla **Maintenance** \rightarrow **Performance** \rightarrow **Statistics...** käytössä olevalle Flexbus:lle.

2. Mittaa bittivirhesuhdetta eri vaimennuksilla MetroHopperin suorituskyvyn mittauksilla. Varo katkaisemasta yhteyttä vaimennusta lisättäessä. Tarkkaile myös järjestelmän hälytyksiä kaiken aikaa. Piirrä kuva bittivirhesuhteen muutoksista vastaanotetun kentän suhteen, lisää hälytykset ja selitä miksi niitä syntyy. Tarkkaile myös verkkoanalysaattorin (ANT-20E) merkkivaloja ja kirjoita ylös myös sen hälytykset. Kuvassa 19 on nähtävissä verkkoanalysaattorin merkkivalojen merkitykset.





3. Mittaa bittivirhesuhdetta eri vaimennuksilla verkkoanalysaattori ANT-20E:llä. Aseta mittausaika klikkaamalla ANT-20 -ikkunasta Measurement → Settings ja valitse Gate Time 10s. ja klikkaa OK. Mittaus alkaa klikkaamalla ANT-20 ikkunan vihreää liikennevaloa. Mittaustuloksia tulkitaan Anomaly/Defect Analyzer -ikkunasta. Meitä kiinnostaa mittaussuure TSE, joka ilmaisee testisignaalin bittivirhesuhdetta. TSE:n lukuarvon saa esiin klikkaamalla View → Num. Vertaa verkkoanalysaattorin ja Nokia Hopper Managerin tuloksia toisiinsa.

Kytke signaali menemään kahteen suuntaan kytkemällä toisen MetroHopperin sisäyksikön plug-in-yksikön pariin silmukka ja signaalin lähtö ja tulo ANT-20E:ltä toisen sisäyksikön plug-in-yksikön pariin (vrt. kuva 16).

- 4. Mittaa viive uudelleen. Mistä tulosten ero johtuu?
- 5. Toista bittivirhesuhteen mittaus verkkoanalysaattorilla. Mistä ero johtuu?
- 6. Lisää PCM-järjestelmä kytkentään kaksisuuntaisena. Säädä vaimennus siten, että virheitä tulee paljon ja testaa PCM-kanavien ääntä kaiuttimista. Onko ääni muuttunut virheiden ansiosta? Miksi?

5.6 Kytkentä 5: Mittaukset testipisteestä

Irrota verkkoanalysaattori ja PCM-järjestelmä MetroHopperista ja kiinnitä oskilloskooppi MetroHopperin sisäyksikön testipisteeseen MP. Jos käytössä on digitaalioskilloskooppi, kytke sekin testipisteeseen. Testipisteeseen ohjataan signaali klikkaamalla Maintenance \rightarrow Tests \rightarrow Measurement Interface. Valitse haluttu signaali ja klikkaa Send. Digitaalioskilloskoopista kuvan saa .tif muodossa laittamalla disketin asemaan, painamalla Store ja valitsemalla tallennuspaikaksi *Flpy*. Paina lopuksi Screen Dump -nappia ja kone tallettaa kuvan disketille.

5.6.1 Mittaukset ja kysymykset

1. *2M TX Data* on signaali, joka kulkee sisäyksiköltä ulkoyksikölle Flexbuskaapelissa. Ohjaa signaali *2M TX Data* testipisteeseen ja piirrä kuva. Tunnista johkokoodi ja tulkitse lähetetty data. 2. Kytke PCM-järjestelmä kaksisuuntaisesti MetroHopperiin ja toista mittaus. Mitä tapahtui ja miksi? (Signaalia ei tarvitse tulkita)

6.1 Takaisinkytkennät

Muodosta takaisinkytkentöjä järjestelmän eri osien väliin klikkaamalla **Maintenance** \rightarrow **Tests** \rightarrow **Loopbacks** ja tutki signaalin kulkeutumista verkkoanalysaattorilla (esim. viive mittaus).

6.2 Pakotetut toiminnot

Kokeile erilaisia pakotettuja toimintoja mieltymisten mukaan klikkaamalla Maintenance \rightarrow Tests \rightarrow Forced Controls.

7. PALAUTE TYÖSTÄ

Laboratoriotyön kehittämistä varten sinun palautteesi on meille hyvin tärkeää. Haluaisimme tietää:

- Mikä oli vaikeinta, miksi?
- Mikä oli mielenkiintoista, miksi?
- Opettiko työ sinulle mitään?
- Mitä olisit halunnut tietää tai oppia lisää?
- Kommentteja ja parannusehdotuksia?



8.1 Kirjallisuutta

- Simon Haykin: Communication systems 3ed
- Arto Lehto, Antti Räisänen: Millimetriaaltotekniikka
- Antti Räisänen, Arto Lehto: Radiotekniikka
- Pentti Teppo: Siirtojärjestelmät tietoliikennetekniikassa
- Fawwaz T. Ulaby: Fundamentals of Applied Electromagnetics.
- Kirsi Voipio, Seppo Uusitupa: Tietoliikenneaapinen

8.2 Kurssimateriaalia

- S-26.105 Radiojärjestelmän osat opetusmoniste
- S-26.140 Tietoliikenteen radiolaitteet I opetusmoniste
- S-72.135 Fixed Radio Networks opetusmoniste

8.3 Standardit

- ITU-T Recommendation G.703 (10/98): Physical/electrical characteristics of hierarchial digital interfaces
- ITU-T Recommendation G.826 (2/99):Error performance parameters and objectives for international, constant bit rate digital paths at or above the primary rate
- ETSI Standardi ETS 300 408 v1.2.1 (2000-09): Fixed Radio Systems; Point-to-point equipment; Parameters for Radio-relay systems for the transmission of digital signals and analogue video signals operating at

around 58 GHz, which do not require co-ordinated frequency planning. ETSI Syyskyy 2000

8.4 Internet

- Telehallintokeskus: Radiolinkkien käyttö taajuusalueella 57,2 58,2 GHz : http://www.thk.fi/suomi/radio/radiolinkit58.htm
- Telehallintokeskus: Radioliikenne, http://www.thk.fi/suomi/radio/index.htm
- Telehallintokeskus: Taajuusjakotaulukot, http://www.thk.fi/suomi/radio/taulu.htm
- Telehallintokeskus: Taajuusjakotaulukot osa V: 31,000 400 GHz, http://www.thk.fi/suomi/radio/Taulukko5.htm
- Telehallintokeskus: Luvanvaraisten radiolähettimien määrä vuodesta 1994 alkaen, <u>http://www.thk.fi/suomi/radio/lupatilasto.htm</u>
- Telehallintokeskus: Paikallisverkkokilpailuun lisää mahdollisuuksia maailman radiokonferenssi antoi lisää taajuuksia laajakaistaisille Internetja multimediayhteyksille,

http://www.thk.fi/suomi/ajankoht/wrcfwatiedote.htm

- Telehallintokeskus: Luvanvaraisten radiolähettimien määrä vuodesta 1994 alkaen, <u>http://www.thk.fi/suomi/radio/lupatilasto.htm</u>
- Telehallintokeskus: Radiolaitteiden käyttö ja luvat, http://www.thk.fi/suomi/radio/n2436.htm
- Sosiaali- ja terveysministeriö: Päätös ionisoimattoman säteilyn altistuksen enimmäisarvoista. Sosiaali- ja terveysministeriön päätös nro 1474/1991 <u>http://finlex4.edita.fi/dynaweb/stp/1991sd/@ebt-</u> link?showtoc=false;target=IDMATCH(id,19911474.sd)

8.5 Muut julkaisut

- Nokia Networks Oy: Nokia MetroHopper Radio User Manual. Nokia Networks 2000
- Tomas Sehm: A High-Gain 58-GHz Box-Horn Array Antenna with Suppressed Grating Lobes. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 47, No. 7, July 1999