



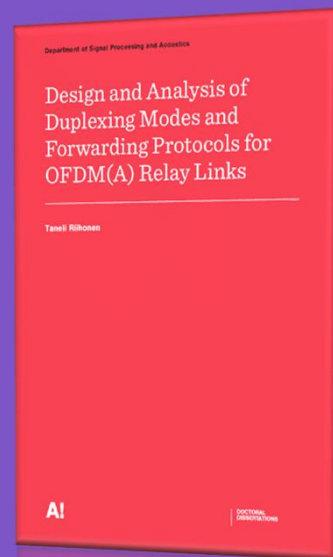
Aalto-yliopisto
Sähkötekniikan
korkeakoulu

Monihyppysten OFDM(A)-linkkien dupleksitilojen ja välityspanotokollien kehitys ja analyysi

lectio praecursoria

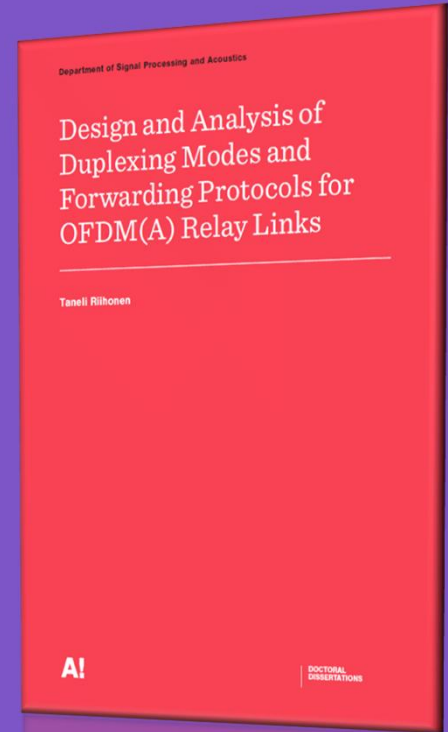
diplominsinööri Taneli Riihonen

4.7.2014



Design and Analysis of Duplexing Modes and Forwarding Protocols for OFDM(A) Relay Links

Olipa kerran väitöskirja.



Aalto-yliopisto
Sähkötekniikan
korkeakoulu

Pintapuolisesti tarkasteltuna

- **Tutkimusala: langattoman tietoliikenteen signaalinkäsittely**
- **Muoto: monografia, 300 sivua**
- **Pohjana n. 50 aiheeseen liittyvää erillistä julkaisua**
 - 8 lehtiartikkelia
 - 18 konferenssipaperia
 - 4 kansallista kokousesitelmää
 - 21 julkaisua yhteistyössä muiden tutkijoiden kanssa

Design and Analysis of Duplexing Modes and Forwarding Protocols for OFDM(A) Relay Links

Taneli Riihonen

Design and Analysis of Duplexing Modes and Forwarding Protocols for OFDM(A) Relay Links

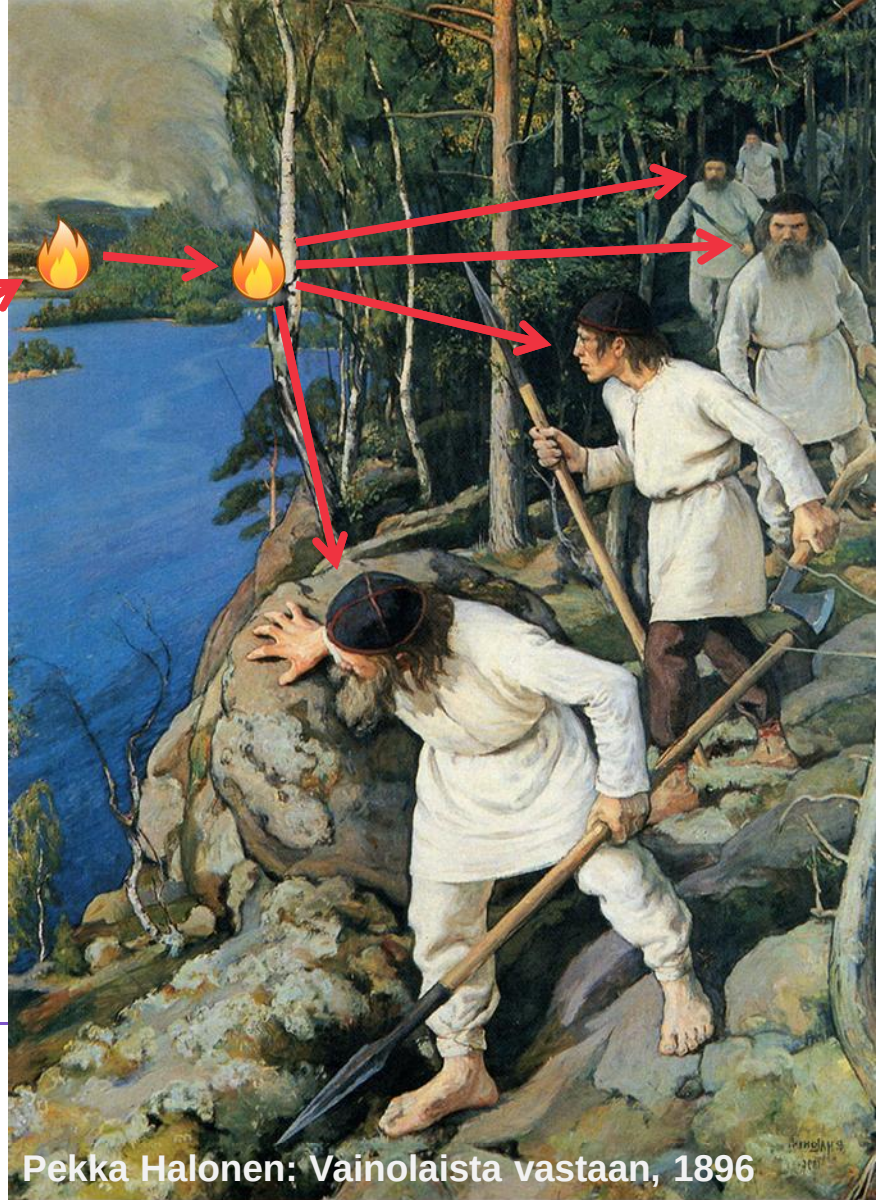
(monihyppyyiset OFDM(A)-linkit)



Monihyppyinen tiedonsiirtolinkki



publicphoto.org, 2011

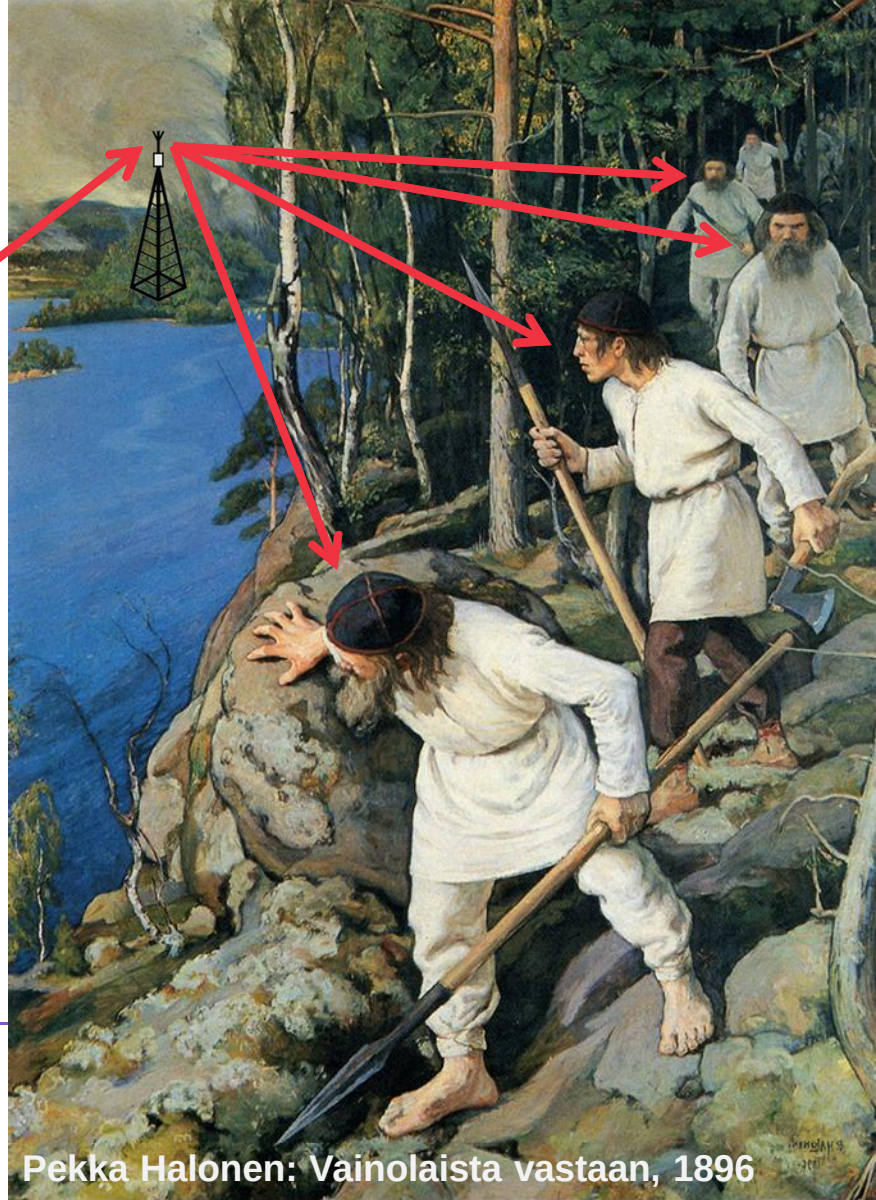
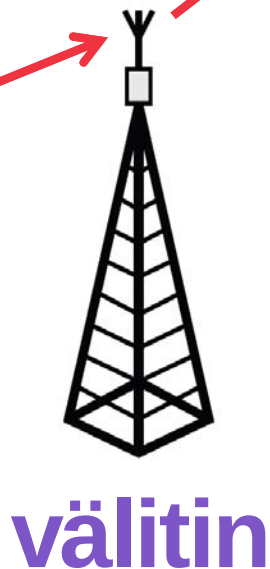


Pekka Halonen: Vainolaista vastaan, 1896



Aalto-yliopisto
Sähkötekniikan
korkeakoulu

Monihyppyinen tiedonsiirtolinkki



Pekka Halonen: Vainolaista vastaan, 1896



Aalto-yliopisto
Sähkötekniikan
korkeakoulu

Mystinen lyhenne OFDM(A)

- Orthogonal Frequency-Division  Multiplexing



Lähetin täyttää radiokanavan muodostamalla tietonäytteistään satoja (tai tuhansia) toistensa kanssa limittyneitä – mutta silti erillisiä – alikantoaaltoja, jotka on punottu yhteen ihan kuin paksun köyden ohuet langat.

- Käytössä lähes kaikissa nykyaikaisissa järjestelmissä: esim. matkaviestinverkot, langattomat lähiverkot, digi-tv-lähetys

Mystinen lyhenne OFDM(A)

- Orthogonal Frequency-Division

Multiple Access



Kun vastaanottimia on useita, ne jakavat lähetyksen keskenään siten, että jokaiselle on omistettu joukko kantoaaltoja ihan kuin kukin niistä purkaisi itselleen vain yhden tai muutaman säikeen köyden päästä.

- Käytössä lähes kaikissa nykyaikaisissa järjestelmissä: esim. matkaviestinverkot, langattomat lähiverkot, digi-tv-lähetys

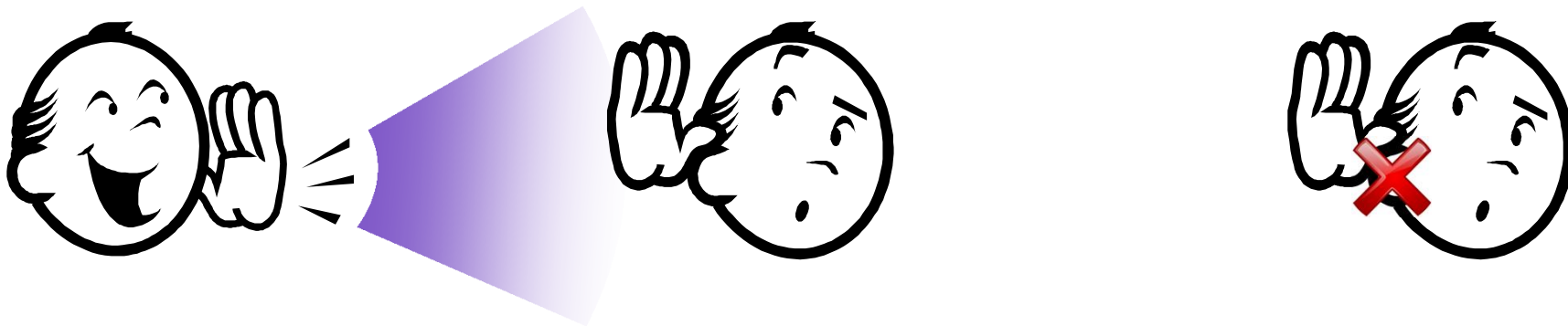
Design and Analysis of Duplexing Modes and Forwarding Protocols for OFDM(A) Relay Links

(dupleksitilojen kehitys ja analyysi)



Välittimen dupleksitilat: perinteinen ”half-duplex” linkki

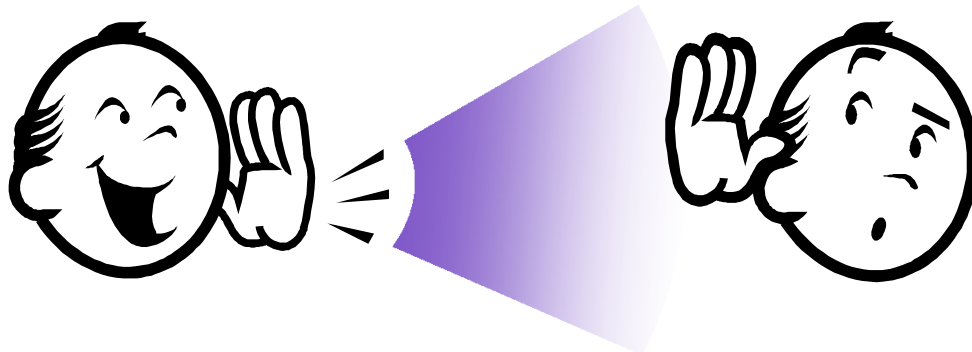
1. Välitin ensin kuuntelee viestin kokonaan



- Yhden viestin perillemeno kahden hypyn yli kestää vähintään tuplasti sen pituuden verran, mikä hukkaa resursseja paljon

Välittimen dupleksitilat: perinteinen ”half-duplex” linkki

1. Välitin ensin kuuntelee viestin kokonaan
2. ja sitten vasta huutaa sen eteenpäin



- Yhden viestin perillemeno kahden hypyn yli kestää vähintään tuplasti sen pituuden verran, mikä hukkaa resursseja paljon

Välittimen dupleksitilat: edistyksellinen ”full-duplex” linkki

- Välitin kuuntelee ja huutaa yhtä aikaa
mutta aiheuttaa itse itselleen häiriötä



- Miten tätä häiriötä ja sen vaikutusta voidaan vähentää?
- Milloin ja miten paljon kukin dupleksitila on toista parempi?

Lähetystehon säätö (demonstraatio)

- Salin äänentoistojärjestelmääkin voidaan pitää eräänlaisena kaksi(- tai kolme)hyppyisenä ”full-duplex” linkkinä



- Sen parempi kuuluvuus mitä suurempi volyymiasetus kunhan se ei vaan ole liian suuri, jotta ääni ei alkaisi kiertämään

Design and Analysis of Duplexing Modes and Forwarding Protocols for OFDM(A) Relay Links

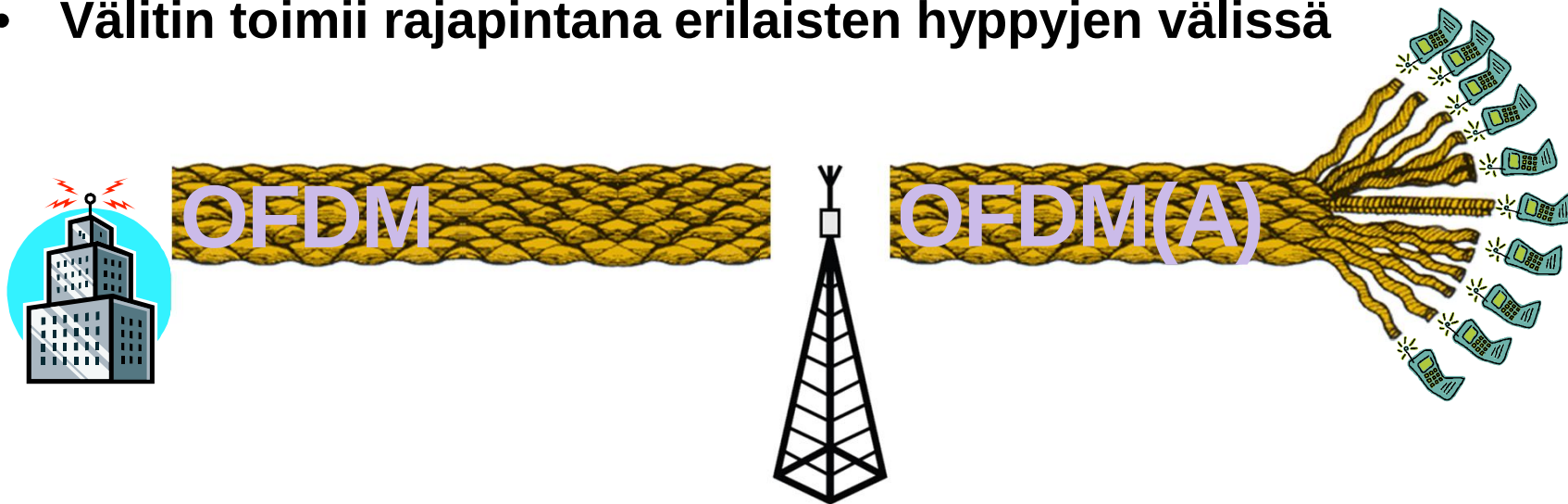
(välitysprotokollien kehitys ja analyysi)



Aalto-yliopisto
Sähkötekniikan
korkeakoulu

Välitysprotokolla

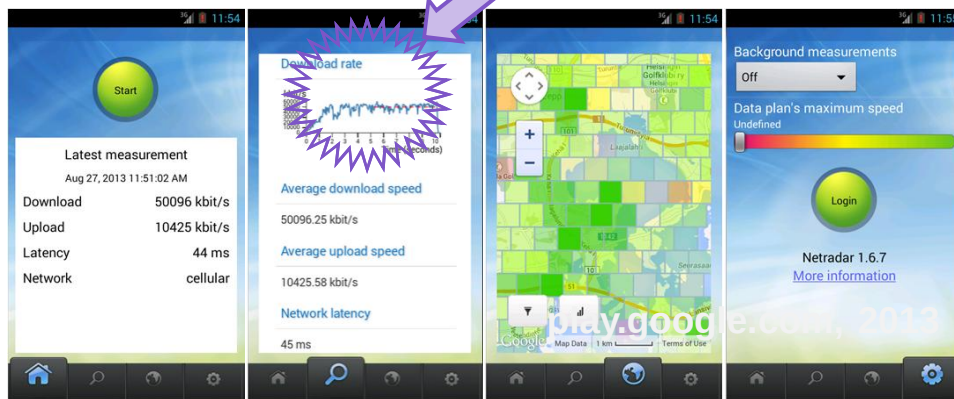
- Välitin toimii rajapintana erilaisten hyppyjen välissä



- Protokolla tarkoittaa kokoelmaa signaalinkäsittelytekniikoita, joilla välitinlaite yhdistää erilliset radiokanavat toisiinsa

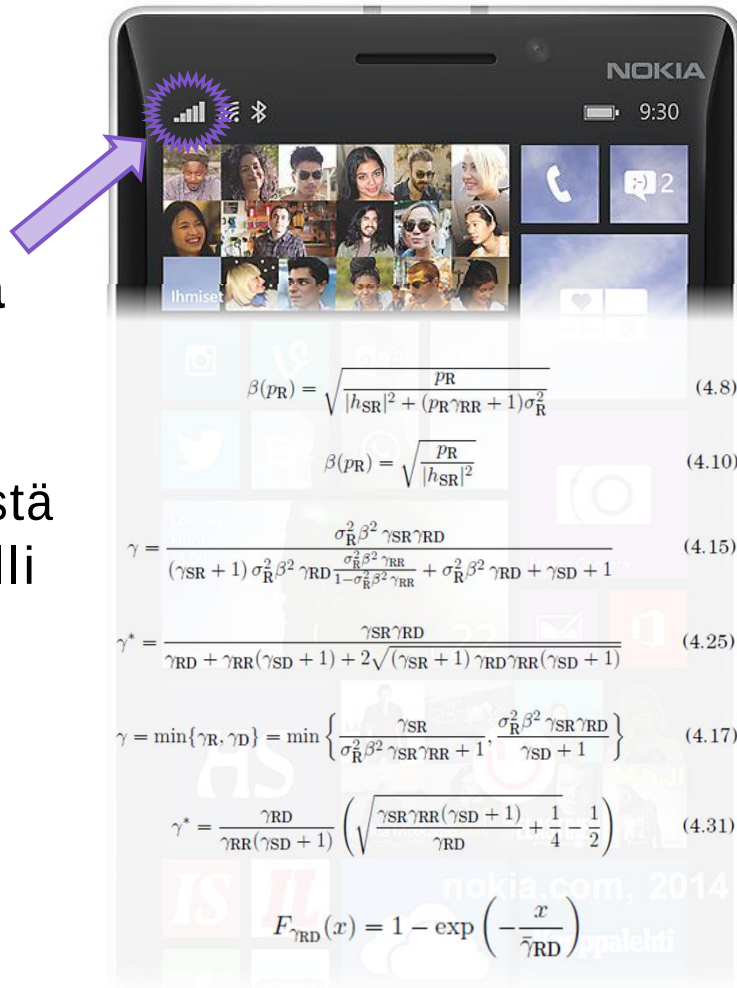
Suorituskykyanalyysi

- Välitysprotokollia ja dupleksitiloja vertaillaan niiden antaman linkkitason suorituskyvyn perusteella



Suorituskykyanalyysi

- Välitysprotkollia ja dupleksitiloja vertaillaan niiden antaman linkkitason suorituskyvyn perusteella
1. Muodostetaan päästä päähän linkistä abstrakti tilastomatemaaattinen malli



Suorituskykyanalyysi

- Välitysprotokollia ja dupleksitiloja vertaillaan niiden antaman linkkitason suorituskyvyn perusteella
 1. Muodostetaan päästä päähän linkistä abstrakti tilastomatemattinen malli
 2. Johdetaan todennäköisyyslaskennan keinoin suljetun muodon kaavoja suorituskyvyn mittareille



$$P_{\text{out}}^{\text{DL}}(\gamma_{\text{th}}) = F_{\gamma_{\text{RD}}}(\gamma_{\text{DL}}^{-1}(\gamma_{\text{th}})) = 1 - \exp\left(-\frac{\gamma_{\text{DL}}^{-1}(\gamma_{\text{th}})}{\gamma_{\text{RD}}}\right) \quad (4.36a)$$

In downlink AF relaying, the inverse of (4.15) including (4.8) becomes

$$\gamma_{\text{DL}}^{-1}(x) = \frac{\gamma_{\text{SR}} + p_{\text{R}}\gamma_{\text{RR}} + 1}{\gamma_{\text{SR}} - (p_{\text{R}}\gamma_{\text{RR}} + 1)x} \cdot \frac{x}{p_{\text{R}}} \quad (4.37a)$$

with $\gamma_{\text{max}} = \gamma_{\text{SR}}/(p_{\text{R}}\gamma_{\text{RR}} + 1)$ while the inverse of (4.25) is given by

$$\gamma_{\text{DL}}^{-1}(x) = \frac{\left(\sqrt{(\gamma_{\text{SR}} + 1)\gamma_{\text{RR}}}x + \sqrt{\gamma_{\text{SR}}\gamma_{\text{RR}}x(x+1)}\right)^2}{(\gamma_{\text{SR}} - x)^2} \quad (4.37b)$$

with $\gamma_{\text{max}} = \gamma_{\text{SR}}$.

In downlink DF relaying, the inverse of (4.17) including (4.10) becomes

$$\gamma_{\text{DL}}^{-1}(x) = \frac{x}{p_{\text{R}}} \quad (4.38a)$$

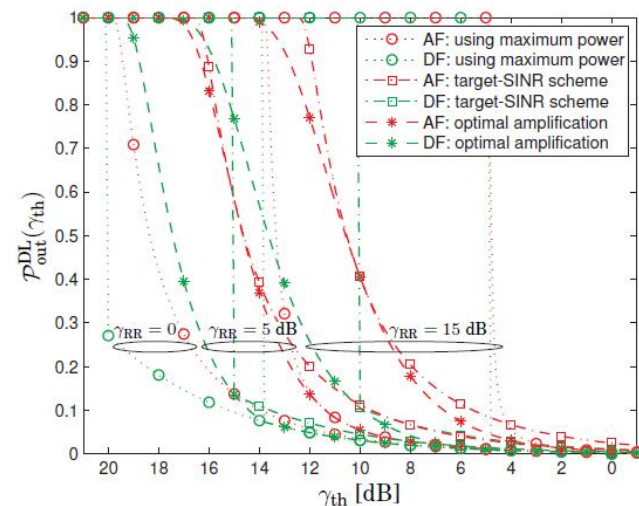
with $\gamma_{\text{max}} = \gamma_{\text{SR}}/(p_{\text{R}}\gamma_{\text{RR}} + 1)$ while the inverse of (4.31) is given by

$$\gamma_{\text{DL}}^{-1}(x) = \frac{\gamma_{\text{RR}}x^2}{\gamma_{\text{SR}} - x} \quad (4.38b)$$

with $\gamma_{\text{max}} = \gamma_{\text{SR}}$.

Suorituskykyanalyysi

- Välitysprotokollia ja dupleksitiloja vertaillaan niiden antaman linkkitason suorituskyvyn perusteella
 1. Muodostetaan päästä päähän linkistä abstrakti tilastomatemaaattinen malli
 2. Johdetaan todennäköisyyslaskennan keinoin suljetun muodon kaavoja suorituskyvyn mittareille
 3. Havainnollistetaan näitä teoreettisia tuloksia numeerisilla esimerkeillä



(a) downlink (DL) relaying when $\gamma_{SR} = 20$ dB and $\gamma_{RD} = 25$ dB

Loppu

Sen pituinen se.



Aalto-yliopisto
Sähkötekniikan
korkeakoulu



Aalto-yliopisto
Sähkötekniikan
korkeakoulu

