

Full-duplex radiotekniikka elektronisessa sodankäynnissä

Maanpuolustuksen kannatussäätiön rahoituksella (2020–2023)

TkT Taneli Riihonen

Maanpuolustuksen tieteellisen neuvottelukunnan
tutkimusseminaari 16.11.2023



Avainhenkilöt

- Hankejohtaja:
 - TkT Taneli Riihonen
- Työryhmä:
 - TkT Mikko Heino
 - tekn. yo. Eetu Pöyry
 - DI Matias Turunen
 - TkK Aleksi Vihelä
 - DI Miika Vuorenmaa
- Yhteistyökumppanit:
 - DI Jaakko Marin
 - M.Sc. Karel Pärnin
 - NATO STO IST-175:n jäsenet
 - PVTUTKL (ohjausryhmä)



Full-duplex radioteknologia sotilaskäytössä

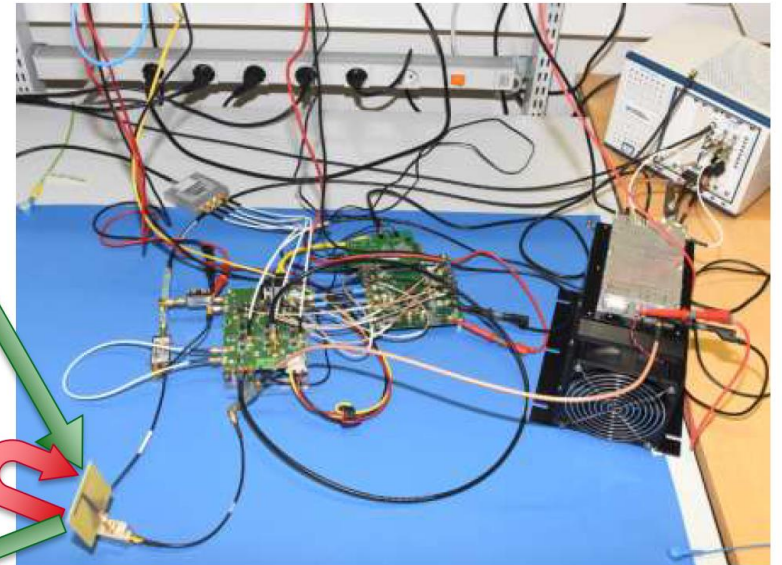
MATINE-hanke (2017–2018)

Full-duplex radioteknologia sotilaskäytössä

- MPKS-hankkeen taustana 2-osainen MATINE-hanke
 - Aalto 2017 (teoria)
 - TTY 2018 (käytäntö)

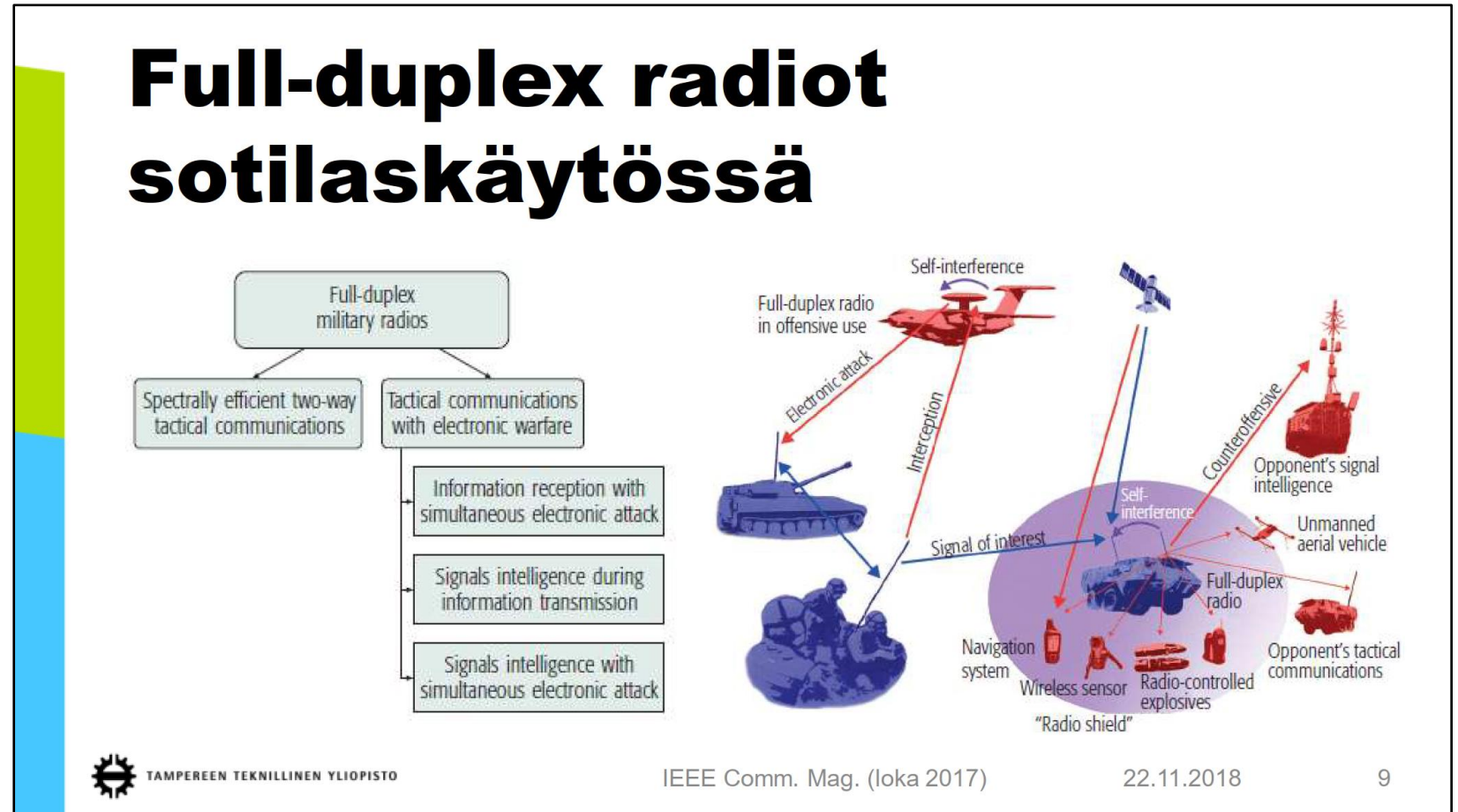
“Inband Full-Duplex” radiot

- Laitteita, jotka kykenevät lähettämään ja vastaanottamaan yhtä aikaa samalla taajuuskaistalla
 - ”itse-interferenssi”!
- Perustutkimuksen jälkeen teknologia alkaa olla kypsä kaupallistettavaksi
 - interferenssin ”kansellointi” ylemmillä UHF-alueilla
 - sovellukset tiedonsiirrossa



Full-duplex radioteknologia sotilaskäytössä

- MATINE-hankkeessa osoitettiin todeksi: Full-duplex teknologia
 - 1) on hyödynnettävissä sotilasjärjestelmissä
 - 2) voi tarjota jopa merkittävän radio-tekniikan ylivoiman



Full-duplex radioteknologia sotilaskäytössä

- Full-duplex teknologia
 - 1) on hyödynnettävissä sotilasjärjestelmissä
 - 2) voi tarjota jopa merkittävän radio-tekniikan ylivoiman
- Nämä väitteet todennettiin ja havainnollistettiin käytännössä laboratorioolosuhteissa (sisällä ja ulkona)

Laboratoriotestit hyökkäyksestä

Parameter		Value
Center frequency		2.44 GHz
Red team	Waveform	GMSK
	Bandwidth	1.2 MHz
	Transmit power	{-15, -10, -5, 0, 5, 10, 15, 20} dBm
	RX sampling rate	10.5 MHz
Blue team	Waveform	OFDM
	Bandwidth	3 MHz or 80 MHz
	Transmit power	{-10, -5, 0, 5, 10, 15, 20} dBm
	RX sampling rate	120 MHz

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

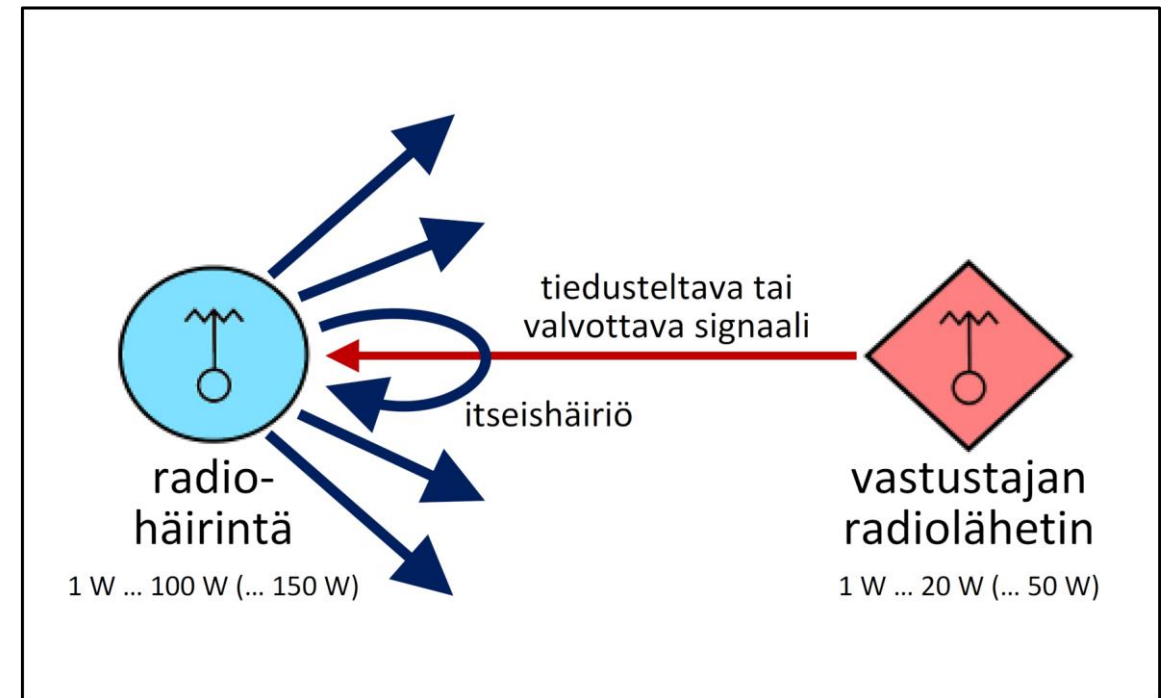
22.11.2018 17

Full-duplex radiotekniikka elektronisessa sodankäynnissä

MPKS-hanke (2020–2023)

Tehtävänasettelu ja tavoitteet

- Maailman eka elektroniseen sodankäyntiin soveltuva full-duplex radiolaitteen prototyyppi
- Speksit:
 - NATO UHF I (225 – 400 MHz)
 - 300 MHz suunnittelutaajuutena
 - 100 W lähetysteho (=1000x)
 - 25 kHz – 5 MHz kaista
- Demo PV:lle/STO:lle
- Mittauskampanja



Full-duplex radiotekniikan kehittäminen

- Itseishäiriön vaimennus

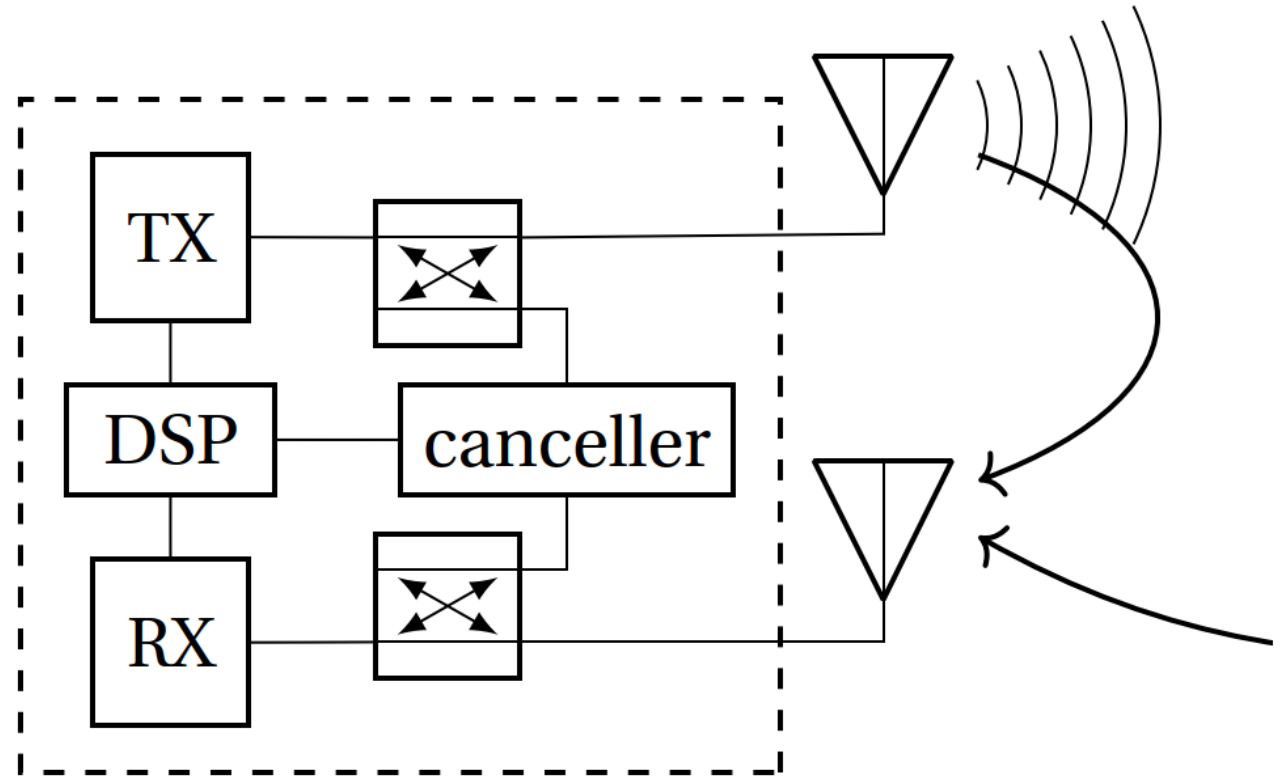
- 1) Antenniratkaisu

- 2) Kansellerilauta

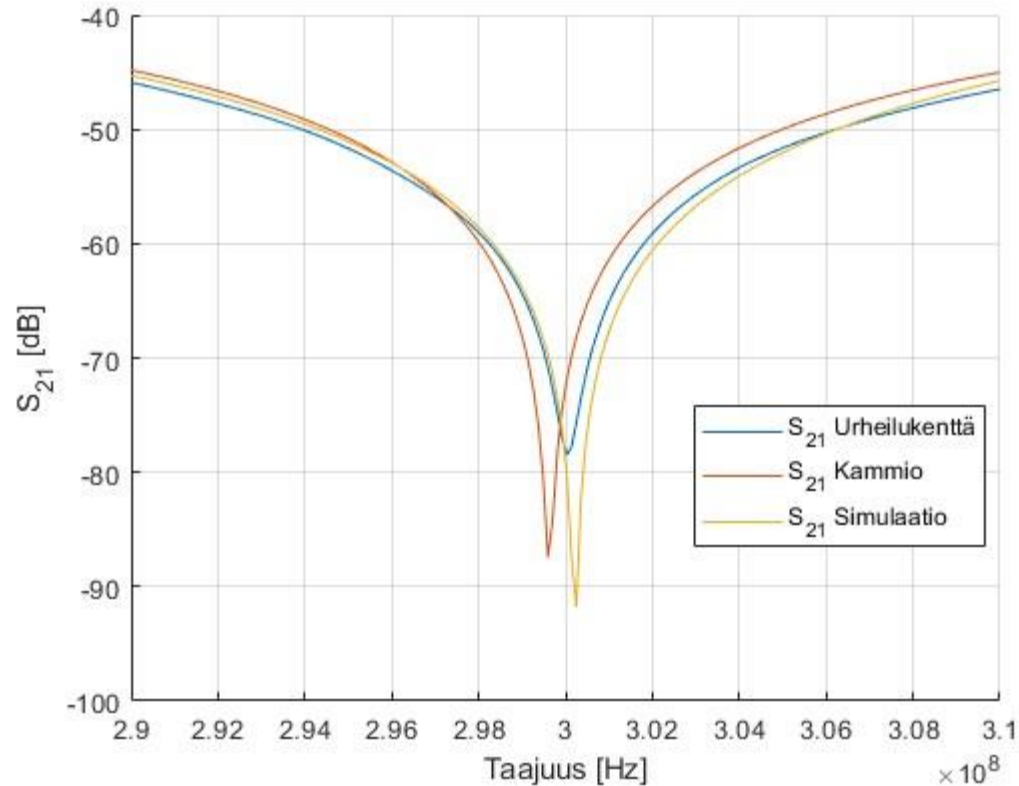
- 3) Kansellerin ohjaus

- +Digitaalinen vaimennus
(tulossa ulkoilmamittauksiin/-demoon)

- Prototyyppikonfiguraation suunnittelu ja toteutus



1) Antenniratkaisu

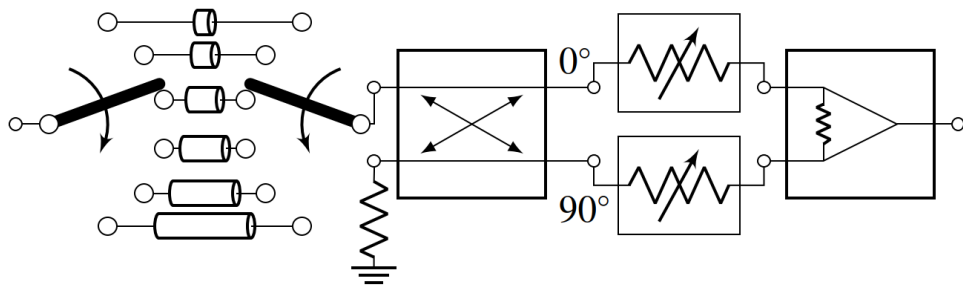


- Ilman resonaattoria 40 dB eristys

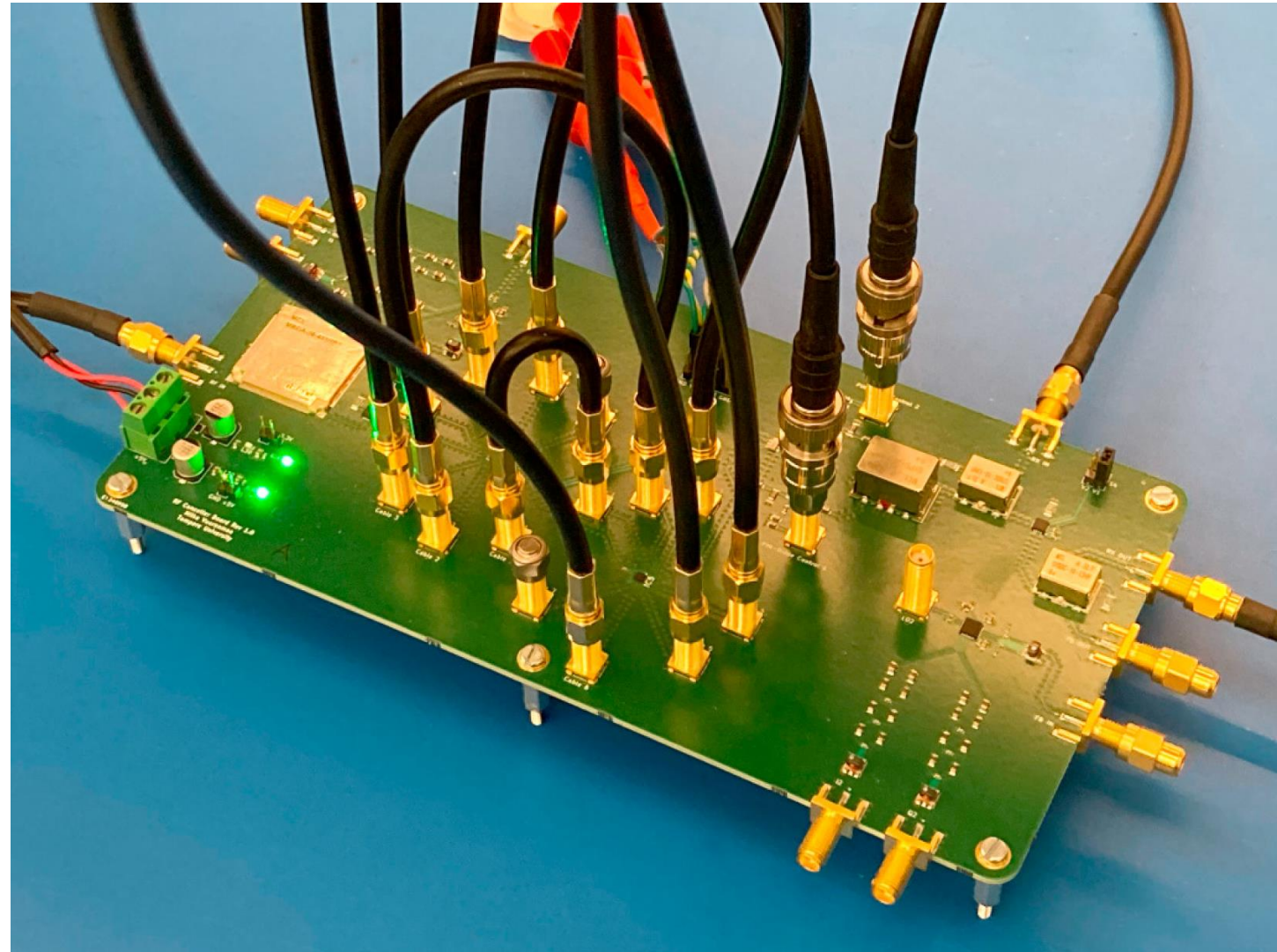


2) Kansellerilauta

- Itseishäiriön vaimennus “vähennyslaskulla”
- 6–8 viivelinjan pankki ja 90° vektorimodulaattori

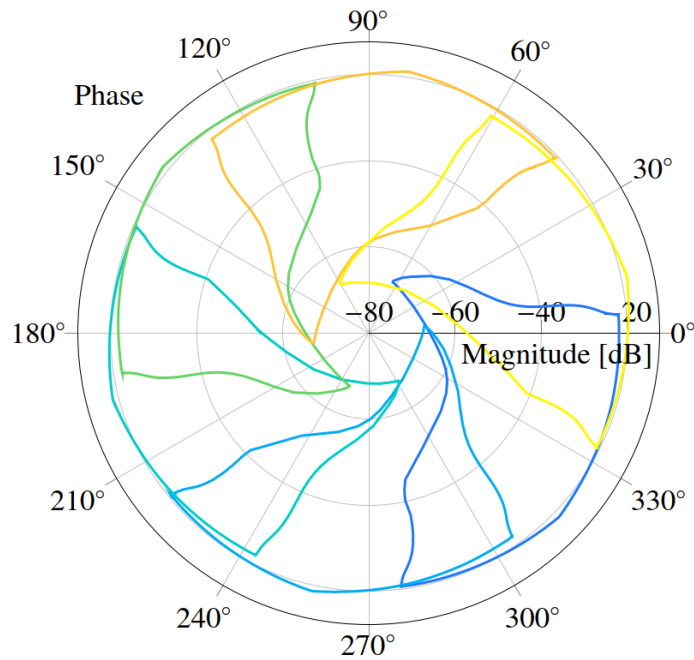


- suuri tehonkesto
- laajakaistainen säätö

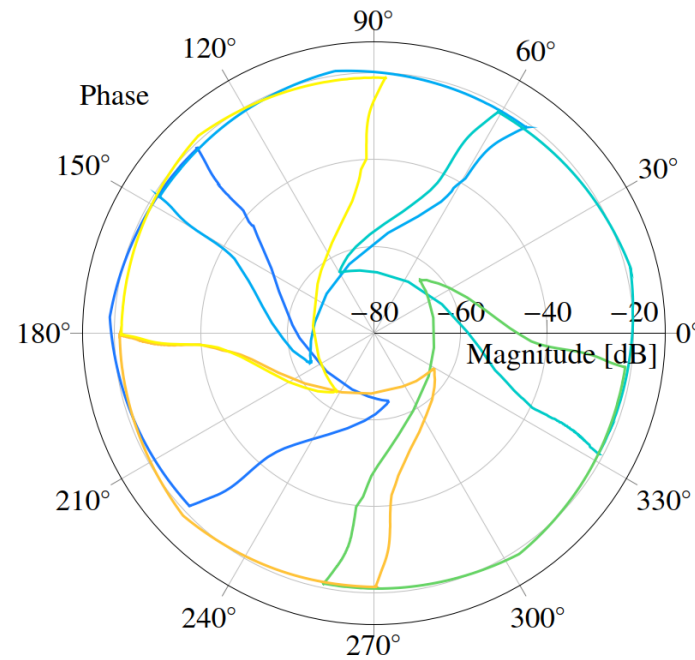


3) Kansellerin ohjaus

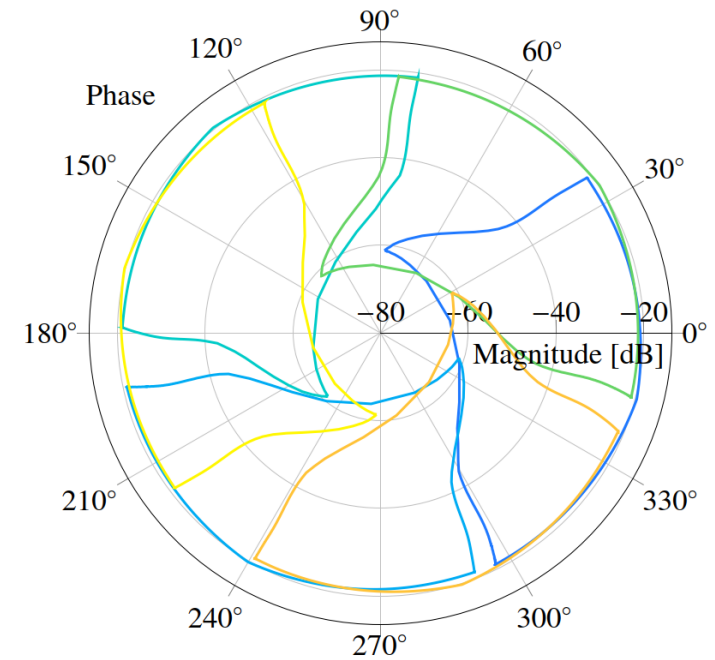
- Kaapelin valinta ja vektorimodulaattorin ohjausjännitteet



(a) at 225 MHz

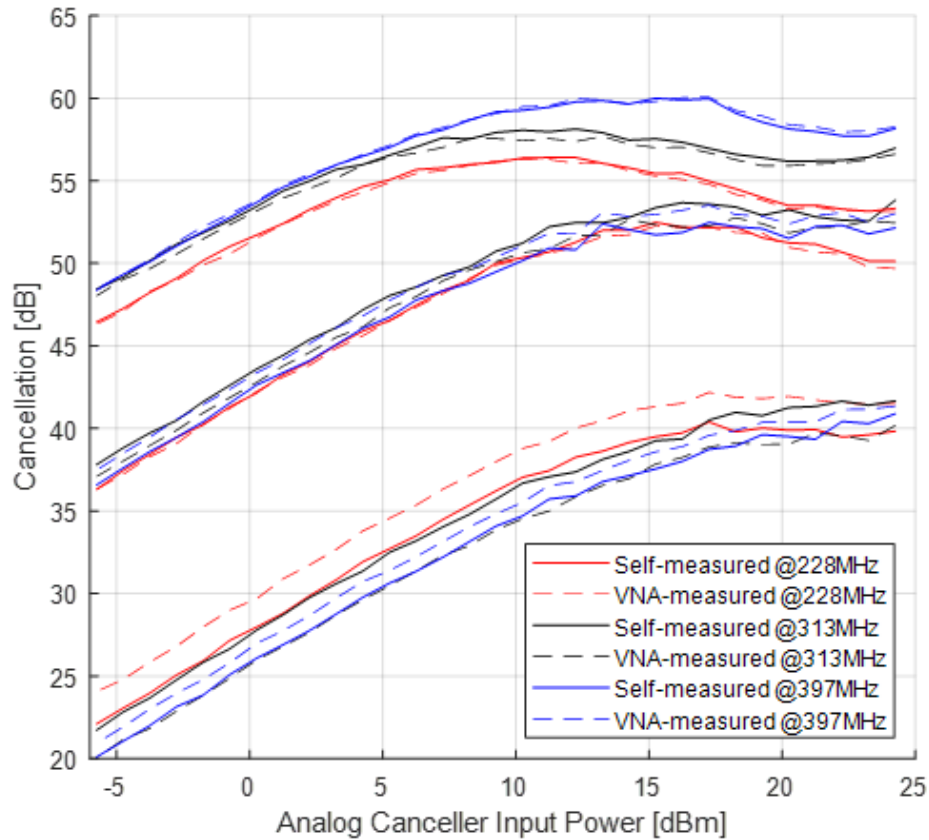


(b) at 300 MHz

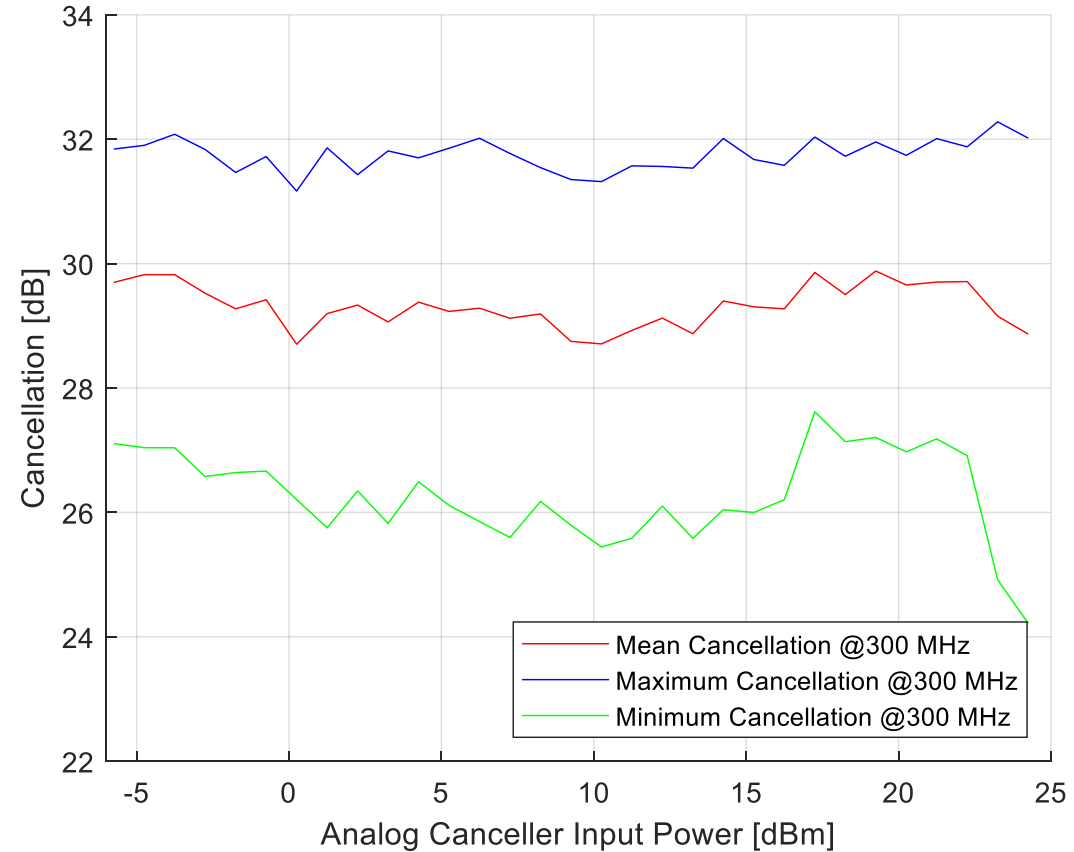


(c) at 400 MHz

Mitattu analoginen vaimennus



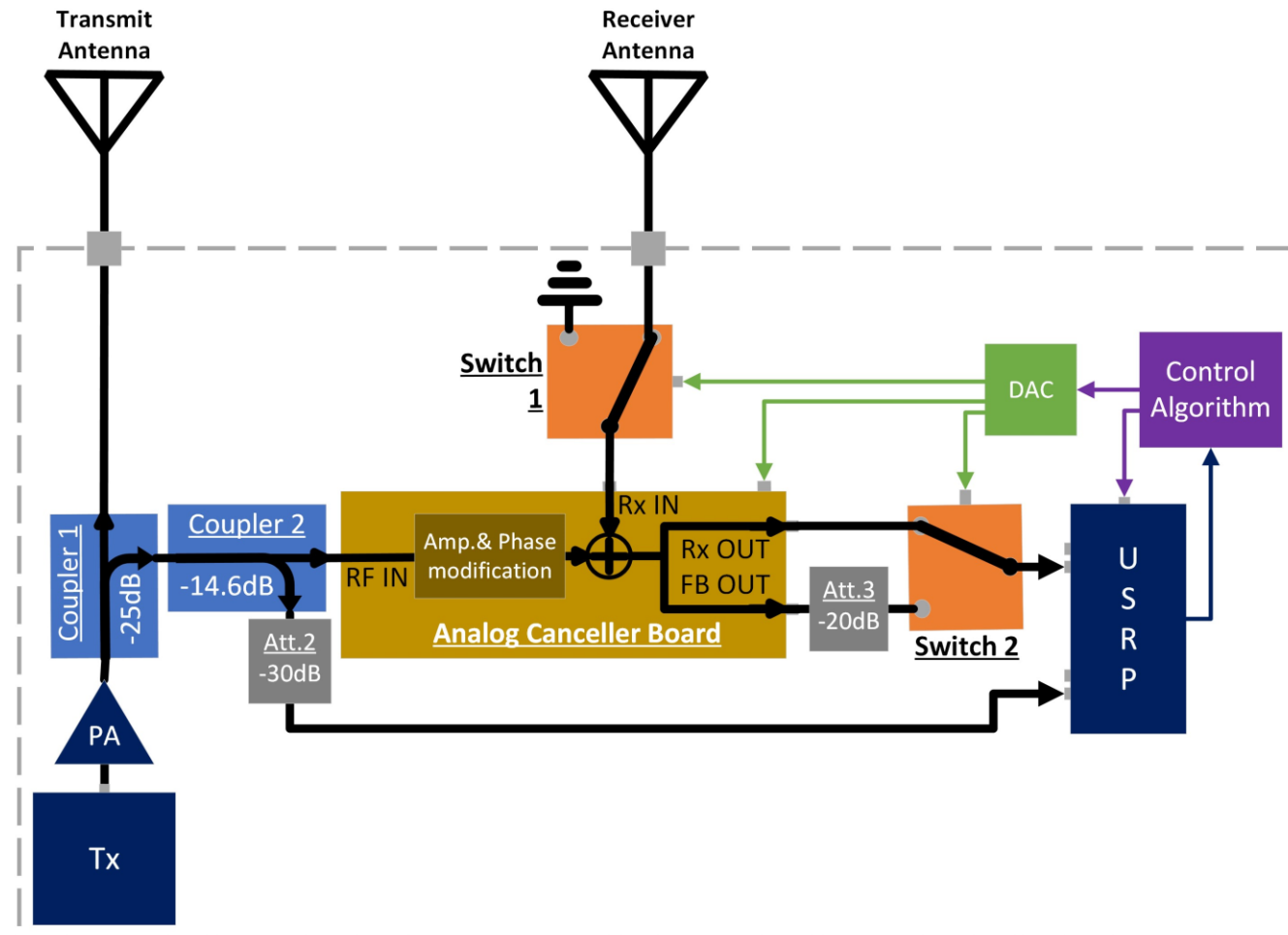
(a) kaapelissa



(b) kammiossa

Prototyypikonfiguraatio

- Mallintaa valmista laitetta ohjelmistoradioita käyttäen
- Sama käytössä myös demossa
- Kokonaisuutta ei voitu vielä testata ulkoilmassa ilman taajuuslupaa



Tutkimuksessa tuotetut julkaisut

- M. Heino, M. Turunen, M. Vuorenmaa, and T. Riihonen, “Design of RF self-interference cancellation circuit for 100-W full-duplex radio at 225–400 MHz”, in *Proc. International Conference on Military Communications and Information Systems (ICMCIS)*, virtual event, May 2021.
- M. Vuorenmaa, M. Heino, M. Turunen, and T. Riihonen, “RF self-interference canceller prototype for 100-W full-duplex operation at 225–400 MHz”, in *Proc. International Conference on Military Communications and Information Systems (ICMCIS)*, Udine, Italy, May 2022.
- M. Vuorenmaa, *High-Power Full-Duplex Radio Prototype at Lower UHF Band: RF Self-interference Canceller Design and Implementation*, M.Sc. thesis, Tampere University, May 2022.
- M. Heino, E. Pöyry, M. Turunen, and T. Riihonen, “Design of high-isolation Yagi–Uda antennas for military full-duplex radios at 300 MHz”, in *Proc. International Conference on Military Communications and Information Systems (ICMCIS)*, Skopje, North Macedonia, May 2023.
- Lisäksi tulossa:
 - ICMCIS 2024 -paperi ja journaliartikkelit
 - Alekski Vihelän ja Eetu Pöyryn diplomityöt



Puolustusvoimien tutkimuslaitos

Tutkimuskatsaus 1–2023

22.02.2023

In-Band Full-Duplex -radion sotilaalliset sovellukset

Heikki Rantanen, Sami Peltotalo
Puolustusvoimien tutkimuslaitos

Taneli Riihonen
Tampereen yliopisto

In-Band Full-Duplex (IBFD) -radio pystyy samanaikaisesti vastaanottamaan ja lähettämään radiosignaaliin moduloitua informaatiota samalla taajuudella. Tämän päivän radioita,

tiedonsiirtokapasiteetin tuplaamista tai saman kapasiteetin saavuttamista puolitetulla taajuusvarauksella, jotka kulmineituvat suoraan taloudelliseksi voitoksi tai kustannusten alentamiseksi.

Yhteenveto

- Maailman eka elektroniseen sodankäyntiin soveltuva full-duplex radiolaitteen prototyyppi
 - 100 W häirintälähetys
 - samanaikainen tiedustelu
- Mittaukset kaapelissa ja ulkoilmassa
- Demo PV:lle/STO:lle EMC-kammiossa

- Ulkomittauskampanja kunhan saadaan taajuuslupa
 - Samalla kenttädemo aidonmukaisessa ympäristössä



**Ihminen
ratkaisee.**