

Matalan intensiteetin hajasperktrisignaalien havaitseminen ja tunnistaminen elektronisessa sodankäynnissä

Toteuttajataho: Harp Technologies Oy



Myönnetty rahoitus: 61.924,- €

Esityksen sisältö

- Tieteellinen ongelma
- Tutkimuksen tavoitteet
- Tulokset ja tulosten analysointi
- Tulosten jatkokäyttö

Esityksen sisältö

- Tieteellinen ongelma
- Tutkimuksen tavoitteet
- Tulokset ja tulosten analysointi
- Tulosten jatkokäyttö

Tieteellinen ongelma (1/5)

- Vastapuolen tietoliikenne- ja tutkalähetteiden havaitseminen
- Kuuluu elektronisen sodankäynnin alaan:
 - Elektroninen tuki (ESM tai ES)
 - Operatiivinen elektroninen tiedustelu ja valvonta
 - Elektroninen uhkavaroitus
 - Strateginen signaalitiedustelu (SIGINT)

Tieteellinen ongelma (2/5)

- Tutka- ja tietoliikennelähetteitä (signaaleja) mitataan vastaanottimella
- Vastaanottimelle kytkeytyy antennin kautta ympäristön kohinaa ja sitä syntyy myös itse vastaanottimessa
- Heikkoja lähetteitä on vaikea havaita kohinan seasta (eli kun signaali-kohina-suhde on alhainen)

Tieteellinen ongelma (3/5)

- Hajaspektritekniikat vaikeuttavat läheteiden havaitsemista entisestään
- Lähetteen amplitudiin reagoiva algoritmi vaatii väh. 10 dB signaali-kohina-suhteen (oma arvio)

Tieteellinen ongelma (4/5)

- Spektraalinen kurtosis (SK) –algoritmi on lupaava algoritmi matalan intensiteetin hajaspektriläheteiden havaitsemisessa ja tunnistamisessa
- $N \cdot M$ -pituisen datavektori (mitattu tai simuloitu) jaetaan N -pituisiin erillisiin osavektoreihin

Tieteellinen ongelma (5/5)

- Lasketaan DFT-muunnokset jokaiselle M osavektorille:

$$x_1(k) \rightarrow X_1(m), \quad k, m = 1 \dots N$$

$$x_2(k) \rightarrow X_2(m),$$

...

$$x_M(k) \rightarrow X_M(m),$$

- Lasketaan kurtosis κ_s kullekin taajuusindeksille (m) joukosta $\{|X_1(m)|, |X_2(m)|, \dots, |X_M(m)|\}$

$$\kappa_s(m) = \frac{M}{M-1} \left[\frac{(M+1) \sum_{i=1}^M |X_i(m)|^4}{\left(\sum_{i=1}^M |X_i(m)|^2\right)^2} - 2 \right]$$

Esityksen sisältö

- Tieteellinen ongelma
- **Tutkimuksen tavoitteet**
- Tulokset ja tulosten analysointi
- Tulosten jatkokäyttö

Tutkimuksen tavoitteet (1/4)

- Tutkitaan spektraalisen kurtosis -menetelmän
 - Käyttökelpoisuutta ja suorituskykyä elektronisessa sodankäynnissä ja signaalitiedustelussa
 - Soveltuvuutta matalan intensiteetin hajaspektrisignaalien *havaitsemiseen* ja *tunnistamiseen*

Tutkimuksen tavoitteet (2/4)

- Tutkimuskohteena vain hajaspektrisignaalit
- Arvioidaan menetelmän suorituskykyä verrattuna
 - Tehospektimittauksiin (PSD)
 - Tavanomaiseen kurtosis-algoritmiin

Tutkimuksen tavoitteet (3/4)

- Verrataan eroja teoreettisen ja mitatun suorituskyvyn välillä
- Suorituskykyvertailussa käytetään samoja signaaleja kuin aikaisemmissa MATINE-hankkeissa (tulosten vertailukelpoisuus)

Tutkimuksen tavoitteet (4/4)

- Arvioidaan menetelmän mahdollisia rajoituksia
- Arvioidaan vaatimuksia operatiiviselle laitteistolle

Esityksen sisältö

- Tieteellinen ongelma
- Tutkimuksen tavoitteet
- Tulokset ja tulosten analysointi
- Tulosten jatkokäyttö

Signaaliparametrit

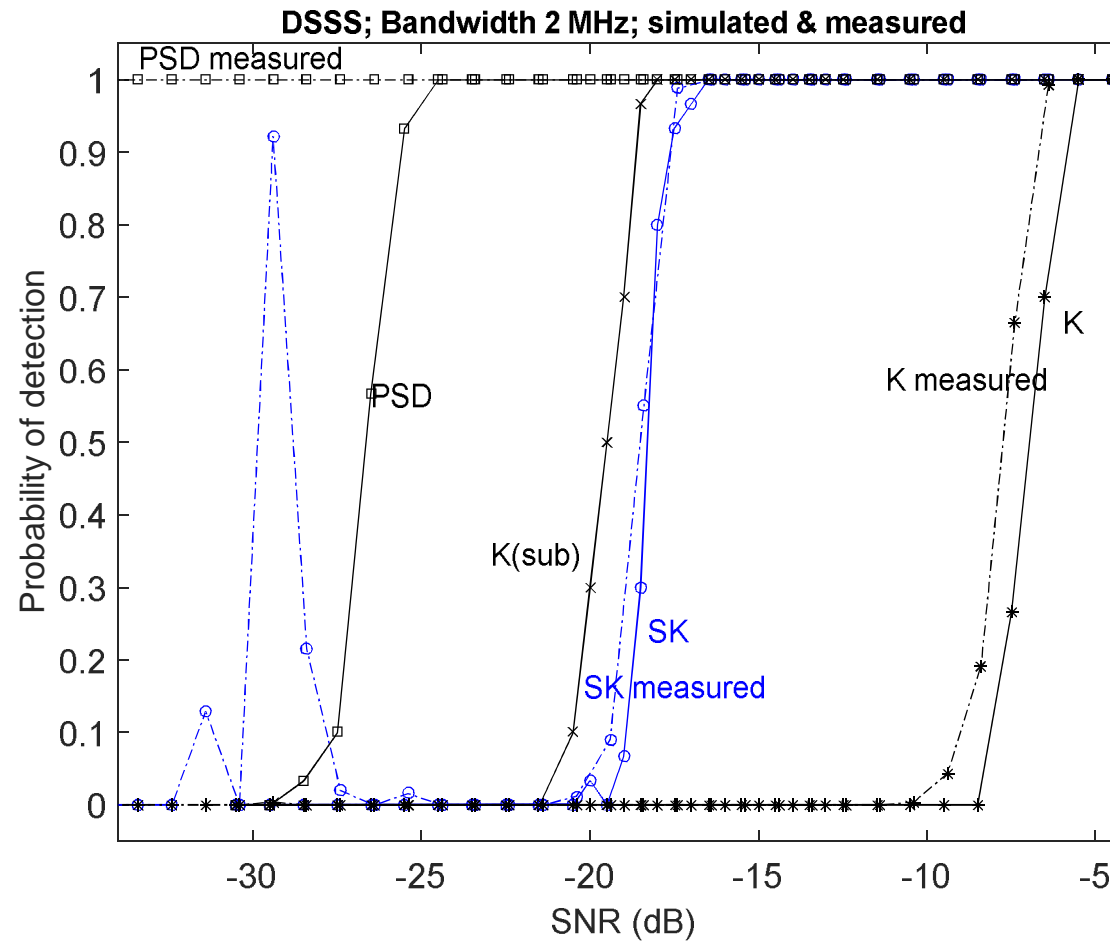
		DSSS-signaali (GPS)	FHSS-tutka	FHSS-tietoliikenne-signaali (Tadiran)
Vastaanotinkaistan alkutaajuus (3 dB)	MHz	1485	1485	0
Vastaanotinkaistan lopputaajuus (3 dB)		1665	1665	118/108 (CH1/CH2)
Signaalikaistan leveys		2 / 20 (C/A tai P)	150	58
Näytteenottotaajuus		500	500	250
Hyppytaajuus	Hz	-	10, 100, 1k, 100k	100, 1k, 10k, 1M
Pulssintoistotaajuus (PRF)		-	100, 1k, 10k, 1M	100, 1k, 10k, 1M
Pulssisuhde	%	100%	0.1%, 1 %, 10 %	95%
Hyppytaajuuksien lukumäärä	-	-	16	128

- Siniset parametrit vain simulaatioissa, muut myös mittauksissa

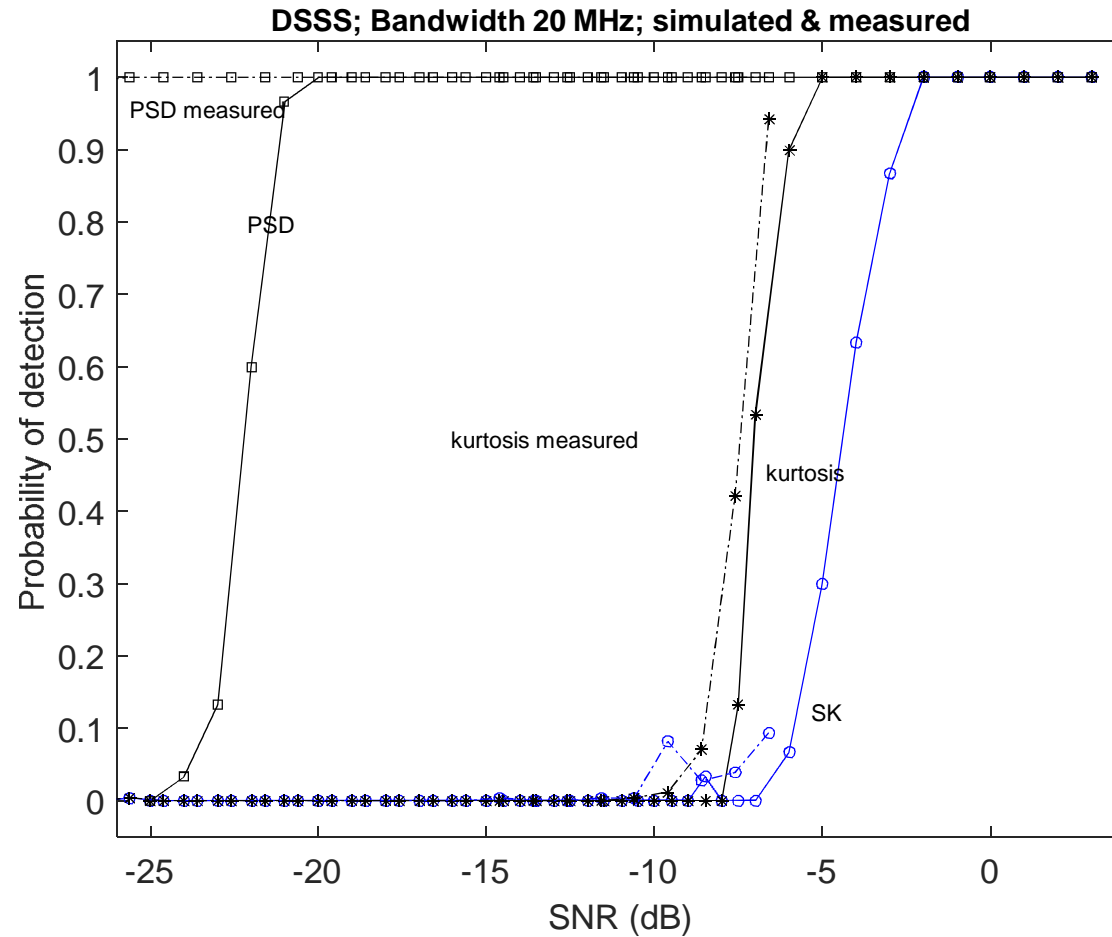
Laskentaparametrit

- $N = 256$ (taajuusresoluutio 2/1 MHz)
- $M = 1280$
- $N \cdot M = 327680$ (aikares. 0.66/1.3 ms)

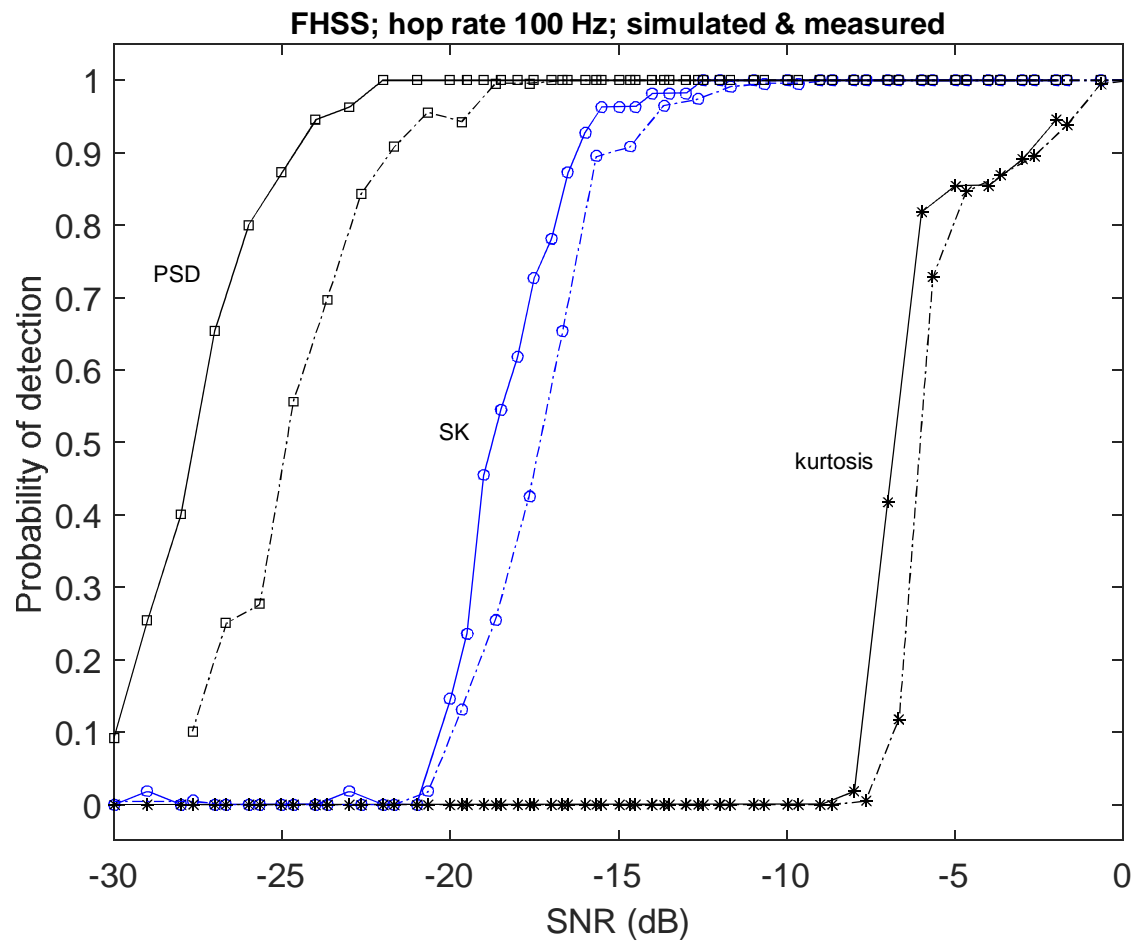
DSSS (1/2)



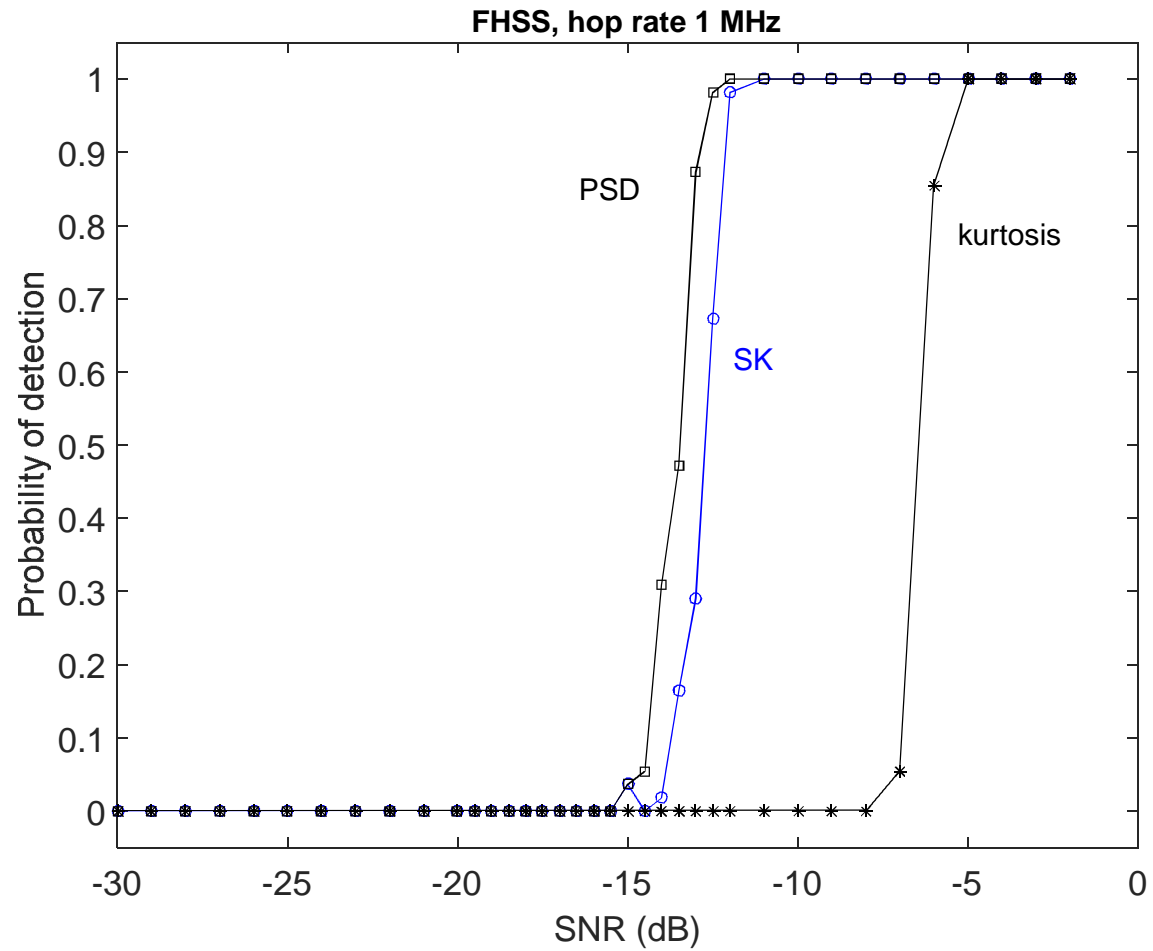
DSSS (2/2)



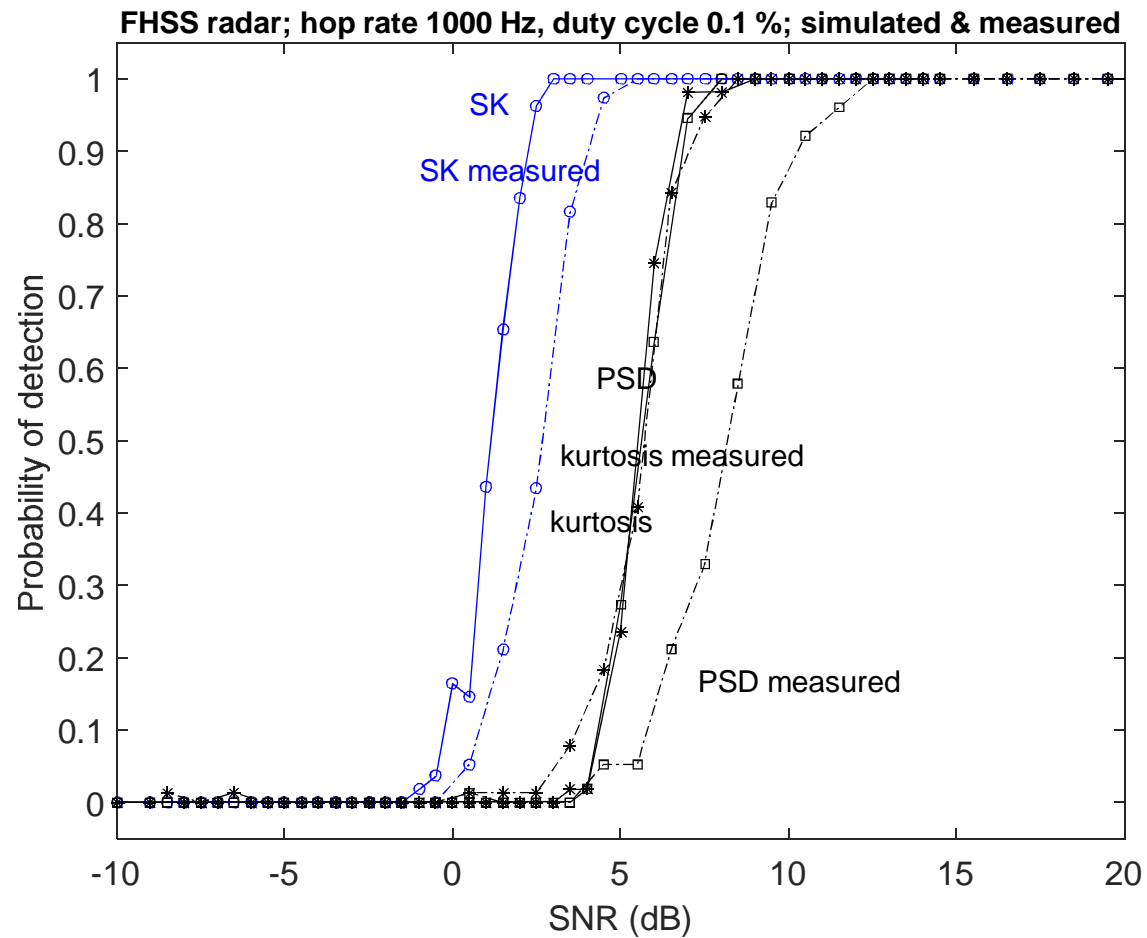
FHSS (1/2)



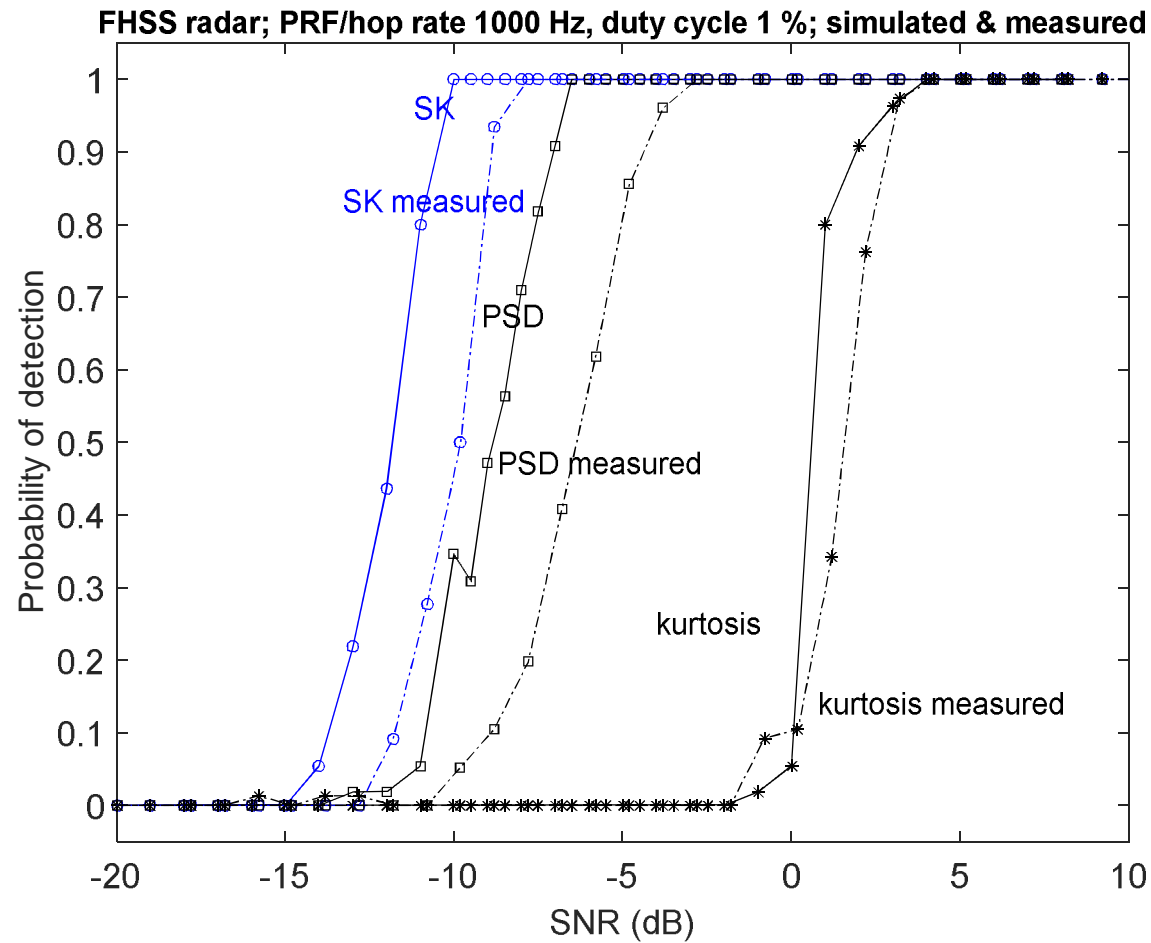
FHSS (2/2)



FHSS-tutka (1/3)

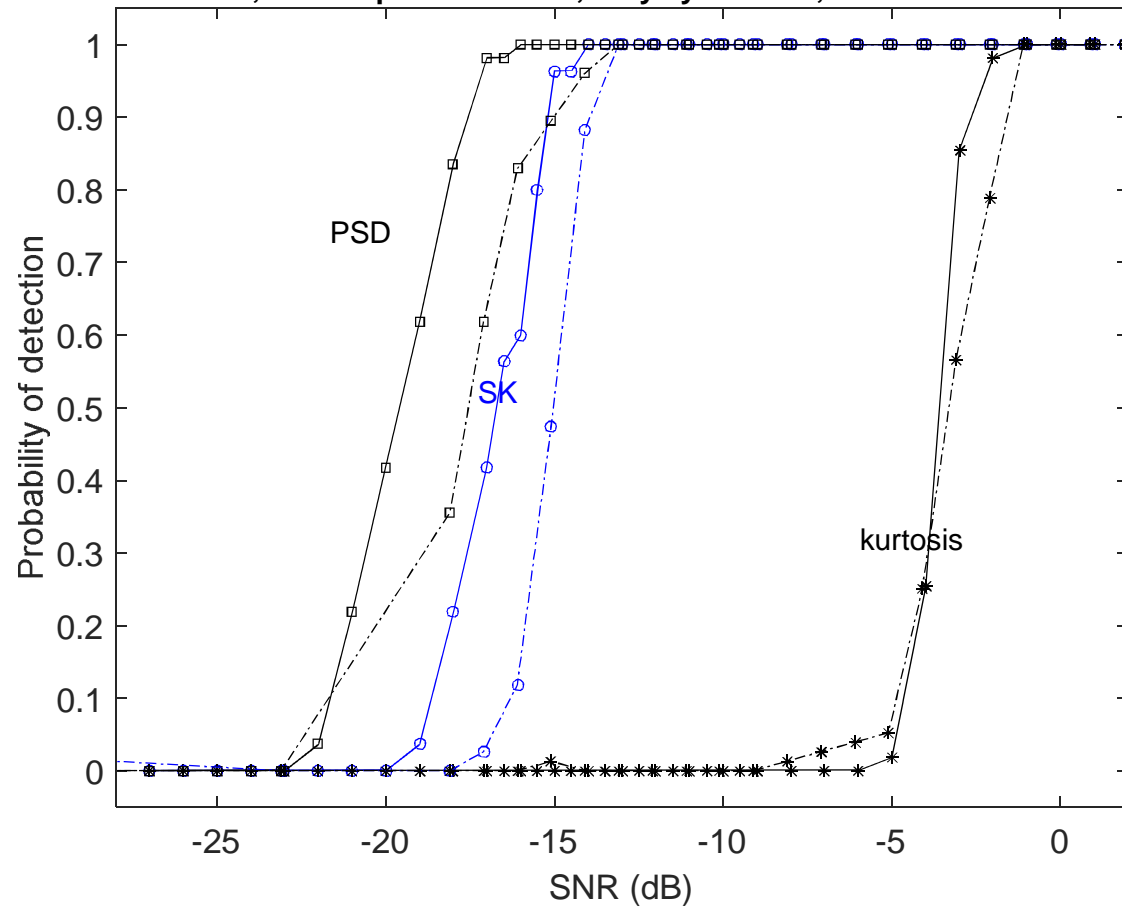


FHSS-tutka (2/3)



FHSS-tutka (3/3)

FHSS radar; PRF/hop rate 1000 Hz, duty cycle 10 %; simulated & measured



Yhteenveto (1/4)

- Spektraalinen kurtosis (SK) on herkempi kuin tavanomainen kurtosis-ilmaisoin
- Alikanavointi parantaa tavanomaisen kurtosis-algoritmin herkkyyttä jopa SK:ta paremmaksi
- SK on PSD:tä herkempi jos FHSS-tutkasignaalin pulssisuhde on pieni ja/tai hyppytaajuus suuri

Yhteenveto (2/4)

- SK- ja PSD-ilmaisutyypeillä on synergiaa sekä performanssissa että HW-toteutuksessa
- SK on immuuni tehotason vaihtelulle (toisin kuin PSD); käytännössä SK saa siis suhteellista herkkyysetua (etu on olosuhde- ja laitteistoriippuvainen)

Yhteenveto (3/4)

- SK on hyvä pienten pulssisuhteiden (tässä FHSS-tutka) havainnoinnissa
- SK:ssa taas CW-tyyppiset signaalit vaimentuvat (suhteessa PSD:hen)
 - → joskus haitta, joskus taas mahdollinen etu, jos halutaan keskittyä havainnoimaan pieniä pulssisuhteita muiden signaalien joukosta

Yhteenveto (4/4)

- Summa summarum: kullakin algoritmilla on omat vahvuusalueensa, ja paras tulos saavutetaan jos ne kaikki ovat käytössä

Esityksen sisältö

- Tieteellinen ongelma
- Tutkimuksen tavoitteet
- Tulokset ja tulosten analysointi
- Tulosten jatkokäyttö

Tulosten jatkokäyttö

- Hankkeen tuloksia voidaan hyödyntää kehitettäessä hajaspektrilähetteiden havainnointimenetelmiä ja tuotteita
 - Lavettien omasuojajärjestelmiin
 - Operatiivisen elektronisen tiedustelun ja valvonnan järjestelmiin
 - Strategisen signaalitiedustelun järjestelmiin

Kiitokset

- Rahoittaja: MATINE
- Yhteistyökumppanit Puolustusvoimissa:
 - PVTutkL (Riihimäki)
 - Merivoimat
 - Ym.