



ILMATIETEEN LAITOS  
METEOROLOGISKA INSTITUTET  
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

# Meteorologisten havaintoasemien tietoliikennearatkaisut

Lasse Latva

Ilmatieteen laitos / Havaintotekniikka

Valvoja: Prof. Sven-Gustav Häggman

Ohjaaja: FT Johan Silén



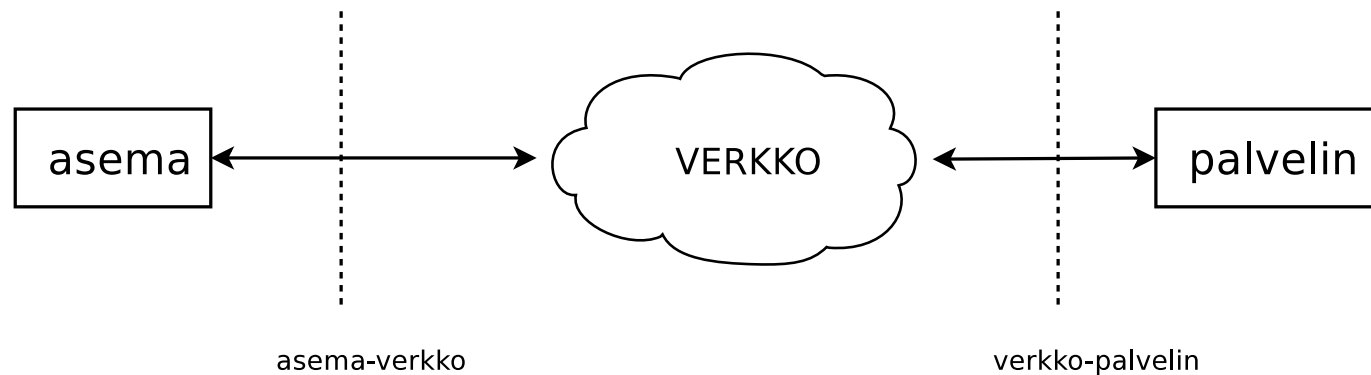
# Sisältö

1. Tutkimusongelma
2. Tutkimusmenetelmät
3. Mahdollisia tekniikoita
4. Suoritetut mittaukset ja saadut mittaustulokset
5. Muut vertailussa olleet tekniikat
6. Yhteenvedo



# Tutkimusongelma

”Työn tavoitteena on selvittää mitkä nykyiset ja lähitulevaisuuden tietoliikennetekniikat soveltuvat meteorologisten havaintojen luotettavaan siirtoon havaintoasemilta Ilmatieteen laitoksen toimipaikan lähiverkkoon.”

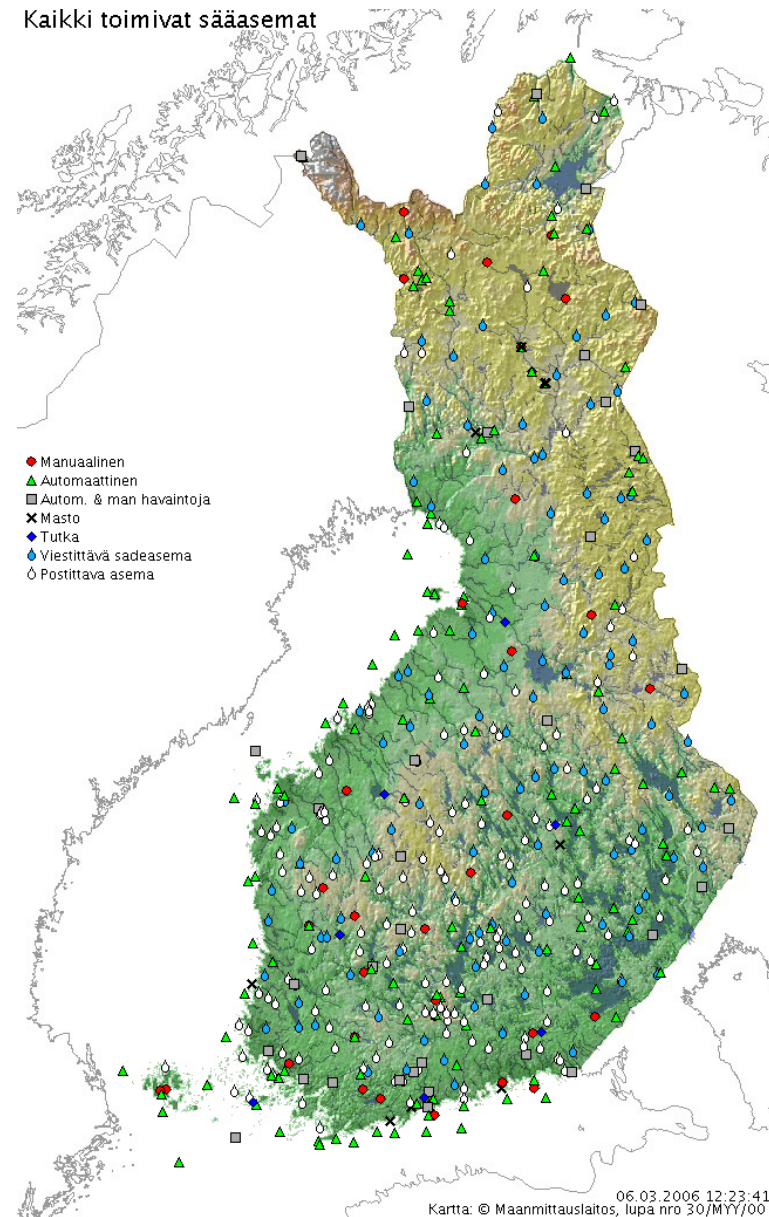




## IL:n havaintoasemaverkko

- noin 500 havaintoasemaa ympäri Suomea ja sen merialueita
- valtaosa asemista automaattisia säähavaintoasemia (AWS, Automatic Weather Station)
- AWS-asetilla mitattavia suureita ovat muun muassa: lämpötila, kosteus, näkyvyys, tuulen suunta ja nopeus, sademäärä, pilvet, lumensyvyys ja maanpinnan laatu
- havaintoja kerätään tiheimmillään minuutin välein
- 8 tutka-asemaa

Kaikki toimivat sääasemat





## Havaintoasemien tietoliikenne

- eri asematyyppejä, datan määrä vaihtelee asemakohtaisesti
- AWS-aseman tapauksessa lyhyt sääsanoma, alle 1 kt
- huoltotoimia varten asemille on muodostettavissa pääteyhteys
- valtaosa nykyasemista välittää havaintonsa valintaisen yhteyden (puhelinmodeemi/GSM-data) kautta, mutta soittoyhteydet ovat kalliita ja hankalia, erityisesti keruun tiheytyessä
- halutaan kustannustehokkaita mutta luotettavia vaihtoehtoja
- yhteyksien saatavuus (engl. availability) keskeisessä asemassa pyrittäessä katkeamattomaan reaaliaikaiseen havaintovirtaan





# Tutkimusmenetelmät

- kirjallisuusselvitys
  - soveltuvat tekniikat
- mittaukset
  - soveltuvien tekniikoiden testaaminen
  - pääasiassa saatavuus- ja siirtonopeusmittauksia



# Mahdollisia tekniikoita

- GSM/GPRS
- WCDMA (UMTS)
- UTRA-TDD
- satelliittitekniikat (LEO, GEO)
- ISM-alueiden radiotekniikat
- WiMAX
- FlashOFDM
- HF-radioyhteydet
- kiinteän linjan tekniikat



# Suoritetut mittaukset

## Järjestelmät:

- GPRS GSM-verkossa
- (GPRS-)pakettidatayhteys VIRVE-viranomaisverkossa
- GEO-radon VSAT-järjestelmä (DVB-RCS, 14-15 GHz)

## Mittaukset:

- saatavuus
- viive
- tyypillinen siirtonopeus
- tiedonsiirron virheettömyys





# GEO-radon VSAT-järjestelmä



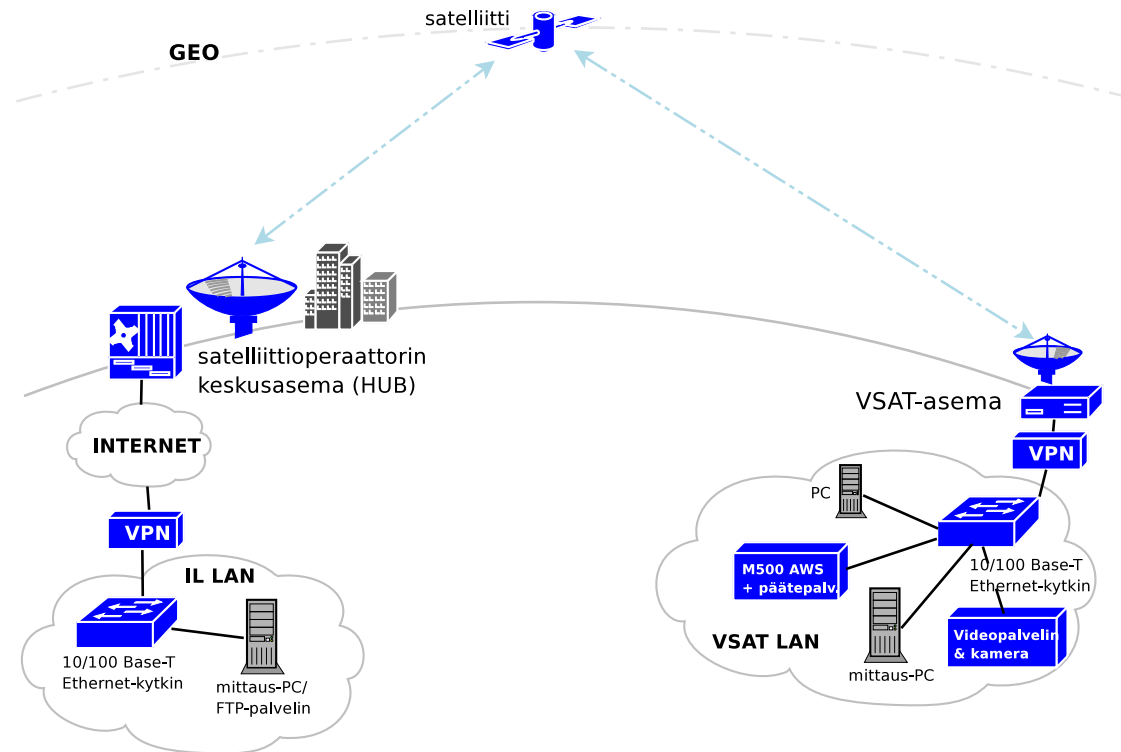
- Skylogic/Eutelsat, DVB-RCS
- GEO-radon broadcast-satelliitit
- 14-15 GHz
- VSAT-aseman lähetysteho 2 W
- antennin halkaisija 96 cm
- siirtonopeus 1 Mb/s ↓, 500 kb/s ↑
- mahdollista muodostaa oma verkko satelliittimaa-asemien välille (VSAT-VSAT)

Kuva: VSAT-testiaseman ulkoyksikkö antennineen IL:n Dynamicum-talon katolla Helsingin Kumpulassa

VSAT = Very Small Aperture Terminal



# VSAT-testiyhteyden rakenne



VSAT-mittauksen testiverkko.

Nopeusmittaus suoritettiin lisäksi ilman VPN-yhteyttä.



# VIRVE

- ETSI:n TETRA-standardiin perustuva maanlaajuinen **viranomaisverkko**
- taajuudet 380-386 MHz ja 390-396 MHz
- $\pi/4$  -DQPSK -modulaatio, 25 kHz kanava
- TDMA, neljä aikaväliä
- taajuusjakoinen duplekointi (FDD)
- pakettidatalla max. 4,7 kb/s

# GSM/GPRS

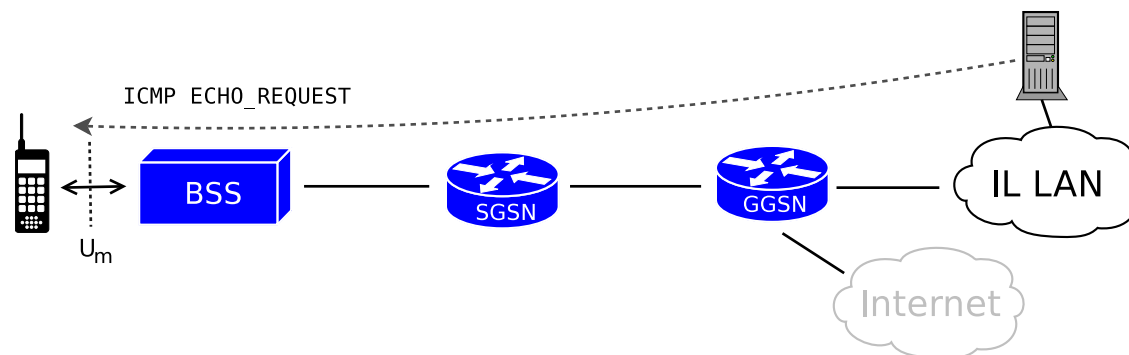
- GSM 900, GSM 1800 (MHz)
- määritelty ETSI:n standardeissa
- GMSK-modulaatio, 200 kHz kanava
- TDMA, kahdeksan aikaväliä
- taajuusjakoinen duplekointi (FDD)
- pakettidatalla max. 9-21 kb/s per käytettävä aikaväli



# Saatavuusmittaus

- 30 vuorokauden tarkastelujakso
- minuutin välein ICMP-protokollalla (TCP/IP) yhteyden kautta kolme kaiutuspyyntöä (ECHO\_REQUEST), jos yhteenkin kolmesta pyynnöstä saadaan vastaus 10 sekunnin kuluessa, yhteys käytettävissä tarkasteluhetkellä
- sama komentojono ja samat parametrit kaikille testatuille yhteyksille ja yhteystekniikoille
- saadaan tietoa myös pakettidatayhteyden kokemasta RTT-viiveestä (Round Trip Time)

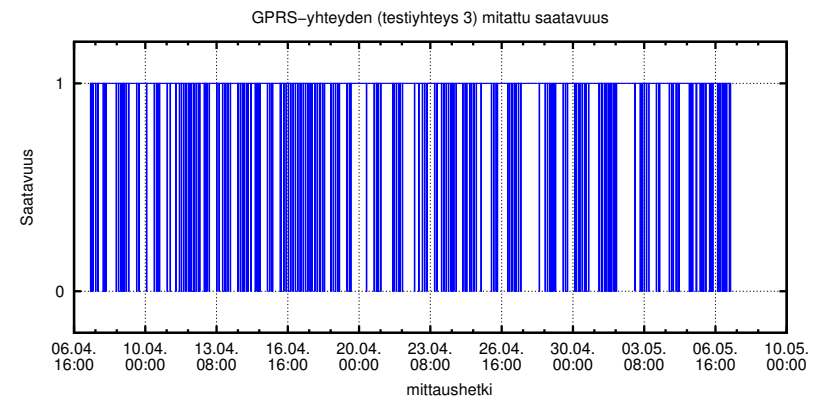
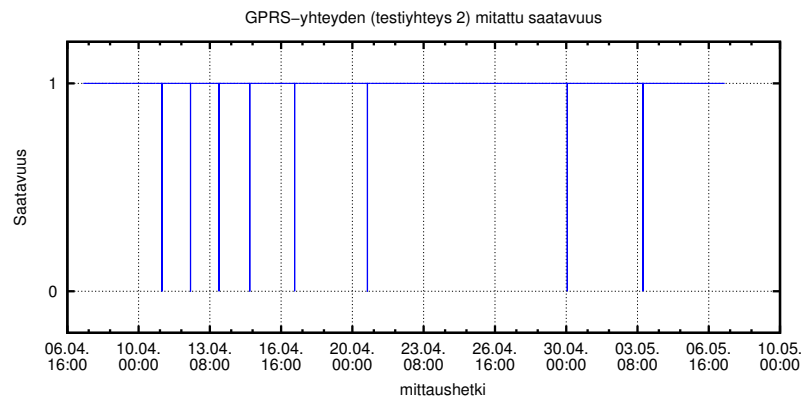
Esimerkiksi GPRS:n tapauksessa käytettäessä IL:n APN:ää (Access Point Name):





# (GSM-)GPRS-yhteyksien saatavuus

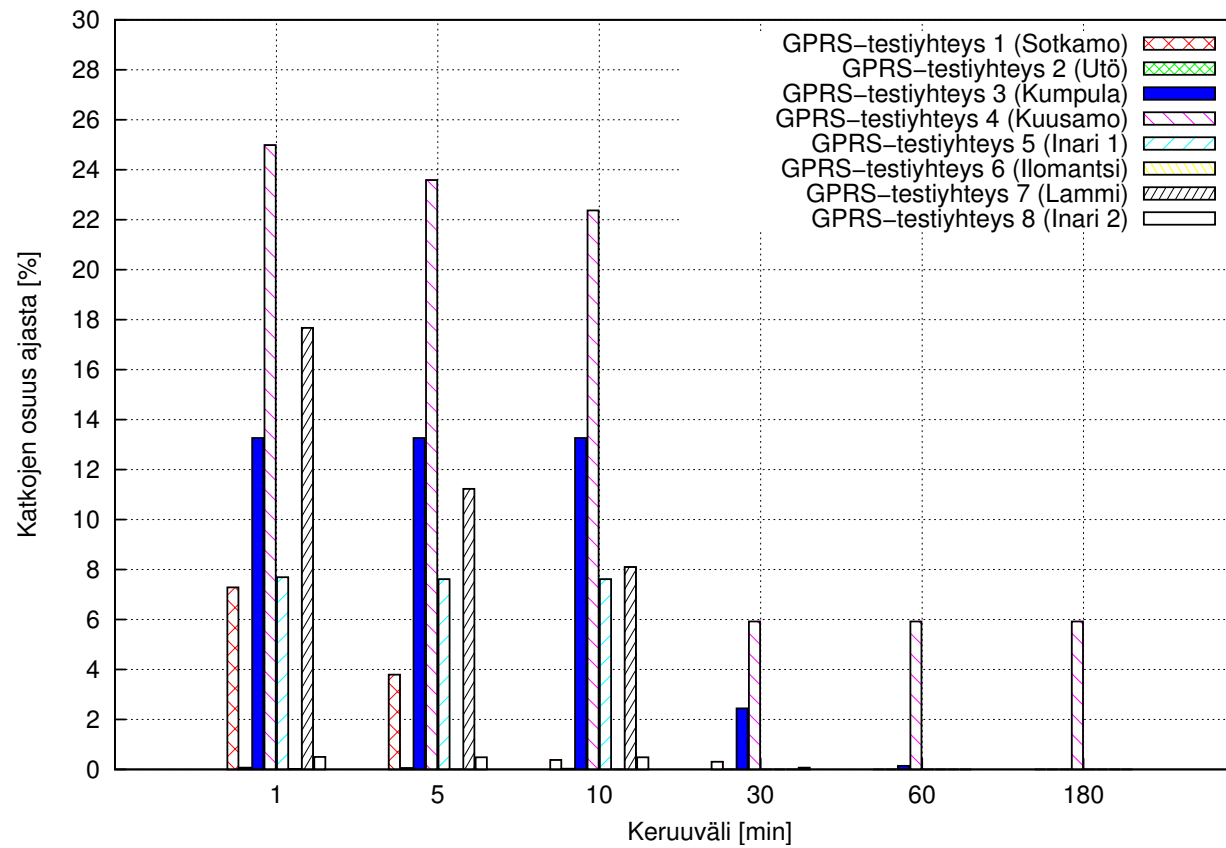
- kahdeksan mittauksen kannalta identtistä testiasemaa ympäri maata
- 30 vrk:n mittauksen aikana havaittiin asemien välillä huomattavia eroja saatavuudessa



- radioyhteyden laadun lisäksi verkon kuormitus näyttäisi vaikuttavan saatavuuteen
- vertailumittauksen avulla pyrittiin mittaamaan operaattorikohtaisia eroja ja yleisötilaisuuden aikaan järjestetyllä mittauksella selvittämään alttiutta verkon kuormitukselle
- havaintojenkeruun kannalta oleellista: kuinka pitkiä katkot ovat?



GPRS-yhteyksien katkoaikojen prosentiosuudet eri keruuväleillä

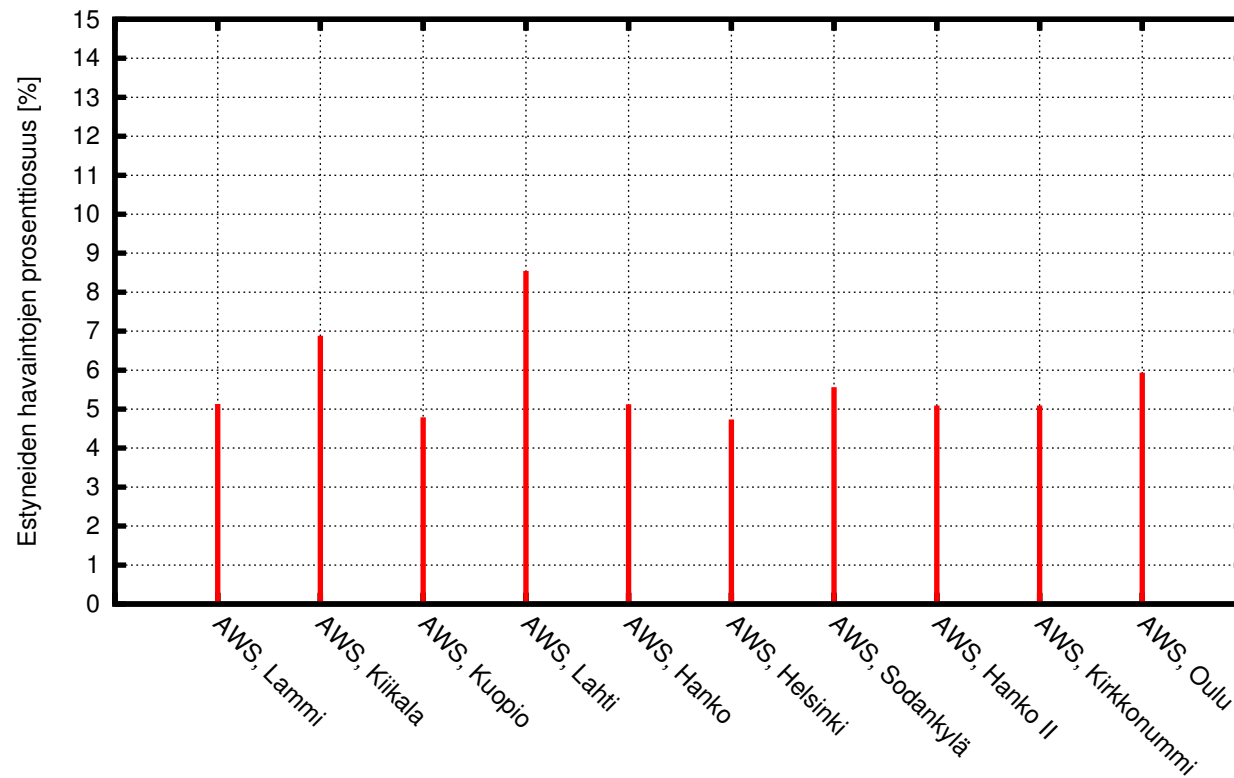


(asemalla 4 oli pitkä sähkökatko) Jos sähkökatkosta kärsinyt asema jätetään huomiotta 5 min max-viiveellä keskiarvo: 5,2 %, 2 kk tilastot operatiivisesta GPRS-AWS-keruusta: n. 5,7 % GPRS-keruun havainnoista estyy.



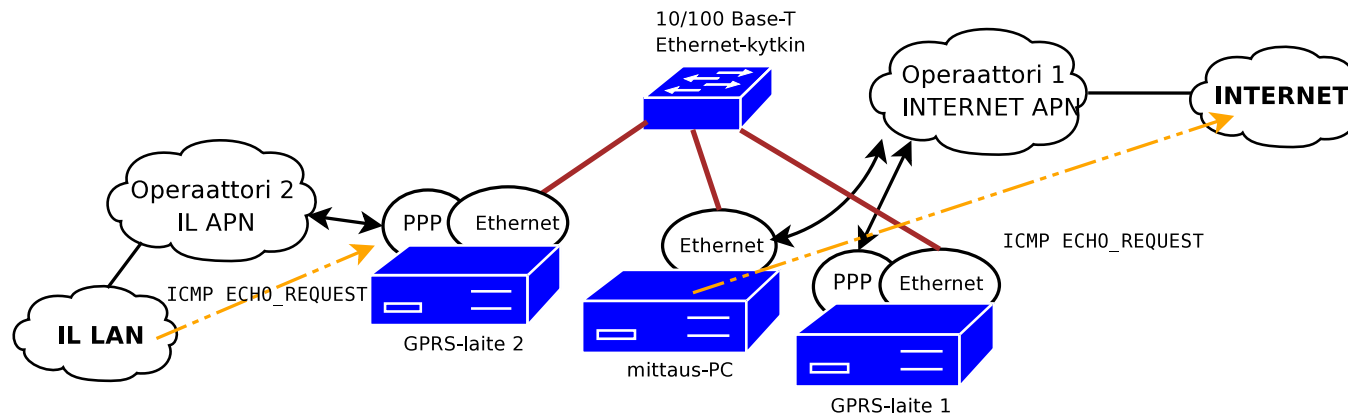
# Estyneiden havaintojen osuus operat. GPRS-AWS-keruussa

GPRS-keruun jälkeen puuttuvien havaintojen osuus (10 AWS-asemaa, 2kk tarkastelujakso)





# Saatavuuden vertailumittaus







# Saatavuuden vertailumittaus - operaattorikohtaiset erot / verkon kuormituksen vaikutus

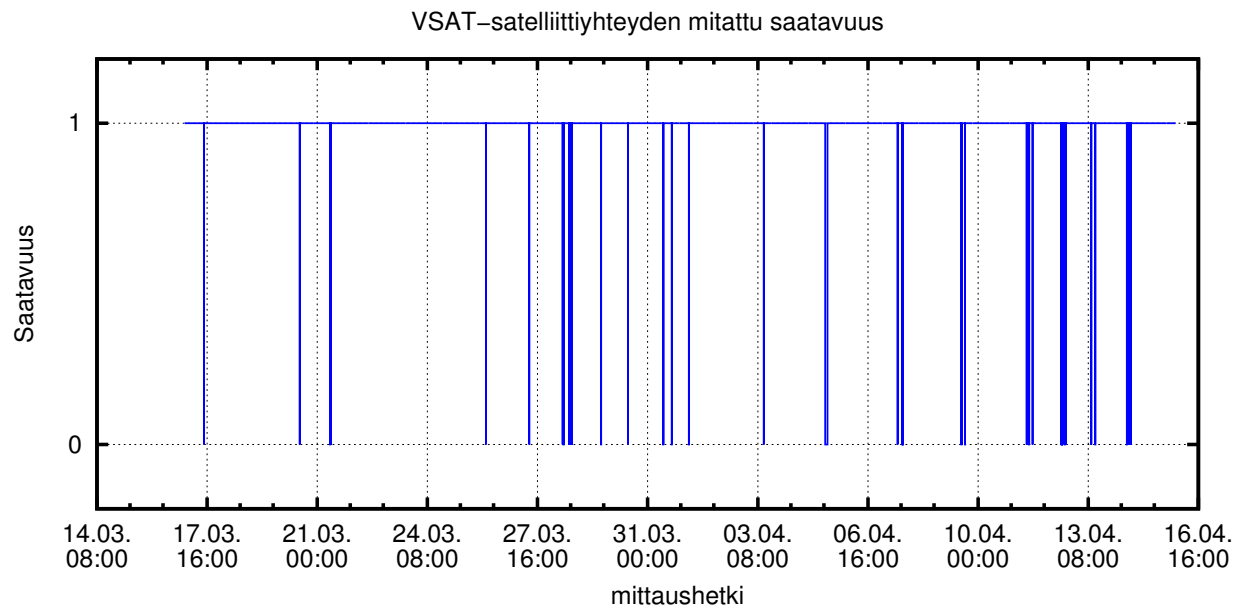
- mikäli operaattori ei varaa aikavälejä GPRS-käyttöön, estyy pakettidatayhteys hetkittäin sellaisilla alueilla, joilla on paljon piirikytkentäistä liikennettä
- operaattorit voivat priorisoida liikennettä eri tavoin
- operaattorikohtaiset erot: vertailumittaus Helsingin Kumpulassa, tulos: ei lyhyellä ajanjaksolla havaittavaa eroa kahden vertailussa olleen operaattorin GPRS-yhteyksissä
- verkon kuormituksen vaikutus: viitteitä jo aiempien saatavuusmittausten aikaan, tehtiin vertailumittaus Helsingin Kaisaniemessä YleX:n POP-konsertin aikana. Tulos: konserttipäivä sateinen, vähän yleisöä, ei havaittu estoa eikä siten myöskään operaattorikohtaisia eroja
- erityisesti kuormituksen vaikutusta olisi hyvä tutkia lisää

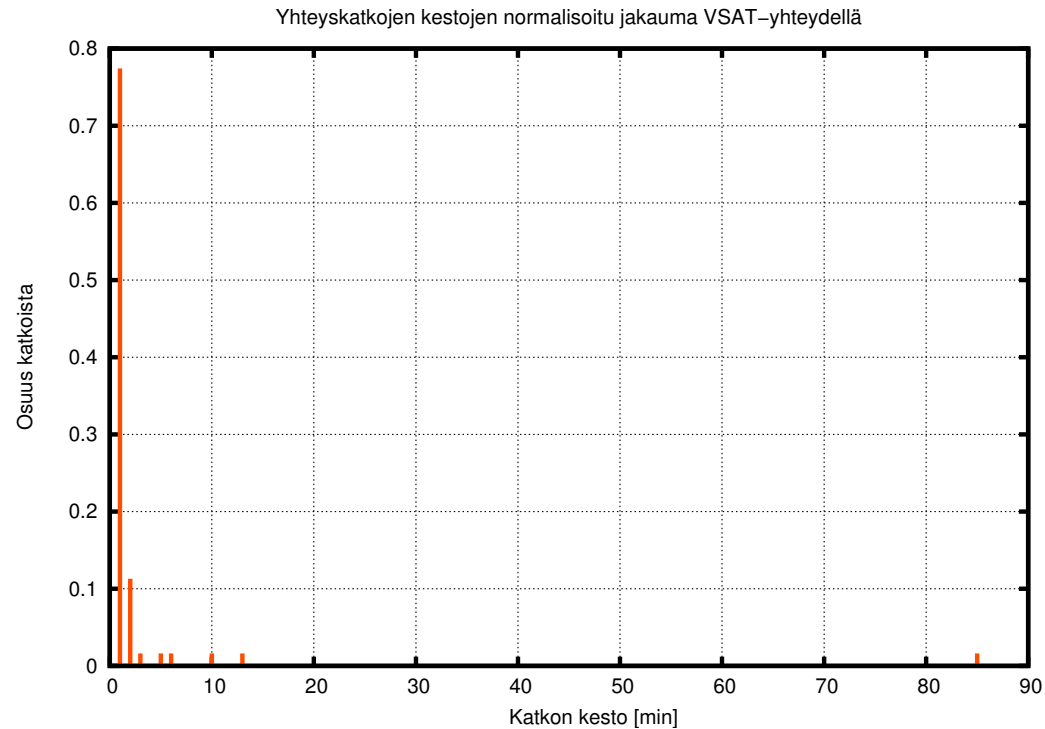


# VSAT- ja VIRVE-yhteyksien saatavuus

VSAT:

- mitattiin koko yhteysväliltä VPN-yhteyden yli IL:n lähiverkosta VSAT-aseman lähiverkkoon
- 30 vrk tarkastelujakso
- mitattu saatavuus 99,6 %.





## VIRVE:

- mitattiin (noin 2 kk, tarkastelujakso 30 vrk) kahden TETRA-päätelaitteen väliltä
- mitattu saatavuus oli heikko, tarkastelujaksolla n. 75 %
- runsaiden katkojen syyksi vahvistui vika verkossa



# Siirtonopeusmittaus

- mitattiin nettosiirtonopeutta FTP-siirrossa TCP/IP-yhteyden yli
- testitiedosto oli gzip-pakattua tekstiä ja se on koko oli GSM- ja VIRVE-mittauksissa noin 873 kt, satelliittiyhteydellä noin 49 megatavua.
- mittauskomentojono lähetti testitiedostoa toistuvasti yhteyden yli ja kirjasi kullakin siirtokerralla siirtoajan sekä laski tiedostosta SHA1-tiivisteeseen (tiedonsiirron virheettömyys)

## Tulokset:

- GPRS:n (tavallisessa GSM-verkossa, ei EDGE-laajennusta) siirtonopeus on noin 40 kb/s
- VIRVE-verkossa siirtonopeus oli keskimäärin noin 2,7 kb/s siirtonopeuden pysyessä erittäin hyvin vakiona
- VSAT-satelliittiyhteydellä nopeusvaihtelut olivat suurempia, mikä voi osittain selittyä sillä, että yhteys kulki Internetin kautta. Nopeudeksi laskevassa siirtosuunnassa (downlink) mitattiin VPN-yhteyden kautta 273 kb/s ja 916 kb/s ilman VPN-yhteyttä. Vastaavat arvot nousevaan siirtosuuntaan (uplink) olivat 225 kb/s ja 171 kb/s.



# Muut vertailussa olleet tekniikat

- WCDMA (UMTS) → tällä hetkellä lähinnä nopeuspäivitys GSM:n GPRS:ään
- UTRA-TDD → verkko rakenteilla, ei mahdollista arvioida vielä
- LEO-satelliittitekniikat → yhteyskustannukset rajoittavat käyttöä jatkuvaan siirtoon
- ISM-alueiden radiotekniikat → rajoitetun kantaman vuoksi eivät sovellu
- WiMAX → verkkojen alueellisuus rajoittaa ja hankaloittaa käyttöä sovelluksessa
- FlashOFDM → Digitan @450-verkko vaikuttaa lupaavalta, muttei vielä toiminnassa
- HF-radioyhteydet → itsenäinen, riippumaton havainnonsiirtoverkko teoriassa mahdollinen, mutta vaatii lisäselvityksiä
- kiinteän linjan tekniikat → soveltuvat jos asemapaikka ja yhteysetäisyys sallivat (kustannukset)



# Yhteenveto

- GSM-verkossa toimivan GPRS-pakettidatayhteyden kautta mahdollista siirtää huomattava osuus havainnoista edullisesti "reaaliajassa", mutta yhteyksissä huomattavia laatueroja
  - edullinen, mutta altis ruuhkalle verkossa
- VIRVE tarjoaa viranomaiskäyttöön GPRS-tekniikkaa hyödyntävän, mutta julkisesta televerkosta riippumattoman pakettidatayhteyden
  - palveluverkon kustannushyödyt, erillisen rajoitetun käyttäjäryhmän viranomaisverkon edut
- GEO-radan VSAT-tekniikka soveltuu tietoliikenneteknisten ominaisuuksiensa puolesta sovellukseen
  - mahdollisuus yhdistää VSAT-asemia keskenään verkkoon
  - VSAT-VSAT -yhteyksillä n. 1,5 sekunnin viive
- muut yhteystekniikat
  - kiinnostavimmat vaihtoehdot rakenteilla oleva valtakunnallinen FlashOFDM-verkko sekä omat radioyhteydet HF-taajuusalueella
  - jatkotutkimuksena voisi selvittää näiden soveltuvuutta tarkemmin

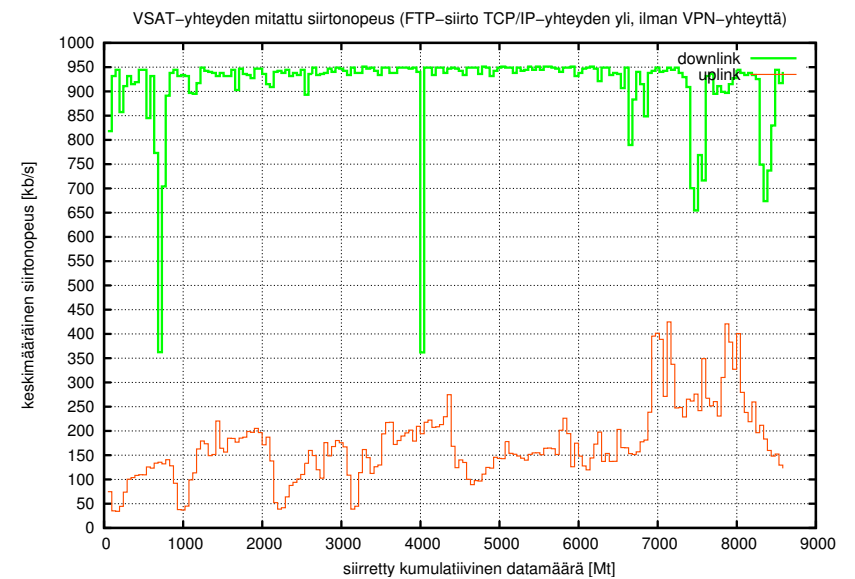
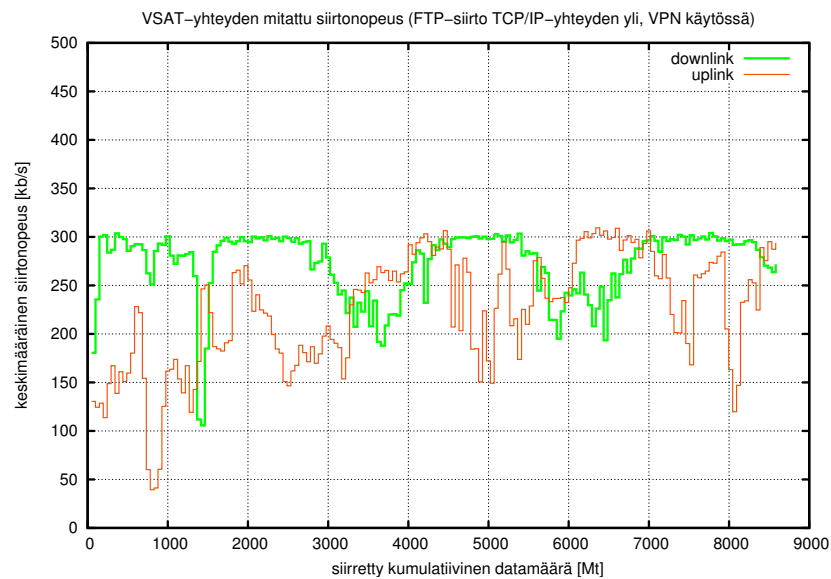


# Kysymyksiä, kommentteja?

Kiitos!



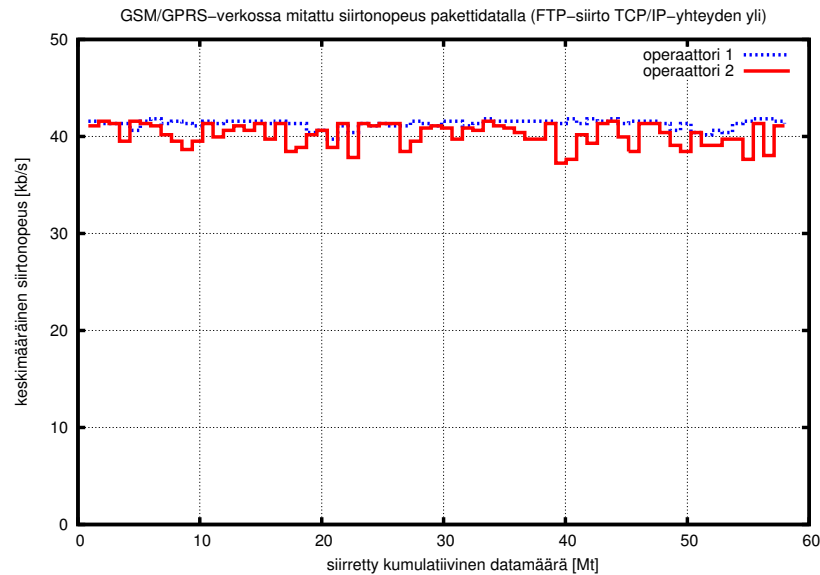
# Liite: VSAT-yhteyden nopeusmittaus





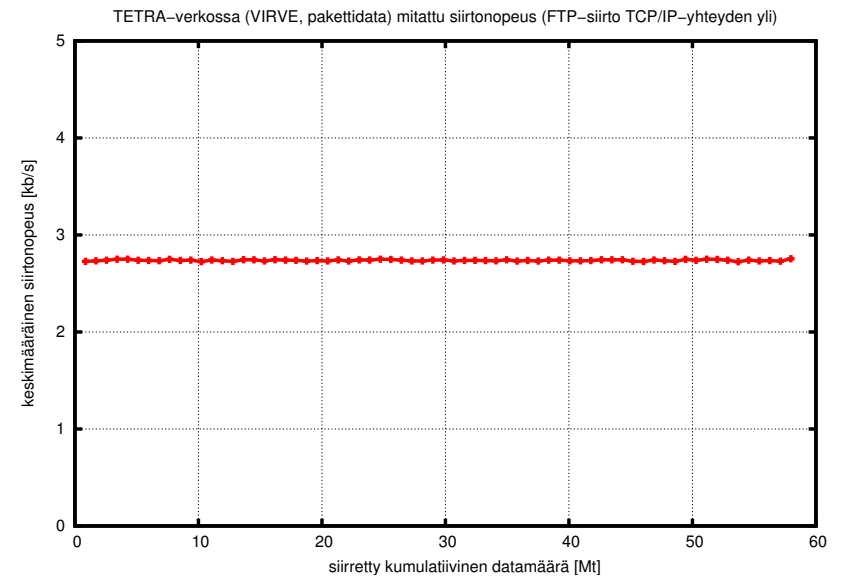


# Liite: siirtonopeusmittaus GSM/GPRS- ja VIRVE-verkossa



oper. 1,  $k_a = 41,3$  kb/s,

oper. 2,  $k_a = 40,2$  kb/s.



$k_a = 2,74$  kb/s.