TOUKOKUU 1/2016

UUSI TEKNOLOGIA.fi

UUDET TEKNIIKAT - TUTKIMUS - TUOTEKEHITYS - INNOVAATIOT - PROTOT - PALVELUT

5G-verkot tuovat mikro-operaattorit

IoT & 5G

HITEC-MESSUT 2016-2017

Nokia kisaan Polarin ja Suunnon kanssa

YLI 65 € TILAUS: MAKSUTON TOIMITUS DIGIKEY.FI

03:21
Digi-Key

KUTSU

Arrow Global Village IoT SUMMIT 2016

Arrow IoT Summit tuo yhteen yritykset, huippupuhujat ja asiantuntijat 19.5.2016.

ARROW

Koko IoT-ekosysteemi saman katon alla.

Osallistuminen on maksutonta ilmoittautuneille.

IoT Summit (Internet of Things) tuo yhteen yritykset, huippupuhujat ja asiantuntijat keskustelemaan ja kehittämään seuraiden Internetiä Suomessa.

Kaikki IoTista kerralla

Varmista paikkasi yhdessä vuoden merkittävimmistä tapahtumista liiketoimintasi kannalta. Liity ekosysteemin, joka kokoaa yhteen seminaareja, huippupuhujia ja guruja sekä yli 40 alan toimijaa. Arrow IoT Summit tarjoaa ainutlaatuisen tilaisuuden tutustua uusimpiin teknologioihin ja ratkaisuihin sekä Suomen kovimpiin IoT-osaajiin.

Arrow IoT Summit 2016

Torstaina 19.5.2016 klo 8–22

Rantasipi Airport Congress Center, Vantaa

Ilmoittaudu: www.iotsummit.fi

Marc Jadoul
Market Development Director
Nokia

Greg Peake
Industrial Applications Manager, Texas Instruments

Rami Avidan
Managing Director IoT
Tele2 Group

Huipputason puhujia

Tapahtumassa esiintyy useita kiinnostavia puhujia, kuten Nokia Oyj:n IoT liiketoiminnasta vastaava **Marc Jadoul**.

Saat näkemyksen mm. siitä, miten tietoturva huomioidaan IoT-ratkaisuissa. Osallistu ja kartoita kaikki toimijat kätevästi yhdestä paikasta. Tervetuloa!

Koko päivä täynnä vankkaa ohjelmaa, huippupuhujia ja verkostoitumista – veloituksetta*. Lue lisää ja ilmoittaudu: www.iotsummit.fi

*Tapahtumaan osallistuminen edellyttää ilmoittautumista.

SISÄLTÖ

Uudet tekniikat - tutkimus

Teollinen internet ja 5G tuobat uudet liiketoimintamallit. Lue sivulta 24 kuinka Oulun yliopiston CWC:n tutkijat ovat mukana 5G-kehityksessä. Tässä lehdessä myös laaja IoT-osuus sivuilla 29-42.

23 SUOMI TUTKII: 5G tuo mikro-operaattorit

Viidennen sukupolven matkaviestinverkkojen uskotaan synnyttävän uudenlaista liiketoimintaa IoT-järjestelmistä paikallisiin mikro-operaattoreihin. Lue tietopaketti kehitteillä olevasta 5G:stä ja IoT-ratkaisuista. Sivut 23-

9 Suomi testaamaan robottilaivoja

Liikennevirasto Trafi tukee robottilaivojen testipilotin toteutusta.myös Suomessa. Vastaavia kokeiluja on käynnissä eri puolilla maailmaa.

10 JOT ja Okmetic kiinalaisille

Suomalainen piikiekkovalmistaja Okmetic ja Veikko Lesosen tuotantotekniikkaa tekevä JOT Automaatio myydään kiinalaisille. Työpaikkojen luvataan säästyvän Suomessa.

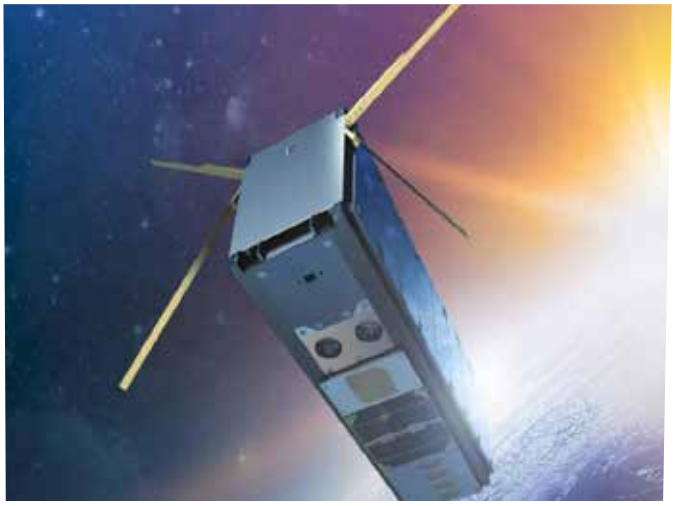
12 Hiukkasongelmia 3D-tulostuksessa

Työtehoseura selvitti 3D-tulostimien hiukkaspäästöjä. Kunnon ilmanvaihto ja kotelointi ovatkin tarpeen. Aluen kiinnostaa, sillä ensimmäisillä 3D-tulostusmessuihin Vantaalla tutustui yli tuhat kiinnostunutta.

16 Suomalaisyritys piensatelliitteihin

Reaktor ja Aalto-yliopiston satelliittitiimi perustavat yrityksen, joka keskittyy piensatelliitteihin. Tavoitteena on luoda avaruusliiketoiminnasta uutta vientiteollisuutta Suomeen.

Nykyaikainen oskilloskooppi on kuin tietokone, jota ohjataan kosketusnäytöltä ja uusimmissa jopa sormielein. Sivu 43.



Pienikokoiset minisatelliitit tuovat avaruustekniikan soveltamisen aivan uudelle tasolle. Suomeen ollaan perustamassa piensatelliittien kehittämiseen uutta yritystä. Lisää aiheesta luettavissa sivulta 16.

Nokia on edelleen Suomen suurin patentoija, mutta myös muut uuden teknologian yritykset kuten Suunto ovat aktiivisia tuotekehityksessään. SuuntLisää sivulta alkaen. Nykyaikainen oskilloskooppi on kuin tiKoe IoT ke

17 Kankaisiin antureita ja vuorovaikutteisuutta

Uudet sähköä johtavat materiaalit, nanotekniikka ja joustavat elektroniikka integroituvat saumattomasti kankaiden rakenteisiin. Suomalainen LeeLuu kehittää jo vuorovaikutteisia tekstiilituotteita

21 Teknologiavienti haraa edelleen

Teknologiateollisuuden vienti takkusi edelleen alkuvuodesta, vaikka myös ilonaiheita voi löytää. Tilausmäärät ovat myös nousussa, mutta silti liian pieniä nostaakseen Suomen investointilamasta..

29 IoT-kehitys liikkeelle koejärjestelmillä

Teollisen internetin laitteissa on vähintään yksi mikro-ohjain tai muu suoritin. Siksi halpa koekortti antureineen ja langattomine yhteyksineen on hyvä lähtökohta IoT-toteutukselle.

IoT-ohjaimien kehiottämiseen on tarjolla kymmeniä korttituot-

34 Mittaamalla IoT-akut kestävät pidempään

Langattomien IoT-antureiden ongelma on rajallinen akkuteho. Avuksi tarvitaan uusia mittauskeinoja, kertoo Keysightin Carlo Canzian artikkelissaan.

38 IoT-tietoturva on ratkaistavissa

Teollisen internetin maailmassa tietojen pitää liikkua koneilta koneille suojatusti ja tietoturvan pitää olla kunnossa. Siihen on olemassa jo käytännön ratkaisuja.

43 Tuotekehittäjän huippuskoopit

Oskilloskooppi on edelleen elektroniikkaa ja tietoliikennejärjestelmiä kehittävän hyödyllisin perustyökalu. Lue miten huipputason oskilloskoopit toimivat ja mitä on tarjolla.

XX Komentosarjakielet sulautettuihin

Uusissa sulautetuissa ratkaisuissa Linux suosittu käyttöjärjestelmä. C-koodin optimoinnin sijasta on usein helpompi käyttää työkaluna erilaisia komentosarjakieliä

53 Suomi tutkii

Tekes jatkaa omien ohjelmien ja ainakin koneteollisuuden ja ITC-teollisuuden shok-yhtiöt ovat aktiivia
tutkijoita. Listasimme tärkeimmät tiedot teknologian Tekes-ohjelmista ja Shok-yhtiöistä yhteen

56 Kaikki tärkeimmät teknologiamessut 2016-2017

Messutapahtumia riittää edelleen lähes entiseen tahtiin Tässä tiedot kaikista tärkeimmistä tapahtumista lähikuukausista ensi vuodelle. Tämä kannattaa tulostaa talteen.

6 Pääkirjoitus, Jari Peltoniemi

19 Kolumni, Jyrki Penttinen

56 Uutuudet, Veijo Hänninen

62 Digidigi

UUSI TEKNOLOGIA.fi
UUDET TEKNIIKAT - TUTKIMUS - TUOTEKEHITYS - INNOVAATIOT - PROTOT - PALVELUT

Suomi tarvitsee uutta teknologiaa

Uusimman teknologian hyödyntäminen ja ovat tarpeellinen keino kehittää suomalaista yhteiskuntaa. Suomalainen vientivetoinen teollisuus vaatii uusinta tekniikkaa.

Suomessa tehdään aiempaa vähemmän tuotteita, mutta moni muualla valmistettava laite tai järjestelmä suunnitellaan ja tuotannollistetaan Suomessa. Ja onneksi monet erikoislaitteet ja koneet vielä valmistetaankin Suomessa.

Teollisessa murroksessa Suomi tarvitsee nyt uusia ajatuksia. Suomalainen suunnittelija ja tuotekehittäjä tarvitsee uusinta teknologiaa käsittelevän tietolähteen, joka oikeasti jakaa uusinta teknistä tietoa ja ideoita tuotekehittäjille.

Vuosiin ei ole Suomessa ollut syvällisesti uuden tekniikan kehittäjiin keskittyvää ammattilehteä – nyt se on tulossa kaikissa median muodoissa netistä someen ja printistä uusien tekniikoiden workshoppeihin. Tekniikan kehittäjät arvostavat uusinta tietoa, joka taustoittaa, antaa ideoita ja kertoo mitä on tulossa.

Uusiteknologia.fi tarjoaa suomalaisille tuotekehittäjille ja tutkijoille oikeasti hyödyllistä tietoa, jota aiemmin ei ole juurikaan ollut tarjolla. Uusimman tiedon takana ovat johtavat alan asiantuntijakirjoittajat ja tutkijat.

Ilmoittajille Uusiteknologia.fi tarjoaa kohdistetun ja toimivan kanavan uusimman teknologian komponenttien, laitteiden, ohjelmien ja materiaalien valmistajille ja maahantuojille. Uusiteknologia.fi on hyvä markkinointikanava uuden teknologian tutkimuspalveluiden tuottajille.

Tule mukaan – rakennetaan seuraavaa nousu uuden teknologian avulla.

Jari Peltoniemi

päätoimittaja

Uusiteknologia printin ja netin lisäksi myös somessa

Uusiteknologia-ammattilehti rakentuu netin lisäksi some-kanavista ja suomalaista tutkimusta esittelevästä printtilehdestä toukokuussa 2016 sekä koulutustapahtumista .
Nettisivujen tekniikka-

tarjonta laajenee vielä runsaasti alkuvuodesta. www.uusiteknologia.fi on netin lisäksi Twitterissä ja Facebookissa – liity seuraajaksi ja käy peukuttamassa!

Käy peukuttamassa!
Käy peukuttamassa!

UT

1. vuosikerta

TOIMITUS
Postiosoite: Uusiteknologia, PL 100,
00040 TeknologiaMediat Oy
Käyntiosoite:
Puhelin: (09) 1201

Päätoimittaja: Jari Peltoniemi

Graafinen suunnittelija:

Sähköposti:
toimitus@uusiteknologia.fi
Internet: www.uusiteknologia.fi

JULKAISIJA
TeknologiaMediat Oy

MEDIAMYYNTI
Myyntipäällikkö:

Ilmoitusvaraukset ja -tiedustelut

International advertising sales
Sales Manager:

Advertising booking

Tilaukset ja osoitteemuutokset
Asiakaspalvelu:

Tilaukset toimitetaan force majeure -varauksin (lakko, tuotannolliset häiriöt, alihankkijoiden viivästys yms.).

Painopaikka:

TEKNOLOGIAMEDIAT oy

mouser.com

The widest selection of the newest products.

Over 4 million products from over 500 manufacturers.

MOUSER ELECTRONICS

ILMO 1/1

uutiset

toukokuu 2016

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komis-

5G nopeutuu

Uusiteknologia-ammattilehti rakentuu netin lisäksi some-kanavista ja suomalaista tutkimusta esittel.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajben-

Your opportunity for joining the Finnish electronics and technology industry

UT The newest technology and information is necessary for the Finnish technology industry to thrive and for designers to be able to apply their knowledge. Digitalization, wireless solutions and the Internet of Things are today's hot topics.

Nowadays Finland is not big in mobile manufacturing, but a growing number of electronics products are designed and developed in Finland. On the manufacturing side, Finland specializes in many high technology products and machines. Among these are medical and wellness electronics, cellular base stations, industrial electronics, embedded machines, automation systems and work machines. Startup culture is growing rapidly in Finland

UT with a focus on developing products using high technology and new electronics.

Technology is based on innovation and sharing

Your opportunity for joining the Finnish electronics and technology industry

The newest technology and information is necessary for the Finnish technology industry to thrive and for designers to be able to apply their knowledge. Digitalization, wireless solutions and the Internet of Things are today's hot topics.

Nowadays Finland is not big in mobile manufacturing, but a growing number of electronics products are designed and developed in Finland. On the manufacturing side, Finland specializes in many high technology products and machines. Among these are medical and wellness electronics, cellular base stations, industrial electronics, embedded machines, automation systems and work machines. Startup culture is growing rapidly in Finland with a focus on developing products using high technology and new electronics.

Technology is based on innovation and sharing ideas. Finnish designers and product developers need a source for new ideas, and there hasn't been a professional new technology and electronics magazine for years. In addition to internet news, there is a need for technology information, which gives background, fresh ideas and a glimpse of what is the newest in the technology world. We aim to fill this gap with content in all formats, from web to social media, magazines to professional workshops.

Come with us for your share in the growing Finnish technology industry. Uusiteknologia.fi will offer a focused channel for all manufacturers and importers of technology components, devices, software and materials.

Jari Peltoniemi
Editor in chief – Uusiteknologia.fi

Jari Peltoniemi has over 30 years of background in technical magazines and internet services. He was a long time editor-in-chief of the Finnish electronics magazine Prosessori, which ended publishing in November of 2011.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Uusiteknologia-ammattilehti rakentuu netin lisäksi some-kanavista ja suomalaista tutkimusta esittel.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat

Your opportunity for joining the Finnish electronics and technology industry

The newest technology and information is necessary for the Finnish technology industry to thrive and for designers to be able to apply their knowledge. Digitalization, wireless solutions and the Internet of Things are today's hot topics.

Nowadays Finland is not big in mobile manufacturing, but a growing number of electronics products are designed and developed in Finland. On the manufacturing side, Finland specializes in many high technology products and machines. Among these are medical and wellness electronics, cellular base stations, industrial electronics, embedded machines, automation systems and work machines. Startup culture is growing rapidly in Finland with a focus on developing products using high technology and new electronics.

Technology is based on innovation and sharing ideas. Finnish designers and product developers need a source for new ideas, and there hasn't been a professional new technology and

Your opportunity for joining the Finnish electronics and technology industry

UT The newest technology and information is necessary for the Finnish technology industry to thrive and for designers to be able to apply their knowledge. Digitalization, wireless solutions and the Internet of Things are today's hot topics.

Nowadays Finland is not big in mobile manufacturing, but a growing number of electronics products are designed and developed in Finland. On the manufacturing side, Finland specializes in many high technology products and machines. Among these are medical and wellness electronics, cellular base stations, industrial electronics, embedded machines, automation systems and work machines. Startup culture is growing rapidly in Finland

UT with a focus on developing products using high technology and new electronics.

Technology is based on innovation and sharing ideas. Finnish designers and product developers need a source for new ideas, and there hasn't been a professional new technology and

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Uusiteknologia-ammattilehti rakentuu netin lisäksi some-kanavista ja suomalaista tutkimusta esittel.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Uusiteknologia-ammattilehti rakentuu netin lisäksi some-kanavista ja suomalaista tutkimusta esittel.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta

Your opportunity for joining the Finnish electronics and technology industry

The newest technology and information is necessary for the Finnish technology industry to thrive and for designers to be able to apply their knowledge. Digitalization, wireless solutions and the Internet of Things are today's hot topics.

Nowadays Finland is not big in mobile manufacturing, but a growing number of electronics products are designed and developed in Finland. On the manufacturing side, Finland specializes in many high technology products and machines. Among these are medical and wellness electronics, cellular base stations, industrial electronics, embedded machines, automation systems and work machines. Startup culture is growing rapidly in Finland with a focus on developing products using high technology and new electronics.

Technology is based on innovation and sharing ideas. Finnish designers and product developers need a source for new ideas, and there hasn't been a professional new technology and

Your opportunity for joining the Finnish electronics and technology industry

UT The newest technology and information is necessary for the Finnish technology industry to thrive and for designers to be able to apply their knowledge. Digitalization, wireless solutions and the Internet of Things are today's hot topics.

Nowadays Finland is not big in mobile manufacturing, but a growing number of electronics products are designed and developed in Finland. On the manufacturing side, Finland specializes in many high technology products and machines. Among these are medical and wellness electronics, cellular base stations, industrial electronics, embedded machines, automation systems and work machines. Startup culture is growing rapidly in Finland

UT with a focus on developing products using high technology and new electronics.

Technology is based on innovation and sharing ideas. Finnish designers and product developers need a source for new ideas, and there hasn't been a professional new technology and

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Uusiteknologia-ammattilehti rakentuu netin lisäksi some-kanavista ja suomalaista tutkimusta esittel.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Uusiteknologia-ammattilehti rakentuu netin lisäksi some-kanavista ja suomalaista tutkimusta esittel.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat

Your opportunity for joining the Finnish electronics and technology industry

The newest technology and information is necessary for the Finnish technology industry to thrive and for designers to be able to apply their knowledge. Digitalization, wireless solutions and the Internet of Things are today's hot topics.

Nowadays Finland is not big in mobile manufacturing, but a growing number of electronics products are designed and developed in Finland. On the manufacturing side, Finland specializes in many high technology products and machines. Among these are medical and wellness electronics, cellular base stations, industrial electronics, embedded machines, automation systems and work machines. Startup culture is growing rapidly in Finland with a focus on developing products using high technology and new electronics.

Technology is based on innovation and sharing ideas. Finnish designers and product developers need a source for new ideas, and there hasn't been a professional new technology and

Your opportunity for joining the Finnish electronics and technology industry

UT The newest technology and information is necessary for the Finnish technology industry to thrive and for designers to be able to apply their knowledge. Digitalization, wireless solutions and the Internet of Things are today's hot topics.

Nowadays Finland is not big in mobile manufacturing, but a growing number of electronics products are designed and developed in Finland. On the manufacturing side, Finland specializes in many high technology products and machines. Among these are medical and wellness electronics, cellular base stations, industrial electronics, embedded machines, automation systems and work machines. Startup culture is growing rapidly in Finland

UT with a focus on developing products using high technology and new electronics.

Technology is based on innovation and sharing ideas. Finnish designers and product developers need a source for new ideas, and there hasn't been a professional new technology and

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Uusiteknologia-ammattilehti rakentuu netin lisäksi some-kanavista ja suomalaista tutkimusta esittel.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuus-

5G nopeutuu

Uusiteknologia-ammattilehti rakentuu netin lisäksi some-kanavista ja suomalaista tutkimusta esittel.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuus-

Your opportunity for joining the Finnish electronics and technology industry

The newest technology and information is necessary for the Finnish technology industry to thrive and for designers to be able to apply their knowledge. Digitalization, wireless solutions and the Internet of Things are today's hot topics.

Nowadays Finland is not big in mobile manufacturing, but a growing number of electronics products are designed and developed in Finland. On the manufacturing side, Finland specializes in many high technology products and machines. Among these are medical and wellness electronics, cellular base stations, industrial electronics, embedded machines, automation systems and work machines. Startup culture is growing rapidly in Finland with a focus on developing products using high technology and new electronics.

Technology is based on innovation and sharing ideas. Finnish designers and product developers need a source for new ideas, and there hasn't been a professional new technology and

If your 5G idea works here...

50,000 football fans streaming live-action mobile video. All at once.

Soon it will be reality. A world connected as never before. Always on. Amazingly fast. Massive traffic. Instant information. That's the promise of 5G. New spectrum. New waveforms. Millimeter-waves. Massive MIMO. More. Keysight offers the world's first 5G simulation, design and test environment able to emulate your real-world 5G wireless thesis. With deep expertise to help you tackle 5G risk and complexity. So you can go from 5G ideas to 5G reality faster.

HARDWARE + SOFTWARE + PEOPLE = 5G INSIGHTS

5G Get the latest app notes, white papers and tutorials
www.keysight.com/find/5G-Insight

Finland 0800 523 252.

© Keysight Technologies, Inc. 2018

KEYSIGHT TECHNOLOGIES
Unlocking Measurement Insights

Agilent's Electronic Measurement Group is now Keysight Technologies

UTKOLUMNI

Parempaa tietoturvaa 5G-verkon älyantureihin

Matkaviestinnän viides sukupolvi on tuloillaan vahvasti esineiden maailmaan. IoT-antureiden käyttö vaatii samalla uusia entistä kehittyneempiä turvallisuusratkaisuja. Tulevaisuudessa anturiverkot sisältävät pian miljardeja laitteita, joiden oma tietoturva ei tule aina olemaan kaikkein paras.

Tietoliikennealan toimijat testaavat parhaillaan 5G:n kandidaattiteknologioita useissa koeverkoissa. Vuosi 2016 on erityisen tärkeä, sillä rinnakkain tapahtuva 5G:n standardointi hyötyy näistä lukuisista teoria- ja käytännön kokemuksista.

Olemme jo kuulleet runsaasti uutisia 5G:n käyttöönottosuunnitelmista, ja viestit antavat ymmärtää, että 5G voi olla kaupallisessa valmiudessa jo vuoden 2018 kieppeillä. Operaattorit, laitevalmistajat, tutkimusryhmät ja muut asiaan vihkiytyneet kehittävät ratkaisuja samalla, kun 5G-standardit alkavat valmistua.

Saamme odotella oikeita kaupallisia 5G-ratkaisuja vielä tovin, mutta 5G-valmiudella varustettuja verkkoja tullaan näkemään esivaiheessa ennen kuin ITU:n 5G-vaatimukset tulevat valmiiksi.

Sopiva verkko esineiden internetille

Kehitteillä olevan 5G-tekniikan ideana on tarjota huomattavasti tehokkaampia datanopeuksia sekä toimia energiatehokkaana esineiden ja asioiden Internetin (IoT, Internet of Things) alustana.

5G:n korkean tason ideana on tarjota entistä paremman kapasiteetin ja datansiirtonopeuden lisäksi energiatehokas alusta erittäin suurelle määrälle päätelaitteita, ml. koneiden väliset M2M-yhteydet (Machine to Machine).

Yleisesti arvioidaan, että markkinoille ilmestyy muutaman vuoden sisällä miljardeja IoT-laitteita, jotka saattavat kommunikoida aktiivisesti keskenään ja Internetin kautta. Näitä ovat esimerkiksi Internet-kytketyt ja itsenäisesti ohjaavat ajoneuvot, terveydenhuollon laitteet ja monet kodinkoneet.

5G toimii esineiden internetille varsin loogisena pohjana niin lisensoiduilla kuin lisensoimattomilla taajuuskaistoilla, ml. laajennetut taajuusalueet erityisesti yli 5 GHz:llä.

5G tekniikka mahdollistaa erityisen hyvän energiahyötysuhteen esineiden internetin antureille, mikä soveltuu hyvin yksinkertaisille ja pienitehoisille IoT-laitteille. 5G:n avulla ne saadaan toimimaan laajalla alueella ja toimimaan jopa vuosien ajaksi ilman tarvetta huoltotoimiin tai akkujen vaihtoa.

IoT-laitteiden käyttövarmuuden ja suojauksen vaatimukset ovat siten tärkeässä osassa samoin kuin akkuteknologian kehitys. Entistä pienemmät IoT-laitteet kuten älykkäät M2M-sensorit ja puettavat kuluttajalaitteet vaativat myös yhä pienempiä elektroniikkakomponentteja.

Mikäli laite sisältää SIM-kortin, nykyisen fyysisesti siirrettävän korttimallin lisäksi pienoislaitteet hyötyvät pienemmistä, kiinteästi asennettavista eli laitteen piirilevylle juotettavista, suojaelementin sisältävistä tilaajakomponenteista (eSIM/eUICC).

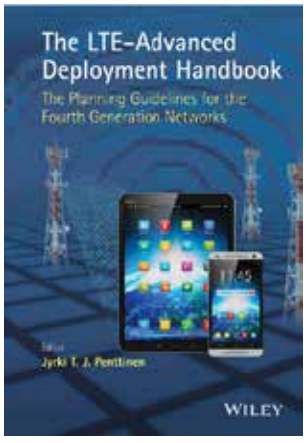
Vaikka nämä laitteistopohjaiset tilaajakomponentit mahdollistavat parhaan tietoturvan fyysisiä hakkerointiyrityksiä vastaan, voidaan olettaa, että markkinoille ilmestynee myös yksinkertaisille IoT-laitteille sopivia ohjelmistopohjaisia ratkaisuja kuten HCE (Host Card Emulation).

Myös prosessoriin integroidut ratkaisut kuten TEE (Trusted Execution Environment) voivat kasvattaa merkitystään 5G:n myötä. Kaiken kaikkiaan voidaan olettaa, että IoT-laitteiden tilaajatietojen turvaratkaisut sisältävät 5G-aikakaudella monia käytännön yhdistelmiä.

Kyberhyökkäyksiin kannattaa silti varautua

Esineiden internet tulee olemaan krakkereiden ja tietoturvaa tekevien kiinnostuksen kohteena heti kun IoT-laitekanta laajenee tarpeeksi kiinnostavaksi. Oletettavaa on onneksi, että tulevaisuuden 5G-verkot päivitetään tukemaan laajempaa tietoturvatasoa kuin aiemmat järjestelmät. Nykyisissä on keskitytty lähinnä radiopääsyverkon suojaamiseen.

Trendinä saattaa olla suojauksen laajentaminen myös päästä-päähän-linkkiin siten, että se sisältää verkkotoimintojen virtualisoinnin. 5G ”bittiputkena” voi siten olla huomattavasti kehittyneempi suojaukseltaan aiempiin verkkoihin verrattuna. Varsinkin edullisten IoT-laitteiden suojaus tulee muuttumaan perinteisestä siirrettävistä SIM-korteista kiinteisiin piiriratkaisuihin.



Pienimpien kiinteästi asennettavien SIM-komponenttien pinta-ala on vain murto-osa tällä hetkellä pienimmästä 4FF-kokoluokan siirrettävästä SIM-kortista, joten se mahtuu hyvin miniatyyrilaitteisiin.

Kiinteiden suojaelementtien tilaajahallintaan (subscription management) on kehitteillä uudistettuja menetelmiä radiorajapinnan yli, ja 5G soveltuu hyvin niiden pääsymenetelmäksi laajalla palvelualueella.

Kehittyvien M2M- ja IoT-laitteiden, sovellusten ja palveluiden myötä markkinoille ilmestyy myös uusia teknologioita ja protokollia, kuten OMA:n LightweightM2M ja CoAP tukemaan jo olemassa olevia ratkaisuja, ja tuleva 5G on yksi loogisimmista alustoista huolehtimaan uudesta ympäristöstä yhdessä sen kanssa toimivien vanhempien matkaviestintätekniikoiden kanssa.

On oletettavaa, että 5G-aikakaudella tilaajatietojen päivitys on huomattavasti nykyistä dynaamisempaa. Nähnemme pian käytännön ratkaisuja, joilla voidaan mahdollistaa lähes reaaliaikainen tilaajatietojen ja palvelevien operaattoreiden siirto eri laitteiden välillä erityisesti kiinteisiin suojaelementteihin pohjautuen.

Nykyiset puettavat ja muut mukana kuljetettavat älylaitteet antavat esimakua laitetyyppien kehityksestä, mutta näemme myös pian täysin uuden tyyppisiä IoT-ratkaisuja niin M2M-liikennöinnissä kuin kuluttajalaitteisiin integroituina järjestelminä.

IoT-laitteiden suojaus on siten ensisijaisen tärkeää, koska viattoman näköisten laitteiden avulla voidaan pahimmassa tapauksessa päästä niihin kytkettyihin järjestelmiin käsiksi. 5G vastaa omalta osaltaan tähän haasteeseen, vaikka käytännön ratkaisut ovatkin vielä tällä hetkellä työn alla.

Jyrki Penttisen uusin kirja on yhdysvaltalaisen Wiley-kustantamon julkaisema The LTE-Advanced Deployment Handbook (2016), Ensi kesäksi hän valmistelee uusinta kirjaansa, The Wireless Communications Security – The Solutions for Internet of Things. Aiemmin Penttiseltä tullut jo kirjat The Telecommunications Handbook vuonna 2015 ja The LTE/SAE Deployment Handbook vuonna 2011, joista jälkimmäinen on käännetty jopa mandariinikiinaksi 2013.

Artikkelin kirjoittaja TkT Jyrki Penttinen toimii Giesecke & Devrientin IoT-organisaatiossa Yhdysvalloissa. Aiemmin hän on ollut operaattoreiden ja laitevalmistajien palveluksessa Suomessa, Espanjassa, Meksikossa ja Yhdysvalloissa. Penttinen on myös tunnettu luennoija ja tietokirjailija. Hän kirjoitti vuosia myös Prosessori-lehteen uusista matkapuhelin- ja mobiilitelevisiotekniikoista.

Vienti haraa edelleen

Kuva: Shutterstock

Kansainvälisen televiestintäliiton ITUn radioviestintäkonferenssissa (WRC-15) Genevessä päättyi runsas viikko sitten. Nyt Viestintäviraston osallistujat ovat listanneet kaikki muutetut tai kokonaan uudet taajuusalueet eri sovelluksiin.

KRISTER WIKSTRÖM
toimitus@uusiteknologia.fi

Geneven kokouksessa käsiteltiin yli 40 asiakokonaisuutta liittyen taajuuksien osoittamiseen uusiin käyttötarkoituksiin ja eri käyttötapojen yhteiskäyttöön taajuuksien tehokkaan käytön mahdollistamiseksi.

Kokouksen aiheet sisälsivät taajuuksia maanpäällisille mobiiliverkoille, satelliittiverkoille, ilmailun ja merenkulun radiojärjestelmille, ilmailun ja liikenteen turvallisuuteen liittyvään käyttöön sekä erilaisille tieteen radiojärjestelmille, kuten ilmatieteeseen ja ilmastonmuutosta havainnoiville järjestelmille.

Kerroimme 5G-alueen muutoksista jo aiemmin. Viestintävirasto on nyt tehnyt loppuraportin WRC-15:n tuloksista. Linkin sinne löydät lehden linkkiosuudesta www.uusiteknologia.fi/linkkipankki/wrc15raportti.pdf

Seuraavan kerran radiokokous järjestetään neljän vuoden päästä vuonna 2019. Taustaa WRC-kokouksista voit lukea ITU:n lehden WRC-15-teemanumerosta (linkki).

Uusi keinon nostaa siirtokapasiteettia

Suomalaisen DI Taneli Riikosen kehittämät ratkaisut voivat tuplata tulevaisuuden matkapuhelinverkkojen välityskyvyn. Tekniikan akateemiset palkitsi Riihosen väitöskirjan äskettäin vuoden parhaaksi.

Aalto-yliopistossa tutkimusta tehneet Taneli Riihosen väitöstyössä esitetty oivallus voi osoittautua palkintolautakunnan mukaan maailmanlaajuisesti satojen miljardien arvoiseksi ratkaisuksi ruuhkautuvien radiotaajuuksien tiedonvälityskyvyn ongelmaan.

Riihonen osoittaa väitöskirjassaan, että seuraavan sukupolven 5G-verkon välityskyky voidaan lähes tuplata. Riihosen esittämä full-duplex-tiedonsiirto on uusi lupaava konsepti, joka on herättänyt kansainvälisesti paljon kiinnostusta, mutta jota ei ole juurikaan tutkittu aiemmin.

Nykyaikaiset langattomat verkot hyödyntävät Riihosen väitöstiedotteen mukaan ns. välitinlaitteita, jotka jakavat pitkän yhteysvälin kahdeksi tai useammaksi erilliseksi peräkkäiseksi radiokanavaksi eli hypyksi, joiden kautta lähetetyt signaalit kulkevat. Esimerkiksi tukiasema voi palvella välittimen avulla käyttäjiä, jotka ovat sen oman peittoalueen ulkopuolella.

Riikosen väitöstutkimuksessa kehitettiin digitaalisia signaalinkäsittelymenetelmiä välitinlaitteisiin ja analysoi niiden suorituskykyä linkkitasolla. Näin ollen tutkimusongelmana oli selvittää, kuinka monihyppyiset radiolinkit saadaan toimimaan tehokkaasti taajuuskaista-, lähetysteho- ja prosessointirajoitukset huomioon ottaen.

Väitöskirjan tulokset käsittelevät kahta tietoliikenteen signaalinkäsittelyn kannalta keskeistä teemaa. Linkkitason suorituskykyyn vaikuttaa suuresti ns. dupleksitila, joka määrittelee sen, miten välitinlaite vuorottelee vastaanoton ja lähetyksen välillä. Vastoin perinteistä perusoletusta nyt esitetään edistyksellinen ajatus siitä, että välittimien kannattaa usein lähettää ja vastaanottaa yhtä aikaa huolimatta niiden itse itselleen aiheuttamasta häiriöstä, jota voidaan myös vähentää nyt kehitetyillä signaalinkäsittelymenetelmillä. Näin pystytään parhaimmillaan liki tuplaamaan linkin tiedonsiirtonopeus.

Tutkielma myös kehittää ja analysoi kattavasti useita ns. välitysprotokollia, jotka määrittelevät välittimien tekemän signaalinkäsittevaitoskirjaTaneliRiikonenAalto2015lyn. Tutkielma kattaa myös yleispätevästi kaikenlaiset monihyppyiset linkit, joissa välittimet ovat kiinteitä verkkolaitteita. Ainoa merkittävä rajaus on oletus siitä, että käytössä on OFDM-modulaatio, jonka perusteellakin

KUVATEKSTI

KUVATEKSTI

UT Linkkipankki

Kuva: Shutterstock

Mikro-operaattorit vauh

Viidennen sukupolven (5G) matkaviestinverkkojen uskotaan synnyttävän uudenlaista liiketoimintaa laitteiden internetistä paikallisiin mikro-operaattoreihin. Piensoluverkkojen rakentamista pitäisi helpottaa paikallisten taajuuslupien avulla.

UT MARJA MATINMIKKO
MATTI LATVA-AHO

Tulevaisuudessa digitaalisuuden edellytyksenä on käyttötilanteiden asettamien paikallisten vaatimusten kustannustehokas toteutus. Esimerkiksi sairaalat, kauppakeskukset, oppilaitokset, teollisuuslaitokset, joukkoliikenteen solmukohdat ja tapahtuma-areenat muodostavat hyvin erilaiset toimintaympäristöt langattomalle tiedonsiirrolle.

Vaatimukset datanopeuksille, viiveille, luotettavuudelle, liikkuvuudelle ja palveltaville käyttäjämäärille ovat kasvussa ja vaihtelevat suuresti eri toimialojen (Kuva 1) sovelluskohteista riippuen.

Nämä vaateet aiheuttavat uusia vaatimuksia matkaviestinverkkojen kehitykselle.

Yhteistä käyttökohteille on kasva kysyntä erityisesti sisätiloissa. Samalla uusien rakennusten tiukentuneet energiatehokkuusvaatimukset ovat heikentäneet matkaviestimien sisätilojen kuuluvuutta vaimennusten takia.

Kolme suurta – paikalliset tarpeet

Suomen matkaviestinmarkkinat ovat kolmen suuren teleoperaattorin hallinnassa. Kaikkien operaattoreiden liiketoimintamallit keskittyvät varsin samanlaisten palveluiden tarjoamiseen käyttäjille eikä palvelutarjonnassa ole suuria eroja.

Suuret investoinnit infrastruktuuriin ja rajallinen taajuuslupien saatavuus ovat johtaneet tilanteeseen, jossa nykyisten operaattoreiden markkina-asema on vahvistunut eikä tilaa uusille toimijoille ole tullut.

Euroopan tasolla suurten operaattoreiden markkinavoima on kasvanut entisestään alan fuusioiden myötä. Aikaisemmin operaat-

dittavat

toreiden liiketoimintamalleissa reagointinopeus eri käyttökohteiden yksilöllisiin tarpeisiin ei ole ollut tärkeää.

Paikallisten viestintätarpeiden uskotaan tulevaisuudessa korostuvat samalla kun vaatimukset palveluiden luotettavuudelle, laadulle, joustavuudelle, viiveettömyydelle, tietoturvalle ja käyttäjätiheydelle kasvavat. Niitä ei voida täyttää nykyverkkojen ja operaattoreiden liiketoimintamallien avulla.

Tarvetta paikallisille taajuusluville

Eri toimialojen erilaiset käyttökohteet ja vaatimukset nousevat yhä keskeisimmiksi tulevaisuuden mobiilimarkkinoilla. Uusien räätälöityjen langattomien palveluiden tarjontaa rajoittaa kuitenkin taajuuslupien rajallinen saatavuus.

Vuoden 2013 tehdyn 800 MHz:n taajuushuutokaupan jälkeen seuraavat taajuusluvat tulevat jakoon 700 MHz:n taajuusalueella tämän vuoden lopussa. Ongelmana on kuitenkin, ettei taajuuksia riitä monelle toimijalla ja uusien haastajien on vaikea nousta suurten operaattorin rinnalle.

Erityisesti sisätilapeiton rakentaminen on haastavaa. Nykyinen lainsäädäntö mahdollistaa tukiasemien sijoittamisen toisen omistamaan tai hallitsemaan rakennukseen, mutta menettelytapa jossa kaikki kolme operaattoria rakentaisivat oman sisätilaverkon, on kallista.

Erillisiä taajuuslupia sisäpeiton parantamiseen ei ole vielä saatavilla ja lisensioimattomien taajuuksien laajamittainen käyttö johtaisi niiden ruuhkautumiseen ja alhaiseen palvelunlaatuun.

Täysimittainen uusien mahdollisuuksien hyödyntäminen vaatisi piensoluverkkojen rakentamisen helpottamista uusien paikallisten taajuuslupien avulla.

5G-verkot ja taajuudet

5G-verkkojen tutkimus- ja kehitystyö on käynnissä. Operaattoreiden ja teollisuuden visioissa uudet 5G-verkot koostuvat sekä 4G-verkkojen kehitysversioista että korkeilla taajuuksilla toimivista uusista ilmarajapinnoista ja verkkoarkkitehtuureista.

Euroopan komission rahoittama 5G-tutkimustoiminta Horisontti 2020 -ohjelmassa on järjestetty 5G Public Private Partnership (5GPPP) -sateenvarjon alle. Suomessa 5G tutkimusta ja kehitystä vauhdittaa Tekesin 5thGear ohjelma.

5G-tekniikan standardointi on aloitettu 3GPP:ssä ja regulointi televiestintäliitto ITU:ssa. Lähivuodet ratkaisevat 5G-verkkojen ominaisuudet. Aikataulu on esitetty kuvassa 2.

Kansainvälisen televiestintäliitto ITU käyttää 5G-kehityksestä termiä IMT-2020. Järjestö määrittelee vuosien 2016-2017 aikana vaatimukset suorituskyvylle sekä 5G-ilmarajapintojen arviointikriteerit ja -menetelmät.

Ehdotukset 5G-järjestelmistä odotetaan valmistuvan vuonna 2018, minkä jälkeen ulkopuoliset arviointiryhmät arvioivat ehdotukset ja uudet spesifikaatiot valmistuisivat vuonna 2020. Valmistelutyö kansainvälisille 5G-taajuuspäätöksille on käynnissä ITU:ssa vuoden 2019 seuraavaa radiokonferenssia varten.

5G tuo merkittäviä muutoksia

Aiemmin matkaviestinverkkojen kehitystä ja kasvavia taajuustarpeita perusteltiin jatkuvalla datamäärän kasvulla, mutta tämän rinnalla on alettu puhua eri käyttötarpeiden asettamista erilaisista tiukentuvista vaatimuksista.

5G mahdollistaa aikanaan tehokkaan langattoman laajakaistan lisäksi erittäin pienet siirtoviiveet esimerkiksi reaaliaikaiseen kontrolliin sekä suuren luotettavuuden esimerkiksi kriittisten infrastruktuurien hallintaan.

Verkkoteknologian osalta verkon toiminnallisuuksien virtualisointi mahdollistaa tarvittavan verkkokapasiteetin vuokraamisen suurten laiteinvestointien sijasta.

Laskenta- ja tallennuskapasiteetin tulo lähemmäs käyttäjää avaa myös uusia mahdollisuuksia. Taajuuksissa siirrytään nykyisten taajuuksien lisäksi millimetriaaltoteknologioihin, jolloin yhteyksien etäisyydet putoavat merkittävästi erityisesti sisätiloissa.

Käytännössä sisätilojen matkaviestinverkot ovat ns. ultratiheitä, jolloin jokaisessa huoneessa ja käytävässä tulee olla omat piensolutukiasemansa.

Tällä hetkellä taajuusvalmistelutyö keskittyy korkeisiin taajuuksiin, joiden käyttöönoton käytännön haasteita joudutaan ratkomaan 5G tutkimuksessa. Etuna näille korkeille taajuuksille on suurten kaistanleveyksien saatavuus.

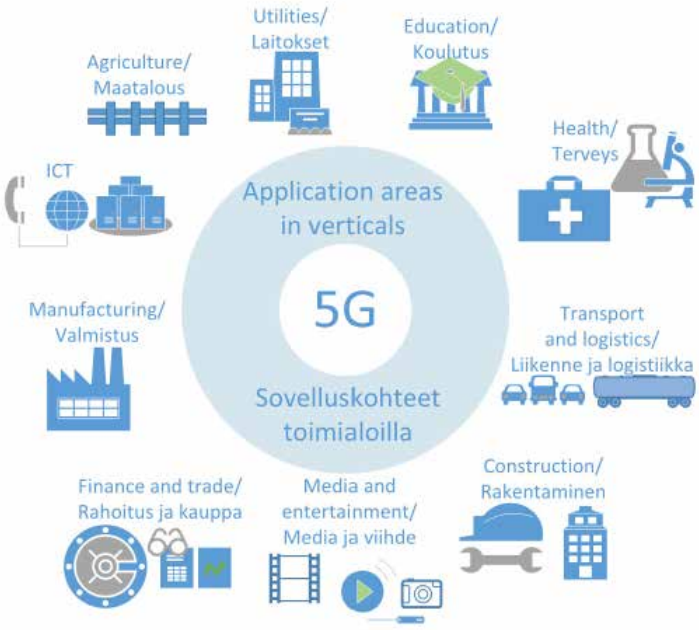
Teknisten haasteiden lisäksi muutosta tarvitaan taajuusregulointiin, kun päätetään, miten korkeiden taajuuksien taajuusluvat jaetaan. Nykyiset matkaviestintoimiluvat on Suomessa huutokaupattu ja lupaehdoissa on edellytetty koko maan kattavia korkeita peittovaatimuksia, mikä ei sovellu korkeille taajuuksille.

Millä mallilla taajuudet?

5G kehityksessä matkaviestinoperaattorit peräänkuuluttavat nykyisen lisensiointimallin jatkamista. Se tarjoaa häiriöttömät toimintaolosuhteet mutta rajoittaa samalla uusien kilpailevien toimijoiden tuloa markkinoille.

Korkeiden taajuuksien etenemisominaisuudet rajoittavat kantamaa. Se puolestaan vaikeuttaa koko maan kattavan peittoalueen rakentamista järkevillä tukiasemamäärillä, mutta samalla helpottaa häiriönhallintaa.

Uusien 5G-taajuuksien lisäksi tärkeä osa on nykyisten matkaviestinnän taajuuksien käyttöönotto.



Kuva 1. 5G-sovelluskohteet eri toimialoilla.
Figure 1. 5G application areas in different verticals.

Tätä on hidastanut taajuuksilla tällä hetkellä toimivien järjestelmien jatkon turvaaminen.

Taajuuksien yhteiskäyttö on kuitenkin tulossa asteittain. Esimerkiksi 2,3 ja 3,5 gigahertsin taajuusalueet osoitettiin matkaviestintään vuoden 2007 radiokokouksessa, mutta niiden käyttöönottoa on hidastanut nykyisten järjestelmien jatkon turvaaminen.

Euroopassa taajuuksien lisensioitua yhteiskäyttöä edistetään Euroopan komission Licensed Shared Access (LSA) regulointimallilla. Sen standardointi- ja regulointityö luo pohjan 2,3 gigahertzin taajuusalueen käyttöönotolle suojaten nykyisin siellä tällä hetkellä toimivat järjestelmät.

Yhdysvallat on avaamassa 3,5 gigahertzin taajuusalueen kolmitasoiselle yhteiskäyttömallille, jossa nykyiset järjestelmät suojataan ja uudet toimijat pääsevät markkinoille paikallisten käyttöoikeuksien avulla.

Yhteiskäyttömalli tehostaa taajuuksien käyttöä entisestään ja avaa markkinaa kilpailulle. Yhteiskäyttö edellyttää tehokasta häiriöiden hallintaa ja uusia mekanismeja paikallisten taajuuslisenssien jakoon.

Muutos liiketoiminnan ekosysteemin

2G-verkoissa maankattavat puhe- ja tekstiviestipalvelut muodostivat operaattoreiden liiketoiminnan ytimen. 3G-verkot toivat mukanaan mobiilidatayhteydet ja erilaiset palveluntarjoajat.

Maailmalla kokeiltiin taajuushuutokauppoja, jotka rajoittivat operaattorikentän toimijat niihin, joilla oli varaa hankkia kalliit lisenssit. Suomessa kolmen operaattorin markkina-asema mobiilimerkkinoilla vahvistui pitkien toimilupakausien myötä.

4G-verkkojen LTE-teknologia ja uudet taajuudet ovat mahdollistaneet maankattavien nopeiden internet-yhteyksien tarjonnan, mutta liiketoimintaekosysteemin toimijakenttä on pysynyt ennallaan. Suomessa taajuushuutokauppojen myötä nykyiset operaattorit vahvistivat markkina-asemia jopa 20 vuoden toimilupakausien myötä. Maailmalla toimijoiden joukko on kaventunut suurten fuusioiden kautta sekä operaattori- että laitevalmistajapuolella.

5G:n uskotaan radikaalisti muuttavan mobiilisektorin liiketoiminta- ja innovaatioekosysteemiä sekä toimijoiden rooleja (ks. kuva 3).

Taajuusreguloinnin rooli on keskeinen liiketoimintaekosysteemin muodostumisessa, koska se sääntelee markkinoillepääsyä.

5G-taajuuslupien jakoprosessi on avoin kysymys, mikä tulee muokkaamaan pelikenttää.

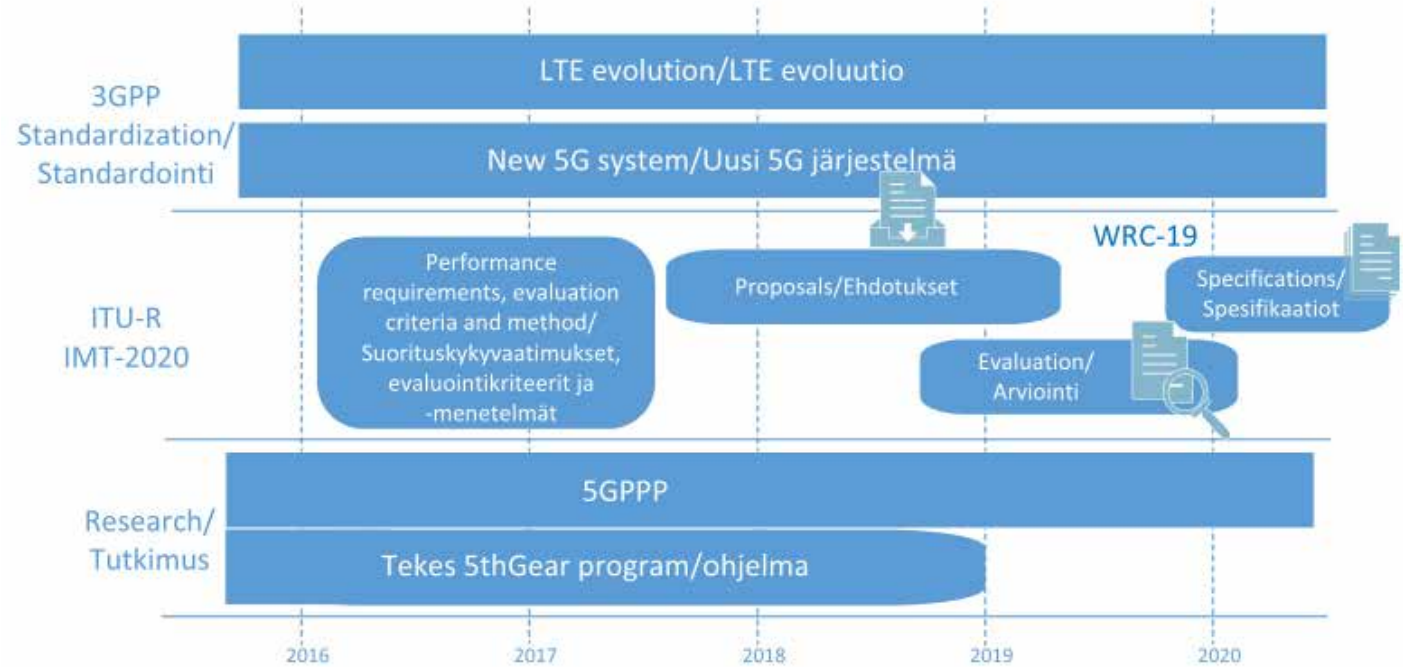
Regulaation muutos kohti paikallisten taajuuslisenssien jakoa on suuri askel paikallisen toiminnan mahdollistamiseen, joka avaa oven uusille toimijoille.

Yhdysvalloissa 3,5 GHz taajuusalueelle käyttöön tuleva kolmitasoinen malli mahdollistaa lyhyempien paikallisten lisenssien jakamisen.

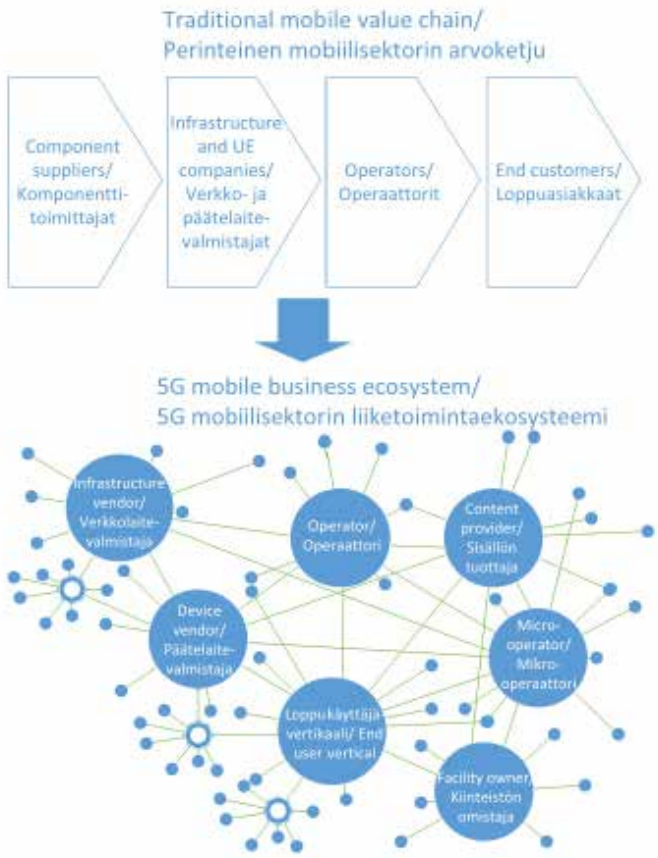
Euroopassa paikalliset lisenssit ajankohtaisia

Kiinteistöjen täysimittainen digitalisaatio edellyttää vallitseviin käytäntöihin ja operattorikeskeisiin liiketoimintamalleihin uudistuksia. Näin siksi, ettei sisätilapeiton rakentaminen tule olemaan halpaa.

Operaattorilla itsellään ei ole kannustimia rakentaa verkkoja ainakaan nopealla aikataululla. Toisaalta kiinteistönomistajan intresseissä on, että kenen tahansa operaattorin asiakkaat pääsevät jouhevasti ja edullisesti kiinteistön älyk-



Kuva 2. 5G-kehityksen aikataulu.
Figure 2. Timeframe for 5G development.



Kuva 3. Liiketoimintaekosysteemin muutos kohti 5G-verkkoja.
Figure 3. Business ecosystem evolution towards 5G networks.

kääseen verkkoon. Näin häntä voidaan kyseisessä tilassa tehokkaasti palvella.

Monesti myös palvelutarjoama riippuu voimakkaasti kiinteistön paikasta ja luonteesta: sairaalassa, lentokentällä, urheiluareenalla, ja oppilaitoksessa on oma varmasti ihan omanlaisensa palvelutarjoama yleisen internetsisällön lisäksi.

Jos kiinteistön omistaja/haltija on osa langattoman yhteyksien arvoketjua, tulee tämä muuttamaan vallitsevia liiketoimintamalleja. Tarkoittaako se uusien lisäarvoa tuottavan toimijaverkoston syntymistä nykyoperaattoreiden rinnalle vai jotain muuta, riippuu myös taajuusregulaatiosta.

Regulaation kehitys kohti paikallisia lisenssejä madaltaisi sijoittajien kynnystä lähteä nopeasti mukaan 5G verkkojen ja sovellusten kehittämiseen, jolloin digitaalisaatio etenisi vauhdilla markkinaehtoisesti.

Mobiili- ja internet-maailmojen yhdentyminen on merkittävästi muuttanut liiketoimintalogiikkoja. Totutut lainalaisuudet eivät enää päde jakamistaloudessa (”sharing economy”), jossa toisen omistamia resursseja voidaan hyödyntää omaan liiketoimintaan kaikkia osapuolia hyödyttävällä tavalla.

5G luo pohjaa jakamistalouden kehitykselle matkaviestinmarkkinoilla. Uudet asiakkaat tulevat eri toimialoilta, joilla on hyvin erilaiset käyttötapauskohtaiset langattoman tiedonsiirron vaatimukset.

Nykyverkot eivät kykene vastaamaan niihin kustannustehokkaasti. Esimerkiksi verkon omistaminen ei ole kynnyskysymys, kun kapasiteettia voi vuokrata tarpeen mukaan. Uusien skaalautuvien liiketoimintamallien kehitys on silloin avainasemassa.

”Mikro-operaattorit” uutena toimijana

Uusien paikallisten taajuuslisenssien ja 5G-verkkojen kehityksen myötä matkaviestinmarkkinat avautuvat uusille toimijoille. Piensoluverkkojen rakentaminen eri toimialojen tarpeisiin tarvitsee ketterän toimijan.

Kehitys vauhdittaisi paikallisiin käyttökohteisiin räätälöityjen verkkoyhteyksien ja niihin liittyvien palveluiden tarjontaa. Tämä loisi tarpeen uudelle mikro-operaattorien roolille (micro operator, uO), joka kykenee nopeasti ja kustannustehokkaasti tarjoamaan erikoistuneita langattomia palveluja.

Uudet mikro-operaattorit rakentavat sisätilojen piensoluverkkoja yhteistyössä kiinteistön omistajan kanssa ja voivat tarjota kapasiteettia nykyisille operaattoreille.

Virtuaalioperaattoreista poiketen mikro-operaattoreilla on oma tietoliikenneinfrastruktuuri, jonka tarvittavat osat se rakentaa itse tai vuokraa paikallisen tarpeen mukaisesti.

Radioverkon osalta mikro-operaattorin toiminta perustuu paikallisiin taajuuslisensseihin, joiden saaminen riippuu taajuusregulaation kehityksestä kohti 5G-verkkoja.

Mikro-operaattoreiden tulo mobiilimarkkinoille korostaa kiinteistön omistajan roolin merkitystä, koska käyttökohteen mukaisesti räätälöity langaton verkko voi tarjota alustan paikallisten ja erikoistuneiden palveluiden tarjoamiselle.

Paikallisten palveluiden kehi-

Langattoman datan käyttö kasvaa

Viestintäviraston uusimman toimialakatsauksen mukaan matkaviestinverkoissa siirrettiin Suomessa tietoa vuonna 2015 yhteensä noin 630 000 teratavua, mikä oli 93 prosenttia edellisvuotta enemmän.

Kasvu on kiihtynyt tasaisesti vuosina 2012-2015. Suomalaiset käyttivät viime vuonna mobiilidataa keskimäärin 9,5 gigatavua kuukaudessa.

Vaikka matkaviestinverkon liittymien kasvu on lähes pysähtynyt 9,46 miljoonaan liittymään, mobiililiittymistä pelkästään datan siirtoon käytettyjen liittymien lukumäärä kasvoi vuoden 2015 aikana 110 000 liittymällä.

Näiden lisäksi Suomessa oli vuoden 2015 lopussa 1,1 miljoonaa matkaviestinverkon koneliittymää (machine-to-machine, M2M), missä oli kasvua seitsemän prosenttia edellisvuodesta. Tällä sektorilla on odotettavissa seuraava suuri kasvuaalto teollisen internetin myötä.

Matkaviestinmarkkinat ovat muutoksen alla uuden viidennen sukupolven (5G) matkaviestinverkkojen kehityksen myötä. Tällä hetkellä Suomen mobiilimarkkinoita hallitsevat kolme suurta operaattoria, joiden lisäksi muiden osuus mobiililiittymistä on vain prosentti.

5G:n uskotaan synnyttävän uutta liiketoimintaa eri aloilla, kunhan taajuusregulaatio mahdollistaa teknologian nopean täysimittaisen käyttöönoton.

Suomi tutkii ja pilotoi

Suomen toimintamallin erityispiirre on eri toimijoiden saaminen samaan pöytään Tekesin hankkeiden kautta. Koko liiketoimintaekosysteemin ymmärtäminen on mahdollista eri toimijoiden aktiivisen osallistumisen kautta. Lisäksi taajuuslupien nopea saaminen kokeilukäyttöön on vauhdittanut testiverkkojen rakentamista.

Tekesin Trial – Kognitiivisen radion ja verkon kokeiluympäristö 2011-2014 -ohjelma teki Suomesta kansainvälisesti kiinnostavan langattoman tiedonsiirron kokeiluympäristön.

Erityisesti taajuuksien yhteiskäyttökokeiluissa Suomen yhteistyömalli, jossa tiiviissä yhteistyössä elinkeinoelämän, tutkimusorganisaatioiden ja julkisten toimijoiden kanssa on kokeiltu uutta teknologiaa nopeilla sykleillä hyödyntämällä todellisia matkaviestinjärjestelmiä.

Lainsäädännön tavoitteena on mahdollistaa kokeilut ja taajuuslupien saanti kokeilukäyttöön on toteutunut nopeasti. Se tekee Suomesta kansainvälisesti houkuttelevan kokeiluympäristön. Hyvä esimerkki toimivasta yhteistyöstä on Suomessa vuonna 2013 tehty maailman ensimmäinen Licensed Shared Access (LSA) -kokeilu. Siinä LTE-verkkoa varten lainattiin langattomien kameroiden käytössä olevaa 2,3 gigahertzin taajuutta.

Suomen langattoman tietoliikenteen menestyksekäs kokeilujen sarja jatkuu Tekesin 5thGear-ohjelmassa (2014-2019). Sen avulla 5G testiverkkojen rakentaminen on vauhdissa kohti niiden kaupallista hyödyntämistä.

Suomessa tehdyt kokeilut niin teknologian, liiketoimintamallien että taajuusreguloinnin osalta voivat johtaa uusiin avauksiin. Ne vauhittavat digitaalisaatiota Suomessa ja samalla edistetään innovaatiotoimintaa ja tulosten kaupallistamista. Se tukee myös suomalaisen tietoliikenteen osaamisen säilymistä.

Kuva: Pasi Maliniemi

Kuva 4. Oulun yliopiston 5G-testiverkon makrosolun masto.
Figure 4. Macro cell tower in 5G test network at University of Oulu, Finland.

Kuva: Jaakko Leinonen

Kuva 5. Oulun yliopiston 5G-testiverkon piensolutukiasema.
Figure 5. Small cell base station in 5G test network at University of Oulu, Finland.

tyksessä voidaan hyödyntää sekä mikro-operaattorin radioverkosta keräämää tai asiakkailta kerättyä dataa uusien palveluiden kehittämiseen ja tarjontaan.

Ilman mikro-operaattoreita ja paikallisia lisenssejä nykyoperaattoreiden markkinadominanssi voisi johtaa kehitykseen, jossa uuden teknologian käyttöönotto voi hidastua ja hintataso kohota todellisen kilpailun vähentyessä.

Lisensioimattomien taajuuksien laajamittainen käyttö eri toimialojen tiedonsiirtotarpeiden täyttämiseen voi johtaa puolestaan taajuuksien ruuhkautumiseen, minkä vuoksi käyttökohteiden tiukentuviin vaatimuksiin ei kyetä vastaamaan.

Artikkelin kirjoittaja TkT Marja Matinmikko tutkii 5G-järjestelmiä poikkitieteellisesti liiketoiminta-, regulointi- ja teknologianäkökulmista. Hän on taajuuksien yhteiskäytön asiantuntija.

Dr.Sc. Marja Matinmikko conducts multi-disciplinary research on 5G systems from business, regulation and technology viewpoints. She is an expert on spectrum sharing.

Prof. Matti Latva-aho johtaa Oulun yliopiston CWC tutkimusyksikön 5G tutkimusta. Hänen ansionsa huomioitiin vuoden 2015 Nokia Säätiön tunnustuspalkinnolla.

Prof. Matti Latva-aho leads 5G systems research at Centre for Wireless Communications, University of Oulu. His contributions to the field were recognized by Nokia Foundation Award in 2015.

UT Linkkipankki

Linkkipankin kautta voit tutusta Oulussa tehtävään 5G-kehitykseen. Mukana on kirjallisuuslinkkejä ja linkkejä alan muihin toimijoihin.

5G - new local micro-operators

Future digitized society depends heavily on timely availability of high quality wireless connectivity which is current dominated by mobile network operators (MNOs).

Fast large scale deployment of digital services across industry verticals and public sector calls for complementary business models that offer mobile connectivity to meet the ever increasing case specific local needs of different verticals.

Emerging 5G networks with virtualized network functions and higher carrier frequencies facilitate the emergence of new stakeholder roles in 5G business ecosystem for developing new business models to address specific local service needs.

Opening the competition landscape with changes in regulatory policies to issue new local licenses in 5G could incentivize new players for investments.

5G developments could open the door for new local micro-operators (uO) to provide rapid development cycles for future service provisioning. Micro-operators could build small cell communication infrastructure in collaboration with real-estate owners and offer local context related services and content to customers which could be the different verticals.

Opposite to virtual operators, micro-operators have own infrastructure to support any MNO customers for efficient local service delivery. They would benefit the major MNOs by offering them indoor capacity in high traffic demand areas.

Finland can pioneer the 5G development with iterative trial development to showcase and validate new technology, business models and regulatory concept by bringing together key stakeholders of the 5G business ecosystem.

University of Oulu's 5G research covers future radio access, radio access network optimization and management, antennas and propagation, baseband algorithms, radio transceivers, 5G test network, vertical applications, and business models.

Research on future business models, vertical applications, and test networks is carried out in JoiNtMaCS, 5GTN and CORE++ projects in Tekes 5thGear program with close collaboration with industry.

JoiNtMaCS project depicts the 5G business ecosystem and develops new business models for 5G in collaboration with researchers from US in WiFiUS virtual institute.

Contact information:
Centre for Wireless Communications (CWC), University of Oulu
marja.matinmikko@ee.oulu.fi
matti.latva-aho@ee.oulu.fi
ari.pouttu@ee.oulu.fi

Oulu Business School
petri.ahokangas@oulu.fi.

Web links:
5G research at CWC:
http://www.5gcwc.com/

Tekes 5thGear program:
http://www.tekes.fi/5thGear

5GTN project: http://5gtn.fi/

WiFiUS virtual institute:
http://www.wifius.org/

Kuva: LeeLuu Oy

Kankaisiin antureita ja vuorovaikutteisuutta

Vuorovaikutteiset tekstiilit eivät ole enää uusi tutkimuskohde, mutta uudet sähköä johtavat materiaalit, nanotekniikka ja joustavat elektroniikkaratkaisut voidaan nykyisin jo integroida saumattomasti kankaiden rakenteisiin. Suomalainen LeeLuu kehittää uudenlaisia vuorovaikutteisia tekstiilituotteita.

UT Emmi Pouta
emmi@leeluu.fi

Tekstiilien parissa tapahtuva kehitys näkyy myös markkinoiden kasvussa: vuorovaikutteisten tekstiilien markkinat kasvavat kiihtyvää vauhtia.

Kansainvälisen tekstiilijärjestö IFAI:n (Industrial Fabrics Association International) mukaan vuosien 2011-15 keskimääräinen vuosittainen kasvu oli noin 18 prosentti. Uusissa ennusteissa povataan jopa 33,6 prosentin kertyvää vuotuista kasvuprosenttia vuosien 2015-2020. Markkinoiden arvo kipuaisi vuoteen 2020 mennessä 4,72 miljardiin dollariin.

Suurimmat markkinat liittyvät nyt ajoneuvoihin, turvallisuus- ja sotilaallisiin sovelluksiin sekä rakennuttamiseen. Niiden perässä tulevat kovassa kasvussa olevat urheilu- ja kuntoilualueet sekä muodin ja terveydenhuollon sovellukset.

Tekniikkaa tutkitaan

Tuotekehityksen fokus on antureiden ja virtapiirien sulauttamisessa puettaviin tekstiileihin. Niiden avulla voidaan toteuttaa muun muassa elintoimintojen ja urheilusuoritusten mittaaminen, tarkkailu ja seuranta muun elektroniikan avulla.

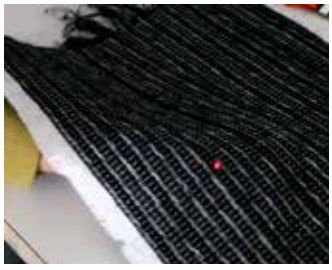
Toisena kehityksen kohteena ovat erityisesti puettavissa sovelluksissa käytettäviin tekstiilimateriaaleihin integroitavat virtalähteet ja joustava kehon liikkeisiin mukautuva elektroniikka.

Tiedonsiirtoratkaisuista vähän tehoa kuluttava Bluetooth Low-Energy on kiinnostava tapa liittää antureita ja tarkkailulaitteita tekstiilisovelluksissa.

Suomalaisyritys panostaa vuorovaikutteisuuteen

Suomalainen start-up-yritys LeeLuu Labs on erikoistunut vuorovaikutteisiin tekstiileihin. ensimmäinen tuote on lapsille suunnattu pehmeä yövalo. Tuotetta kehittäessään yrityksen suunnittelijat kysyivät lapsilta, kuinka he toivoisivat yövaloa käytettävän. Toiveista syntyi puristamalla, halaamalla tai silittämällä kontrolloitava unikaveri. Yrityksen juuret ovat Aalto-yliopiston muotoilun laitoksella.

Kankaaseen kudottujen käyttöliittymien mahdollisuuksia ovat kartoittaneet myös suuremmatkin alan toimijat. Hyvä esimerkki on verkkojätti Googlen Project Jacquard, jossa kertoi kudottujen vuorovaikutteisten tekstiilien olevan yrityksen fokuksessa. Google esitteli viime kesänä teolliseen kudontaprosessiin soveltuvan kosketusta aistivan kudotun anturirakenteen.



Kudottuun kankaaseen integroidut led-valot ja niitä ohjaava prosessori.
Woven fabric sample with integrated led lights and processor.

Oma anturirakenne

LeeLuu Labs on kehittänyt omaa anturirakennettaan kudontatekniikan mahdollisuuksista ponnistaen. Yritys on hakenut uusia keinoja useiden kangaskerrosten yhtäaikaiseen kutomiseen, jonka ansiosta ratkaisut ovat uniikkeja kilpailijoihin verrattuna. Yritys on jättänyt kehitystyöstään myös patenttihakemuksen viime kesänä.

Tekstiilimateriaaleihin integroitua anturiteknologiaa yritys kehittää käyttäjän tarpeista lähtien. Sen sijaan, että yritys hyödyntäisi uusinta teknologiaa tuotteiden lähtökohtana, käyttöliittymä määritellään ihmisten luonnollisen käyttäytymisen perusteella.

Hyvä esimerkki on yrityksen lapsille suunnattu yövalo, jota varten kehitettiin oma “silitysanturi”, eli tekstiilianturi, joka tunnistaa käden silittävän liikkeen. Valon kirkkautta silittämällä säätäessään lapsi myös käden liikkeellään rauhoittaa valaisevaa unikaveriaan.

Voidaan soveltaa

Smart textile sensors and interfaces from Finland

The smart fabrics market is growing rapidly worldwide. There is a high focus in the research and delopment community on textiles with integrated electronic sensors and circuitry. One issue for the development of interactive textiles is the lack of components directly suitable for textile-method based manufacturing.

Finnish startup LeeLuu Labs first product is a soft, “cuddle-controlled“ nightlight with integrated tex tile sensors. Nightlight is the company’s first step towards soft user interfaces. The nightlight lights up when a child interacts with it through touch.

Patent is pending for LeeLuu Labs’ own textile sensor technology: the woven capacitive sensor can sense touch and pressure at the same time by utilizing woven multilayered structures that make the technology unique.

LeeLuu Labs is also researching new methods to integrate electrical components into the structure of woven fabric, by developing wire components with multiple connection points that can be woven into the structure of the fabric. Read more: www.leeluu.fi

UT Linkkipankki

Linkkipankin kautta löydät lisää tietoa älytekstiileistä. Mukana on kirjoittajan kongressiesitelmiä ja selosteita. Mukana on myös linkki yrityksen Indiegogo-kampanjan sivulle.

muuallakin

Unilelu on yrityksen ensimmäinen tuote kosketuksella ohjattavia, pehmeitä käyttöliittymiä, mutta muitakin tuoteideoita on jo kehitteillä. LeeLuun kehittämä anturirakenne soveltuu muihinkin erityisesti kudottuihin tekstiileihin.

LeeLuun antureita voidaan tulevaisuudessa kutoa sähköä johtavia lankoja käyttäen niin vaatetuksessa kuin huonekaluissakin käytettäviin kankaisiin. Pinta-ala ja resoluutio voidaan määritellä tarpeen mukaan.

Kapasitiivinen anturirakenne tunnistaa kosketuksen ja painalluksen, ja sen avulla voidaan tunnistaa muun muassa erityyppisiä käden liikkeitä.

Artikkelin kirjoittaja Emmi Pouta on yksi LeeLuu Labs Oy:n perustajista. Pouta vastaa yrityksessä interaktiivisten tekstiilien suunnittelijana yrityksen vuorovaikutteisiin tekstiiliteknologoihin liittyvästä tutkimuksesta ja kehityksestä.

Kuva: Shutterstock

Kansainvälisen televiestintäliiton ITUn radioviestintäkonferenssissa (WRC-15) Genevessä päättyi runsas viikko sitten. Nyt Viestintäviraston osallistujat ovat listanneet kaikki muutetut tai kokonaan uudet taajuusalueet eri sovelluksiin.

IoT-kortit kehitykseen

KRISTER WIKSTRÖM
toimitus@uusiteknologia.fi

Krister Wikström
toimitus@uusiteknologia.fi

Tuotekehittäjän huippuskoopit

Oskilloskooppi on edelleen elektroniikkaa ja tietoliikennejärjestelmiä kehittävän hyödyllisin perustyökalu. Miten nykyaikainen oskilloskooppi toimii ja millaisia ovat tunnetuimpien valmistajien huippumallit.

Tuotteena oskilloskoopit ovat käyneet läpi pitkän tien. Aluksi ne perustuivat katodisädeputkeen, jonka saksalainen Karl Ferdinand Braun keksi yli sata vuotta sitten.

Niissä oskilloskooppi piirsi signaalin aaltomuodon suoraan kuvaputken pinnalle. Näitä ”analogisia” oskilloskooppeja valmistetaan yhä edelleen, mutta valtaosa nykyisistä oskilloskoopeista on digitaalisia muistioskilloskooppeja.

Digitaaliset oskilloskoopit

Digitaaliset oskilloskoopit tarjoavat monia etuja analogisiin oskilloskooppeihin verrattuna, mutta samalla niiden käyttö ja soveltaminen on analogisia monimutkaisempaa ja eräiden mielestä jopa vaikeaselkoisempaa.

Jokaisessa digitaalisen muistioskilloskoopissa on näytteenottopiiri, analogia-digitaalimuunnin ja tiedonkeruumuisti, johon signaalinäytteet tallennetaan lukuarvoina.

Ne myös vaikuttavat ratkaisevasti oskilloskoopin ominaisuuksiin, joista tärkeimmät ovat kaistanleveys, näytteenottotaajuus ja muistin koko. Niiden hyvyys puolestaan vaikuttaa eniten laitteiden hintaan.

Elektroniikassa kellotaajuudet ja signaalien kaistanleveys kasvavat jatkuvasti, joten mittauslaitteiden tulee pysyä mukana kehityksessä. Nopea analogia-digitaalimuunnin on siten yksi tärkeimpiä elementtejä digitaalisessa oskilloskoopissa.

A/D-muuntimen näytteenottotaajuus määrää oskilloskoopin erottelukyvyn vaaka- eli aika-asteikolla. Esimerkiksi yhden gigahertsin näytteenottotaajuudella näytteiden aikaväli on yksi nanosekunti.

Suuri näytteenottotaajuus on erityisen tärkeä, kun halutaan tutkia nopeita kertaluontoisia ilmiöitä eli transientteja.

Pystyakselilla erottelykyvyn määrää A/D-muuntimen bittimäärä. Signaalin aaltomuoto voidaan piirtää sitä tarkemmin, mitä enemmän bittejä näytteissä on. Siksi logiikka-analysaattoreissa riittää yhden bitin tarkkuus, koska siellä kiinnostaa vain onko signaali binäärinen nolla vai ykkönen. Kahdeksanbittisillä näytteillä taas voidaan esittää 256 eri signaalin arvoa.

Oskilloskoopeissa tarkkaillaan analogisia signaaleja, joten pystysuuntaista tarkkuutta pitää olla enemmän kuin logiikka-analysaattoreissa. Käytännössä digitaalioskilloskoopeissa bittimäärät vaihtelevat 8-16 bittiin.

Kaikissa A/D-muuntimissa näytteenottotaajuus ja bittimäärä ovat ristiriidassa keskenään, eli näytteenottotaajuuden kasvaessa muuntimen bittimäärä tai tarkkuus huononevat.

Nopeille, mutta tarkoille A/D-muuntimille on kysyntää erityisesti tietoliikennelaitteissa. Siksi piirivalmistajat ovat vastanneet tähän kehittämällä aina vain parempia muuntimia, tällä hetkellä on tarjolla 16-bittinen muunnin, jossa näytteenottotajuus on yksi gigahertsi.

Yhden gigahertsin näytteenottotaajuus ei kuitenkaan riitä huipputason oskilloskooppien valmistajille, jotka ovat joutuneet siksi kehittämään itse omaan käyttöön vieläkin nopeampia piirejä. Piitekniikka ei enää useinkaan riitä, joten esimerkiksi Entinen Agilent eli nykyinen Keysight valmistaa oskilloskooppejaan varten omia indiumfosfidipohjaisia mikropiirejä.

Erilaisia toimintaperiaatteita

Digitaaliskoopin perusarkkitehtuurina voi pitää rakennetta, jossa ottoliitäntään tuleva signaali ensin vahvistetaan tai vaimennetaan, jonka jälkeen analogia-digitaalimuunnin muuttaa jännitearvot lukuarvoiksi.

Lukuarvot tallennetaan tietojenkeruumuistiin, jonka jälkeen

oskilloskoopin prosessori käsittelee niitä ja esittää ne laitteen rasterinäytöllä. Tästä arkkitehtuurista käytetään usein nimitystä ”reaaliaikainen”.
Tällaisella oskilloskoopilla voidaan mitata kertaluoneisia transientti-ilmiöitä, mikäli laitteessa on riittävän nopea A/D-muunnin ja muistipiirit. Nyrkkisääntönä voi pitää, että näytetaajuuden tulee olla viisinkertainen oskilloskoopin kaistanleveyteen nähden.
Reaaliaika-oskilloskoopin yksi heikkous on siinä, että kunkin liipaisun jälkeen laitteen prosessorin tulee käsitellä kertyneet signaalinäytteet ja formatoida näytettävä aaltomuoto. Tämä vie oman aikansa, eikä oskilloskooppi käsittelyn aikana ole valmis uuteen liipaisuun. Signaalissa esiintyvät muutokset jäävät havaitsematta, mikäli ne osuvat ajankohtaan jolloin prosessorin työ on vielä kesken.
Amerikkalaisen oskilloskooppivalmistaja Tektronixin vuosikymmeniä sitten kehittämä ”digitaalinen fosfori” (Digital Phosphor) edustaa enemmän rinnakkaismuotoista arkkitehtuuria.
Siinä signaalinäytteet tallennetaan jatkuvasti, laitteen prosessorista riippumatta muistiin, jossa kukin muistipaikka vastaa tiettyä pistettä näytön kuvapinnalla. Samalla lasketaan, kuinka usein kuhunkin muistipaikkaan kirjoitetaan.
Näytössä piste esitetään sitä kirkkaampana mitä useammin näyte on kirjoitettu muistiin. Siten näyttö jäljittelee katodisädeputken jälkiloistoa, mistä arkkitehtuuri on saanut nimensä. Samanlaisesta menetelmästä eräät valmistajat, kuten Siglent käyttää nimitystä ”Super Phosphor”.
”Näytteenotto-oskilloskooppi” (sampling scope) on puolestaan nimitys rakenteelle, jossa ottoliitännästä lukien ensimmäisenä on erillinen, nopea näytteenottopiiri. Muut lohkot ovat samat kuin perusarkkitehtuurissa.
Näissä oskilloskoopeissa näytteenotossa signaalin spektri laskostuu eli siirtyy alaspäin taajuudessa, jolloin tullaan toimeen pienemmän kaistanleveyden omaavilla vahvistimilla ja hitaammilla analogia-digitaalimuuntimella ja muistipiireillä, jotka molemmat laskevat laitekustannuksia.
Laitteiden A/D-muuntimen nopeus ei riitä ottamaan tarpeeksi näytteitä yhden jakson aikana, joten seuraavilla jaksoilla otetaan lisää näytteitä eri kohdista signaalia.
Riittävän monen jakson jälkeen oskilloskooppien prosessori voi koota alkuperäisen signaalin eri jaksoilla tallennetuista näytteistä. Menetelmä toimii tosin vain jaksollisilla signaaleilla, transienttien analyysiin tarvitaan reaaliaikainen ja kalliimpi oskilloskooppi. Näytteenotto-oskilloskooppi on selvästi edullisempi kuin saman kaistanleveyden omaava reaaliaikainen oskilloskooppi.

Kaikki alkaa liipaisusta

Liipaisun idea oli ratkaisevan tärkeä ”keksintö” oskilloskooppien kehityksessä. Aluksi tämä tarkoitti sitä, että katodisädeputken elektronisäteen vaakasuuntainen pyyhkäisy käynnistyi, kun signaalijännite ylitti tai alitti asetetun jännitetason.
Ilman liipaisua aaltomuodon kuva ei pysy paikallaan vaan vaeltaa edes takaisin kuvapinnalla. Digitaalisissa oskilloskoopeissa liipaisu on paljon monimutkaisempi ja monipuolisempi asia. Liipaisukriteereitä voi olla kymmeniä erilaisia, joista voidaan muodostaa loogisia yhtälöitä. Liipaisu tapahtuu, kun ehdot täyttyvät.
Digitaalisissa oskilloskoopeissa ei myöskään ole ”pyyhkäisyä” kuten analogisissa oskilloskoopeissa. Signaalinäytteet vain tallennetaan muistiin ja muistin täyttyessä vanhimmat näytteet korvataan uudemmilla. Muistin sisältö ilmentää signaalin aaltomuotoa tietyssä aikavälissä. ”Liipaisu” merkitsee tietyn kohdan aikajanalla, johon oskilloskoopin näyttö keskitetään.
Digitaalinen oskilloskooppi voi näyttää myös liipaisua edeltävät aaltomuodot, kun taas analogisissa oskilloskoopeissa kuvapinnalla näkyy vain liipaisun

KUVATEKSTI

KUVATEKSTI

sghjklökkjgfdsafgjkhljökcx<

Uusi keinon nostaa siirtokapasiteettia

Suomalaisen DI Taneli Riikosen kehittämät ratkaisut voivat tuplata tulevaisuuden matkapuhelinverkkojen välityskyvyn. Tekniikan akateemiset palkitsi Riihosen väitöskirjan äskettäin vuoden parhaaksi. Aalto-yliopistossa tutkimusta tehneet Taneli Riihosen väitöstyössä esitetty oivallus voi osoittautua palkintolautakunnan mukaan maailmanlaajuisesti satojen miljardien arvoiseksi ratkaisuksi ruuhkautuvien radiotaajuuksien tiedonvälityskyvyn ongelmaan. Riihonen osoittaa väitöskirjassaan, että seuraavan sukupolven 5G-verkon välityskyky voidaan lähes tuplata. Riihosen esittämä full-duplex-tiedonsiirto on uusi lupaava konsepti, joka on herättänyt kansainvälisesti paljon kiinnostusta, mutta jota ei ole juurikaan tutkittu aiemmin.

Nykyaikaiset langattomat verkot hyödyntävät Riihosen väitöstiedotteen mukaan ns. välitinlaitteita, jotka jakavat pitkän yhteysvälin kahdeksi tai useammaksi erilliseksi peräkkäiseksi radiokanavaksi eli hypyksi, joiden kautta lähetetyt signaalit kulkevat. Esimerkiksi tukiasema voi palvella välittimen avulla käyttäjiä, jotka ovat sen oman peittoalueen ulkopuolella.

Riikosen väitöstutkimuksessa kehitettiin digitaalisia signaalinkäsittelymenetelmiä välitinlaitteisiin ja analysoi niiden suorituskykyä linkkitasolla. Näin ollen tutkimusongelmana oli selvittää, kuinka monihyppyiset radiolinkit saadaan toimimaan tehokkaasti taajuuskaista-, lähetysteho- ja prosessointirajoitukset huomioon ottaen. Väitöskirjan tulokset käsittelevät kahta tietoliikenteen signaalinkäsittelyn kannalta keskeistä teemaa. Linkkitason suorituskykyyn vaikuttaa suuresti ns. dupleksitila, joka määrittelee sen, miten välitinlaite vuorottelee vastaanoton ja lähetyksen välillä. Vastoin perinteistä perusoletusta nyt esitetään edistyksellinen ajatus siitä, että välittimien kannattaa usein lähettää ja vastaanottaa yhtä aikaa huolimatta niiden itse itselleen aiheuttamasta häiriöstä, jota voidaan myös vähentää nyt kehitetyillä signaalinkäsittelymenetelmillä. Näin pystytään parhaimmillaan liki tuplaamaan linkin tiedonsiirtonopeus.

Tutkielma myös kehittää ja analysoi kattavasti useita ns. välitysprotokollia, jotka määrittelevät välittimien tekemän signaalinkäsittevaitoskirjaTaneliRiikonenAalto2015lyn. Tutkielma kattaa myös yleispätevästi kaikenlaiset monihyppyiset linkit, joissa välittimet ovat kiinteitä verkkolaitteita. Ainoa merkittävä rajaus on oletus siitä, että käytössä on OFDM-modulaatio, jonka perusteellakin tulokset ovat sovellettavissa useimmissa nykyaikaisissa tiedonsiirtojärjestelmissä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä. (Kuvateksti, väittelijän kuvaan)

Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta. (Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen) (EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun)

Väliotsikko

ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä. (Kuvateksti, väittelijän kuvaan)

Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja

ssä kuten esimerkiksi
matkaviestinverkoissa,
langattomissa lähiver-
koissa ja digitaalisessa
televisiolähetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän
kuvaan)
Taneli Riihonen väi-
töstilaisuudessa vuosi
sitten oli professori
Robert Schober (Fried-
rich-Alexander-Univer-
sität Erlangen-Nürnberg)
ja valvojana professori
Risto Wichman Aal-
to-yliopiston sähkötek-
niikan korkeakoulun
signaalinkäsittelyn ja
akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjut-
tuun aloitusosuuteen)
(EnglishSumma-
ry-UT-lohotyyliin ja
alkuun U/T-grafiikkalo-
go tai tekstin alkuun) ssä
kuten esimerkiksi matka-
viestinverkoissa, langat-
tomissa lähiverkoissa ja
digitaalisessa televisiolä-
hetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän
kuvaan)
Taneli Riihonen väi-
töstilaisuudessa vuosi
sitten oli professori
Robert Schober (Fried-
rich-Alexander-Univer-
sität Erlangen-Nürnberg)
ja valvojana professori
Risto Wichman Aal-
to-yliopiston sähkötek-
niikan korkeakoulun
signaalinkäsittelyn ja
akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjut-
tuun aloitusosuuteen)
(EnglishSumma-
ry-UT-lohotyyliin ja
alkuun U/T-grafiikkalo-
go tai tekstin alkuun) ssä
kuten esimerkiksi matka-
viestinverkoissa, langat-
tomissa lähiverkoissa ja
digitaalisessa televisiolä-
hetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän
kuvaan)
Taneli Riihonen väi-
töstilaisuudessa vuosi
sitten oli professori
Robert Schober (Fried-
rich-Alexander-Univer-
sität Erlangen-Nürnberg)
ja valvojana professori
Risto Wichman Aal-
to-yliopiston sähkötek-
niikan korkeakoulun
signaalinkäsittelyn ja
akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjut-
tuun aloitusosuuteen)
(EnglishSumma-
ry-UT-lohotyyliin ja
alkuun U/T-grafiikkalo-
go tai tekstin alkuun) ssä
kuten esimerkiksi matka-
viestinverkoissa, langat-
tomissa lähiverkoissa ja
digitaalisessa televisiolä-
hetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän
kuvaan)
Taneli Riihonen väi-
töstilaisuudessa vuosi
sitten oli professori
Robert Schober (Fried-
rich-Alexander-Univer-
sität Erlangen-Nürnberg)
ja valvojana professori
Risto Wichman Aal-
to-yliopiston sähkötek-
niikan korkeakoulun
signaalinkäsittelyn ja

sasafdgshjkhlöjjkresthjgkhljjhfsd

akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjut-
tuun aloitusosuuteen)
(EnglishSumma-
ry-UT-lohotyyliin ja
alkuun U/T-grafiikkalo-
go tai tekstin alkuun) ssä
kuten esimerkiksi matka-
viestinverkoissa, langat-
tomissa lähiverkoissa ja
digitaalisessa televisiolä-
hetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän
kuvaan)
Taneli Riihonen väi-
töstilaisuudessa vuosi
sitten oli professori
Robert Schober (Fried-
rich-Alexander-Univer-
sität Erlangen-Nürnberg)
ja valvojana professori
Risto Wichman Aal-
to-yliopiston sähkötek-
niikan korkeakoulun
signaalinkäsittelyn ja
akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjut-
tuun aloitusosuuteen)
(EnglishSumma-
ry-UT-lohotyyliin ja
alkuun U/T-grafiikkalo-
go tai tekstin alkuun) ssä
kuten esimerkiksi matka-
viestinverkoissa, langat-
tomissa lähiverkoissa ja
digitaalisessa televisiolä-
hetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän
kuvaan)
Taneli Riihonen väi-
töstilaisuudessa vuosi
sitten oli professori
Robert Schober (Fried-
rich-Alexander-Univer-
sität Erlangen-Nürnberg)
ja valvojana professori
Risto Wichman Aal-
to-yliopiston sähkötek-
niikan korkeakoulun
signaalinkäsittelyn ja
akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjut-
tuun aloitusosuuteen)
(EnglishSumma-
ry-UT-lohotyyliin ja
alkuun U/T-grafiikkalo-
go tai tekstin alkuun) ssä
kuten esimerkiksi matka-
viestinverkoissa, langat-
tomissa lähiverkoissa ja
digitaalisessa televisiolä-
hetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän
kuvaan)
Taneli Riihonen väi-
töstilaisuudessa vuosi
sitten oli professori
Robert Schober (Fried-
rich-Alexander-Univer-
sität Erlangen-Nürnberg)
ja valvojana professori
Risto Wichman Aal-
to-yliopiston sähkötek-
niikan korkeakoulun
signaalinkäsittelyn ja
akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjut-
tuun aloitusosuuteen)
(EnglishSumma-
ry-UT-lohotyyliin ja
alkuun U/T-grafiikkalo-
go tai tekstin alkuun) ssä
kuten esimerkiksi matka-
viestinverkoissa, langat-
tomissa lähiverkoissa ja
digitaalisessa televisiolä-
hetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän
kuvaan)
Taneli Riihonen väi-
töstilaisuudessa vuosi
sitten oli professori
Robert Schober (Fried-

ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä. (Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta. (Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen) (EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun) ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä. (Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta. (Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen) (EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun) ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä. (Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta. (Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen) (EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun) ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä. (Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta. (Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen) (EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun) ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä. (Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta. (Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen) (EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun) ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä. (Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta. (Laati ıt-

UT Linkkipankki

English summary

sasafdgshjkhlöjjkresthjgkhljjhfsd

Kuva: Shutterstock

IoT virrankulutus

Kansainvälisen televiestintäliiton ITUn radioviestintäkonferenssissa (WRC-15) Genevessä päättyi runsas viikko sitten. Nyt Viestintäviraston osallistujat ovat listanneet kaikki muutetut tai kokonaan uudet taajuusalueet eri sovelluksiin.

KRISTER WIKSTRÖM
toimitus@uusiteknologia.fi

Geneven kokouksessa käsiteltiin yli 40 asiakokonaisuutta liittyen taajuuksien osoittamiseen uusiin käyttötarkoituksiin ja eri käyttötapojen yhteiskäyttöön taajuuksien tehokkaan käytön mahdollistamiseksi. Kokouksen aiheet sisälsivät taajuuksia maanpäällisille mobiiliverkoille, satelliittiverkoille, ilmailun ja merenkulun radiojärjestelmille, ilmailun ja liikenteen turvallisuuteen liittyvään käyttöön sekä erilaisille tieteen radiojärjestelmille, kuten ilmatieteeseen ja ilmastonmuutosta havainnoiville järjestelmille.
Kerroimme 5G-alueen muutoksista jo aiemmin. Viestintävirasto on nyt tehnyt loppuraportin WRC-15:n tuloksista. Linkin sinne löydät lehden linkkiosuudesta www.uusiteknologia.fi/linkkipankki/wrc15raportti.pdf
Seuraavan kerran radiokokous järjestetään neljän vuoden päästä vuonna 2019. Taustaa WRC-kokouksista voit lukea ITU:n lehden WRC-15-teemanumerosta (linkki).

sghjklökkjgfdsafgjkhljökcx<

Uusi keinon nostaa siirtokapasiteettia Suomalaisen DI Taneli Riikosen kehittämät ratkaisut voivat tuplata tulevaisuuden matkapuhelinverkkojen välityskyvyn. Tekniikan akateemiset palkitsi Riihosen väitöskirjan äskettäin vuoden parhaaksi. Aalto-yliopistossa tutkimusta tehneet Taneli Riihosen väitöstyössä esitetty oivallus voi osoittautua palkintolautakunnan mukaan maailmanlaajuisesti satojen miljardien arvoiseksi ratkaisuksi ruuhkautuvien radiotaajuuksien tiedonvälityskyvyn ongelmaan. Riihonen osoittaa väitöskirjassaan, että seuraavan sukupolven 5G-verkon välityskyky voidaan lähes tuplata. Riihosen esittämä full-duplex-tiedonsiirto on uusi lupaava konsepti, joka on herättänyt kansainvälisesti paljon kiinnostusta, mutta jota ei ole juurikaan tutkittu aiemmin.

Nykyaikaiset langattomat verkot hyödyntävät Riihosen väitöstiedotteen mukaan ns. välitinlaitteita, jotka jakavat pitkän yhteysvälin kahdeksi tai useammaksi erilliseksi peräkkäiseksi radiokanavaksi eli hypyksi, joiden kautta lähetetyt signaalit kulkevat. Esimerkiksi tukiasema voi palvella välittimen avulla käyttäjiä, jotka ovat sen oman peittoalueen ulkopuolella.

Riikosen väitöstutkimuk-

teemaa. Linkkitason suorituskykyyn vaikuttaa suuresti ns. dupleksitila, joka määrittelee sen, miten välitinlaite vuorottelee vastaanoton ja lähetyksen välillä. Vastoin perinteistä perusoletusta nyt esitetään edistyksellinen ajatus siitä, että välittimien kannattaa usein lähettää ja vastaanottaa yhtä aikaa huolimatta niiden itse itselleen aiheuttamasta häiriöstä, jota voidaan myös vähentää nyt kehitetyillä signaa-

Tutkielma myös kehittää ja analysoi kattavasti useita ns. välitysprotokollia, jotka määrittelevät välittimien tekemän signaalinkäsittevaitoskirjaTaneliRiikonenAalto2015lyn. Tutkielma kattaa myös yleispätevästi kaikenlaiset monihyppyiset linkit, joissa välittimet ovat kiinteitä verkkolaitteita. Ainoa merkittävä rajaus on oletus siitä, että käytössä on OFDM-modulaatio, jonka perusteellakin tulokset ovat sovellettavissa useimmissa nykyaikaisissa tiedonsiirtojärjestelmissä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä. (Kuvateksti, väittelijän kuvaan)

Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötek-

Otsikko

ssä kuten esimerkiksi
matkaviestinverkoissa,
langattomissa lähiver-
koissa ja digitaalisessa
televisiolähetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän
kuvaan)
Taneli Riihonen väi-
töstilaisuudessa vuosi
sitten oli professori
Robert Schober (Fried-
rich-Alexander-Univer-
sität Erlangen-Nürnberg)
ja valvojana professori
Risto Wichman Aal-
to-yliopiston sähkötek-
niikan korkeakoulun
signaalinkäsittelyn ja
akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjut-
tuun aloitusosuuteen)
(EnglishSumma-
ry-UT-lohotyyliin ja
alkuun U/T-grafiikkalo-
go tai tekstin alkuun) ssä
kuten esimerkiksi matka-
viestinverkoissa, langat-
tomissa lähiverkoissa ja
digitaalisessa televisiolä-
hetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän
kuvaan)
Taneli Riihonen väi-
töstilaisuudessa vuosi
sitten oli professori
Robert Schober (Fried-
rich-Alexander-Univer-
sität Erlangen-Nürnberg)
ja valvojana professori
Risto Wichman Aal-
to-yliopiston sähkötek-
niikan korkeakoulun
signaalinkäsittelyn ja
akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjut-
tuun aloitusosuuteen)
(EnglishSumma-
ry-UT-lohotyyliin ja
alkuun U/T-grafiikkalo-
go tai tekstin alkuun) ssä
kuten esimerkiksi matka-
viestinverkoissa, langat-
tomissa lähiverkoissa ja
digitaalisessa televisiolä-
hetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän
kuvaan)
Taneli Riihonen väi-
töstilaisuudessa vuosi
sitten oli professori
Robert Schober (Fried-
rich-Alexander-Univer-
sität Erlangen-Nürnberg)
ja valvojana professori
Risto Wichman Aal-
to-yliopiston sähkötek-
niikan korkeakoulun
signaalinkäsittelyn ja
akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjut-
tuun aloitusosuuteen)
(EnglishSumma-
ry-UT-lohotyyliin ja
alkuun U/T-grafiikkalo-
go tai tekstin alkuun) ssä
kuten esimerkiksi matka-
viestinverkoissa, langat-
tomissa lähiverkoissa ja
digitaalisessa televisiolä-
hetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän
kuvaan)
Taneli Riihonen väi-
töstilaisuudessa vuosi
sitten oli professori
Robert Schober (Fried-
rich-Alexander-Univer-
sität Erlangen-Nürnberg)
ja valvojana professori
Risto Wichman Aal-
to-yliopiston sähkötek-
niikan korkeakoulun
signaalinkäsittelyn ja

sasafdgshjkhlöjjkresthjgkhljjhfsd

akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjut-
tuun aloitusosuuteen)
(EnglishSumma-
ry-UT-lohotyyliin ja
alkuun U/T-grafiikkalo-
go tai tekstin alkuun) ssä
kuten esimerkiksi matka-
viestinverkoissa, langat-
tomissa lähiverkoissa ja
digitaalisessa televisiolä-
hetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän
kuvaan)
Taneli Riihonen väi-
töstilaisuudessa vuosi
sitten oli professori
Robert Schober (Fried-
rich-Alexander-Univer-
sität Erlangen-Nürnberg)
ja valvojana professori
Risto Wichman Aal-
to-yliopiston sähkötek-
niikan korkeakoulun
signaalinkäsittelyn ja
akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjut-
tuun aloitusosuuteen)
(EnglishSumma-
ry-UT-lohotyyliin ja
alkuun U/T-grafiikkalo-
go tai tekstin alkuun) ssä
kuten esimerkiksi matka-
viestinverkoissa, langat-
tomissa lähiverkoissa ja
digitaalisessa televisiolä-
hetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän
kuvaan)
Taneli Riihonen väi-
töstilaisuudessa vuosi
sitten oli professori
Robert Schober (Fried-
rich-Alexander-Univer-
sität Erlangen-Nürnberg)
ja valvojana professori
Risto Wichman Aal-
to-yliopiston sähkötek-
niikan korkeakoulun
signaalinkäsittelyn ja
akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjut-
tuun aloitusosuuteen)
(EnglishSumma-
ry-UT-lohotyyliin ja
alkuun U/T-grafiikkalo-
go tai tekstin alkuun) ssä
kuten esimerkiksi matka-
viestinverkoissa, langat-
tomissa lähiverkoissa ja
digitaalisessa televisiolä-
hetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän
kuvaan)
Taneli Riihonen väi-
töstilaisuudessa vuosi
sitten oli professori
Robert Schober (Fried-

sasafdgshjkhlöjjkresthjgkhljjhfsd

sasafdgshjkhlöjjkresthjgkhljjhfsd

ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä. (Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta. (Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen) (EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun) ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä. (Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta. (Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen) (EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun)

ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä. (Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta. (Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen) (EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun) ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä. (Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta. (Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen) (EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun)

English summary

UT Linkkipankki

Salaus ja tietoturva Iot-ratkaisuissa

Kuva: Shutterstock

Kuva: Netcontrol

Kansainvälisen televiestintäliiton ITUn radioviestintäkonferenssissa (WRC-15) Genevessä päättyi runsas viikko sitten. Nyt Viestintäviraston osallistujat ovat listanneet kaikki muutetut tai kokonaan uudet taajuusalueet eri sovelluksiin.

TOMI ENGDAHL
toimitus@uusiteknologia.fi

Mitä voisi tapahtua, jos ulkopuolinen saisi luettua keräämäsi datan tai pääsisi kiinni teollisuuslaitoksen järjestelmiin. Siksi teollisen internetin –maailmassa koneilta koneille tietojen pitää liikkua suojatusti ja tietoturvan pitää olla kunnossa.

Suomessa on monia automaatiojärjestelmiä, joita lähes kuka tahansa voisi päästä ohjaamaan, jos tietää laitteen IP-verkko-osoitteen tai se on helposti selvitettävissä. Ja maailmanlaajuisesti verkossa on laitteita, joissa ei ole lainkaan varsinaista käyttäjän tunnistusta tai niissä käytetään valmistajien antamia oletussalasanoja.

Paljon suojaamattomia IoT-laitteita

Suomen Kyberturvallisuuskeskuksen keväällä 2015 tekemässä verkkojen tietoturvakartoituksessa löytyi tuhansia suojaamattomia Internetiin liitettyjä automaatiolaitteita. Määrä ei ollut edes vähentynyt, vaikka selvitys tehtiin nyt jo toista kertaa.

Verkkoon liitetään enemmän helposti haavoittuvaa elektroniikkaa. Teollisuuden lisäksi internetin lisäksi myös kuluttajalaitteiden IoT-järjestelmien kehittäjien pitää olla paremmin perillä, miten tietoturva ja tietoliikenne toteutetaan.

Turvallisuuden parantaminen edellyttää langattoman viestinnän, automaation ja käytettävyyden osaamista. Tietoturvan varmistamisen tulisi koskea digitaalisessa maailmassa kaikkia.

Mahdollisuus ja uhka

Keskustelu teollisen internetin ja esineiden internetin (Internet of Things, IoT) toteutuksista käy vilkkaana. Innostus on noussa, mutta samalla pitää huolehtia tietoturvasta. Siinä Suomella on hyvät mahdollisuudet, koska meillä on monissa yrityksissä laajaa osaamista.

Arjen kybermaailman uhkakuvat liittyvät infrastruktuuriin (sähkö-, vesi-, ja tietoliikenneverkot; ruokalogistiikka), liikenteeseen (kulkuneuvojen älytekniikat, liikenteen ohjaus) ja asuminen (kodin automaatio). Esineiden internetissä verkkoon liitetyt anturit ja automaatiojärjestelmät arkipäiväistyvät, mutta edellyttävät samalla kattavaa, luotettavaa ja helposti käytettävää tietoturvaa.

Siinä missä perinteiset tietoturvauhat kohdistuvat ensisijaisesti tietoon, niin teollisen internetin ratkaisuissa voidaan pahimmillaan aiheuttaa aineellista vahinkoa ja saattaa ihmisiä hengenvaaraan.

Verkkoon liitetään entistä enemmän helposti haavoittuvaa teollisuusautomaatiota, kiinteistöautomaatiota, turvatekniikkaa, sairaalatekniikkaa sekä sähkön, lämmön ja veden jakelua ohjaavia järjestelmiä.

Pitkin vuotta on voitu lukea uutisista esille tulleista ja toteutuneista tietoturvauhista. Pari vuotta sitten tehtiin Saksassa kyberhyökkäys terästehtaan automaatiojärjestelmään. Viime joulukuussa tehtiin Ukrainan sähköverkkoa vastaan tietoturvaisku.

Autotkaan eivät ole suojassa. Heinäkuussa 2015 tutkijat esittelivät Yhdysvalloissa, miten Jeepin Cherokee-auto pystyttiin ottamaan etäohjaus netin välityksellä. Chrysler joutui kutsumaan 1,4 miljoonaa autoa ohjelmistopäivitykseen.

Vaikuttaa siltä, että tähän asti on selvitty pelkällä tuurilla, mutta taustalla on myös, että tietokoneita lukuun ottamatta monia laitteita

sghjklökkjgfdsafgjkhljökcx<

suunnitellaan vasta nyt kytkettäväksi verkkoon.

Teollinen internet on uusi iskusana

Teollinen internet ei ole asiana uusi, sillä verkkoihin kytkettyjä laitteita ja järjestelmiä on ollut jo parin vuosikymmenen ajan. SCADA/M2M-maailma on tehnyt vastaavia asioita kuin nyt tehdään IoT:ssä omissa suljetuissa verkoissaan.

Teollisen internetin ratkaisut voidaankin jakaa koneohjauksiin ja valvontajärjestelmiin liittyvistä SCADA/M2M (Supervisory Control And Data Acquisition tai Machine-to-Machine) -perusteisiin toteutuksiin sekä uudempiin IoT-ratkaisuihin ja niiden yhdistelmiin.

Teollinen Internet on tänä päivänä sateenvarjotermi, jonka alle mahtuu bisnesnäkökulmien lisäksi laaja joukko erilaisia tekniikoita. Yhdistävänä tekijöinä näille kaikille on TCP/IP-protokollan hyödyntäminen tiedonsiirrossa.

Monet IoT-ratkaisut perustuvat paljolti Internet-maailman perustekniikoihin. Siksi niissä käytetään paljon protokollia, jotka eivät ole täysin turvallisia.

Tällaisia ovat esimerkiksi HTTP, FTP, Telnet, Mobus TCP sekä suurin osa etäsarjaporttiprotokollista. Niitä kannattaa käyttää vain Internetistä luotettavasti erotetussa verkossa.

Tyypillinen teollisuuden Internet-ratkaisu sisältää sekä TCP/IP:tä käyttäviä osia sekä osia joissa sitä vielä käytetä. Tietoturvallisuuden kannalta TCP/IP:tä käyttävät osat ovat keskeisessä asemassa, mutta muitakaan osia ei voida jättää kokonaan huomiotta.

Monimutkaisia kokonaisuuksia

Monet uudet teollisen Internetin järjestelmät ovat tai tulevat olemaan luonteeltaan laajoja maantieteellisesti hajautettuja järjestelmiä. Erona SCADA/M2M-maailman on, että nyt sovelluksia ajetaan TCP/IP-verkossa.

Teollisuuden verkoissa käytetään vielä paljon turvattomia protokollia, jotka eivät sovellu sellaisenaan avoimeen Internetiin. Ne eivät tyypillisesti tarjoa itsessään salausta tai vahvaa tunnistusta.

Perinteisesti TCP/IP:n päällä ajettavat SCADA-järjestelmien kaukokäyttöprotokollat eivät ole suoraan sopivia laajaan teolliseen Internetiin. Perinteinen käytäntö, jossa SCADA järjestelmän valvomo avaa yhteyden kentällä olevaan laitteeseen,on verkkoteknisesti ja tietoturvamielessä haastava Internetissä.

Uusien tietoturvatekniikoiden käyttöönotto liittyy myös monia isojakin haasteita. Laitteista tulee helposti monimutkaisia ja laitteiden suorituskyvystä osa menee suojaustekniikoiden pyörittämiseen. Monimutkaisuus tarkoittaa myös usein suurempaa riskiä, että joku asia voi mennä pieleen.

Salausohjelmistoja pitää aika ajoin päivittää nopeasti, jos salaustekniikoista ja niiden toteutuksista löytyy tietoturva-aukkoja. Jos järjestelmien ohjelmistoja päivitetään verkon yli, pitää päivitys tehdä mahdollisimman turvallisesti. Teollisen Internetin ratkaisuihin liittyy edelleen paljon muitakin haasteita. Esimerkiksi miten pitää tiedot turvassa niin itse laitteessa, siirrettäessä niitä verkon yli pilvipalveluun sekä säilöä niitä turvallisesti verkon pilvipalvelussa.

Palvelinestohyökkäykset ovat edelleen riski, koska IoT-laitteita vastaan voidaan hyökätä tai niitä voidaan käyttää muita järjestelmiä vastaan hyökkäämiseen.

Haavoittuvaa IoT-laitetta voidaan käyttää reittinä yrityksen verkkoon hyökkäämiseen. Siksi niiden keskitetty valvonta on välttämätöntä. Edelleen teollisen verkon paras suojaus olisi käyttää laitteita Internetistä erotetussa verkossa.

Koska tämä ei ole enää pian kokonaan mahdollista, tarvitaan palomuureja jokaiselle laitteelle tai sisään rakennettuna jokaiseen laitteeseen. Siirtyminen uuteen IoT-maailmaan ei tapahdu hetkessä, sillä teollisuuden tietoverkoissa on vielä pitkään eri ikäisiä laitteita, jotka pitäisi kaikki saada turvallisesti osaksi modernia teollista IoT-verkkoa.

Kuluttajatuotteissa myös turvallisuusongelmia

Monen tavallisten kuluttajien IoT-tuotteen kohdalla tietoturva-asiat tuntuvat unohtuvan markkinoille tuonnissa. Tyypillisiä tietoturvaongelmia ovat heikosti suojatut tietoliikenneprotokollat ja tunnetuilla oletussalasanoilla varustetut hallintaliittymät.

Markkinoilta on löydetty jo heikosti suojattuja IoT-tuotteita. Esimerkiksi Helsingissä tammikuussa 2016 pidetyssä hakkeritapahtuma Disobeyssä esiteltiin langaton Uni-Elektran valmistamaa SilverCres-wifi-pistorasiaa SWS-A1, jonka yhteydet olivat heikosti suojattuja.

Myös suosittua Universal Plug and Play (UpnP) protokollaa käyttävissä laitteessa tieturvataso on sen verran yksinkertainen, että harrastajat ovat selvittäneen protokollan ja julkaisseet siihen sopivia omia ohjelmiaan.

Suuria haasteita edelleen

Teollisen Internetin ratkaisuihin liittyy edelleen haasteita. Esimerkiksi miten pitää tiedot turvassa niin itse laitteessa, siirrettäessä niitä verkon yli pilvipalveluun sekä säilöä niitä turvallisesti verkon pilvipalvelussa. Palvelinestohyökkäykset ovat edelleen riski, koska IoT -laitteita vastaan voidaan hyökätä tai niitä voidaan käyttää muita jär-

jestelmiä vastaan hyökkäämiseen.

Haavoittuvaa IoT-laitetta voidaan käyttää reittinä yrityksen verkkoon hyökkäämiseen. Siksi niiden keskitetty valvonta on välttämätöntä. Edelleen teollisen verkon paras suojaus olisi käyttää laitteita Internetistä erotetussa verkossa. Koska tämä ei ole enää pian kokonaan mahdollista, tarvitaan palomuureja jokaiselle laitteelle tai sisään rakennettuna jokaiseen laitteeseen.

Käytännön ratkaisuissa suojaamattomat teollisuusprotokollat kuljetetaan verkossa salattuna VPN-yhteyden yli. Palomuuri on käytössä myös VPN-yhteyden sisäiselle liikenteelle.

Turvallinen tiedostojen siirto SCP:llä ja konsoliyhteydet SSH:lla voivat korvata vanhat turvattomat FTP- ja Telnet-yhteydet. Kun verkko rakennetaan tällä tavoin, voidaan toimia turvallisesti, vaikka tehtaan sisäverkko ei olisikaan täysin irrotettu Internetistä.

Siirtyminen uuteen IoT-maailmaan ei tapahdu hetkessä, sillä teollisuuden tietoverkoissa on vielä pitkään eri ikäisiä laitteita. Vanhemmissa laitteissa ei aina ole mitään sisäänrakennettuja turvaominaisuuksia.

Tällaisen vanhemman laitteen voi silti kytkeä turvallisesti verkkoon, jos verkon ja laitteen väliin asennetaan erillinen tietoliikennöintilaite.

Tietoliikennelaite tarjoaa VPN-tunnelin, joka välittää datan turvallisesti esimerkiksi ohjelmoitavan automaatiologiikan ja valvomon välillä.

Vanhat automaatioprotokollat voidaan näin suojata kuljettamalla ne salatun tiedonsiirtokanavan yli. Tyypillisessä Internetin yli toteutetussa VPN-ratkaisussa etälaite avaa VPN-putken palvelimelle ja valvomo saa palvelimen kautta turvallisen etäyhteyden kenttälaitteeseen.

Turvallisuuden parantamiseen monta tapaa

Kun IoT-laitteen tietoliikenteen turvallisuutta halutaan parantaa, tulee turvattomat protokollat korvata turvallisemmilla protokollilla tai käyttää niitä ainoastaan VPN-yhteyden yli. Lisäksi laitteissa olevissa ohjelmistoissa olevat tietoliikenneprotokollat tulee toteuttaa niin, että niissä ei ole tunnettuja turvallisuusaukkoja, ja ohjelmisto tulee olla helposti päivitettävissä silloin kun sellaisia aukkoja tulee esille.

Jos Internetiin kytketty laite ohjaa jotain kriittistä toimintoa, tulee varsinaista verkkoliikennettä käsittelevä osa ja kriittistä toimintoa hoitava osa olla luotettavasti erotettu toistaan.

Esimerkiksi erilliset prosessit eri tehtäville, virtualisointi tai jopa omat erilliset prosessorit eri tehtäville. Uusia järjestelmiä suunnitellessa ja vanhoja päivitettäessä turvattomista protokollista kannattaa hankkiutua eroon korvaamalla ne turvallisemmilla ratkaisuilla.

Monelle vanhalle turvattomalle Internet-protokollalle on olemassa nykyisin laajassa käytössä uudemmat turvallisemmilla tunnistuksen ja salauksen tarjoavilla tietoliikenneprotokollilla.

Esimerkiksi web-selauksessa perinteisen tiedot selväkielisenä kuljettavan HTTP-protokollan tilalla käytetään yhä enemmän palvelimen tunnistuksen ja liikenteen salauksen tarjoava HTTPS-protokolla. Telnet- ja FTP-palvelut kannattaa korvata SSH- ja SCP-protokollilla, jotka tarjoavat luotettavan tunnistuksen ja tiedon salauksen.

Jos käytössä olevaa protokollaa ei voi vaihtaa, paras tapa on suojata Internetin yli kulkeva liikenne joko VPN (Virtual Private Network) -tekniikalla tai vastaavalla. VPN-yhteys on mahdollista toteuttaa joko ulkoisella VPN-laitteella tai ohjelmallisesti omassa laitteessa.

Sopivia teknisiä ratkaisuita VPN-yhteyden toteuttamiseen laitteessa ovat esimerkiksi IPSec ja OpenVPN. Myös SSH:ta on mahdollista käyttää turvallisen konsoliyhteyden lisäksi myös muun liikenteen suojaukseen.

Kannattaa pitää mielessä, että VPN-tekniikat tyypillisesti lisäävät jonkin verran verkkoliikenteen määrää ja monet niistä ovat arkoja verkkoyhteyden laadulle. Jos haluat käyttää VPN-tekniikkaa hitaan tai muuten epävarman yhteyden yli, kannattaa tekniikan valinnassa olla todella tarkkana.

Kolmas lähestymistapa on protokollamuuntimella varustetun välityspalvelimen käyttäminen järjestelmän ja Internetin välissä. Siinä protokollamuunnin liikennöi sisäverkossa perinteisillä protokollilla esimerkiksi automaatiojärjestelmän kanssa ja välittää turvallisella protokollalla Internetin kautta tiedot pilvipalvelun.

Protokollamuuntimella voidaan rakentaa turvallinen ja vain haluttua tietoa haluttuun suuntaan välittävä ratkaisu. Protokollamuunnoksen toteuttaminen vaati protokollaosaamista ja erikoisohjelmistoa sekä myös paljon tapauskohtaista määrittelyä ja testaamista.

Salaaminen turvaa tiedon

Salaaminen on yksi keskeinen tiedon suojaamisen keino. Kryptografiaa käytetään moneen eri tarkoitukseen kuten tiedon salaamiseen, eheyden varmistamiseen sekä pääsynhallintaan.

Viestiliikenteessä tietoa voidaan suojata erikseen linkkikerroksella (kuten WLAN verkkojen WPA2), siirtokerroksella (kuten esimerkiksi IPSec) ja sovelluskerroksella (kuten PGP). Käytetyn salausmenetelmän turvallisuus riippuu vahvasti valituista salausalgoritmeista ja käytettyjen avaimien pituudesta

TLS (Transport Layer Security) ja SSL (Secure Sockets Layer) ovat tietoliikenneyhteyskäytäntöjä, joiden avulla sovellukset voivat olla tietojen salaukseen perustuvassa suojatussa yhteydessä Internetin välityksellä.

Transport Layer Security (TLS) on nykyisin eniten käytetty salausprotokolla, jolla voidaan suojata Internet-sovellusten tietoliikenne IP-verkkojen yli.

Tavallisin käyttötapa on suojata WWW-sivujen siirtoa HTTPS-protokollalla, mutta sillä voi suojata myös esimerkiksi Websocket (wss://), FTP ja MQTT protokollien liikennettä. Myös tunnettu avoimen lähdekoodin OpenVPN ohjelmisto hyödyntää TLS-salaustekniikkaa.

Transport Layer Security (TLS) on perusperiaatteiltaan yksinkertainen, toteutukseltaan monimutkainen (suuri joukko salausmenetelmiä joiden käytöstä neuvotellaan) – oikein käytettynä TLS 1.0 ja uudemmat ovat kohtuullisen turvallisia.

TLS-tekniikkaa edeltäjää Secure Sockets Layer (SSL) ei voi pitää enää turvallisena. Uusin TLS-versio 1.2 määritellään standardissa RFC 5246.

Suojatussa webselauksessa (HTTPS) TLS-palvelu muodostaa käyttäjän ja palvelun välille ”tunnelin”, jossa tieto on salattu.

TLS-tekniikalla salatussa web selauksessa (HTTPS) turvallisuus perustuu varmenteisiin, joita myöntävät varmennusyritykset (CA) – varmenne varmentaa palvelimen oikeellisuuden.

Yhteyden avaamisen yhteydessä julkisen avaimen menetelmää ja varmenteita hyödyntäen avataan yhteys turvallisesti (esimerkiksi 2048 tai 4096 bittinen RSA-avain) – yhteyden avaamisen jälkeen datan siirrossa hyödynnetään symmetrisestä salausta (esimerkiksi 256 bittinen AES).

Kannattaa huomioida, että TLS-protokolla mahdollistaa useita erilaisia kryptografisia menetelmiä ja niiden parametreja tietoliikenteen luottamuksellisuuden, eheyden ja autenttisuuden takaamiseen.

Käytetyt menetelmät sovitaan viestinnän osapuolten kesken heidän suositustensa perusteella. TLS-protokollasta on olemassa useita erilaisia toteutuksia. Turvallisuuden kannalta on oleellista käyttää uusinta versiota valitusta TLS-toteutuksesta. Lisäksi tulee käyttää sellaisia järjestelmäasetuksia, että huonoja salaustekniikoita

sasafdgshjkhlöjjkresthjgkhljjhfsd

taulukko

ei voi joutua vahingossa käyttöön.

Ohjelmistot kuntoon

Tietoliikenteen salauksen ja tunnistuksien lisäksi laitteiden tietoliikenneprotokollien pitää olla huolellisesti toteutettuja ja testattuja, jotta niistä ei löydy tietoturva-aukkoja.

IoT-laitteissa olevien ohjelmistot on suunniteltava päivitettäväksi, koska yleisestikin käytetyistä Internet-tietoliikenteen ohjelmistoista löytyy jatkuvasti eri tasoisia tietoturvaongelmia.

Internetin tietoturvatekniikat kehittyvät vauhdikkaasti, kun nyt käytössä olevista protokollista ja niitä toteuttavista ohjelmista ja protokollista löytyy aukkoja, joten laitteisiin tarvitaan usein varmasti turvallinen etäpäivitettävyys ja mahdollisuus keskitettyyn hallintaan – vastaavasti kuin PC-koneisiin ja älypuhelimiin.

IoT-laitteen verkkoon näkyvä hyökkäyspinta kannattaa pyrkiä minimoimaan käyttämällä apuna esimerkiksi käyttöjärjestelmätason palomuurilla, joka päästää läpi ainoastaan välttämättömän liikenteen tunnetuista osoitteista ja torjuu kaiken muun.

Hyvin moneen IoT-laitteeseen sopii tilallinen palomuuri, joka päästää läpi ainoastaan ne paketit jotka kuuluvat IoT-laitteen suunnasta palvelimelle avattuihin yhteyksiin.

Lisäksi ohjelmoitavaa palomuuria voi käyttää erilaisen verkkohyökkäysten torjumiseen tilanteessa, jossa laitteesta on löytynyt tunnettu haavoittuvuus, mutta sen ohjelmistoa ei pystytä syystä tai toisesta heti päivittämään. Sulautetuissa Linux laitteissa palomuuri on helposti toteutettavissa iptables/Netfilter-tekniikalla.

IoT-laitteen ohjelmisto kannattaa suunnitella sellaiseksi, että se osaa tallentaa tietoa erilaisista järjestelmän tapahtumista, esimerkiksi onnistuneista ja epäonnistuneista tietoliikenteen yhteydenottoyrityksistä.

Ideaalitapauksessa tieto kaikesta normaalista toiminnasta poikkeavasta talletetaan tieto paikallisen tapahtumalistaan ja lähetetään tieto myös keskitetyn valvonnan palvelinkoneelle.

Keskitetyllä valvonnalla on helppo tunnistaa alkavia verkkohyökkäyksiä aikaisessa vaiheessa. Sulautetussa Linux laitteessa tapahtumien tallennus ja lähetys voidaan tehdä helposti hyödyntämällä syslog-ng-palvelua.

Turvallisuusvaatimukset kasvavat

Tietoturvavaatimusten taso IoT-järjestelmille on jatkuvasti kasvamassa koska järjestelmät monimutkaistuvat ja niitä sovelletaan yhä vaativampiin kohteisiin. Esineiden internetissä verkkoon liitetyt anturit ja automaatiojärjestelmät arkipäiväistyvät – edellyttävät kattavaa, luotettavaa ja käytettävää tietoturvaa.

Raudanlujan tietoturvan tarve on jo tunnistetta pilvidatakeskuksissa – niissä sovelluksissa, joissa pilvilaskennasta tulee sumulaskentaa (sovellus voi pyöriä missä tahansa), nämä turvallisuusvaatimukset laajenevat solmuihin ja lopulta julkiseen verkkoon.

Toisaalta Internetissä on, ja tulee olemaan vielä pitkään, suuri joukko laitteita joissa on eri tasoisia tietoturva-aukkoja. Sen tilanteen kanssa pitää osata toimia. Tietoturvauutisia kannattaa seurata aktiivisesti. Havaituista mahdollisista ongelmista kannattaa tehdä riskiarviointi – mitkä vakavat ja todennäköiset riskit kyseistä ongelmasta aiheutuvat.

Tee riskiarvon perustella päätös tarvittavista toimenpiteistä. Riskiarviota varten täytyy olla tiedossa tarkkaan mitä protokollia, salaustekniikoita ja ohjelmistoversioita järjestelmässäsi on käytössä.

Tietoturvan tason testaamista voi ostaa palveluna useilta tietoturvapalveluita tarjoavalta yritykseltä tai tehdä itse, jos omaa tarvittavan osaamisen.

Hyviä työkaluja verkkotietoturvan testaukseen ovat muun muassa Wireshark, Kali Linux ja Metasploit Framework. Wireshark on yksi parhaimmista työkaluista verkkoliikenteen analysointiin. Wiresharkin avulla voit selvittää esimerkiksi, millaista liikennettä verkossasi liikkuu.

Hakukone Shodan saattaa olla internetin pelottavin hakukone, koska se etsii Internetiin kytkettyjä laitteita. Harva Internetiin kytketty laite pysyy siltä salassa. Kannattaa tarkistaa, mitä hallinnassasi olevia tai toimittamiasi laitteita se löytää, ja miettiä miten tulos vastaa oletuksiasi.

Kali Linux on tekniseen rikostutkintaan ja hyökkäystestaukseen eli

How to make security of IoT

Cryptography and information security are very important things that should be properly implemented in industrial Internet of things systems (IIoT). Today's Internet has a large number of connected devices with poor security, this includes connected cars, home automation devices and industrial automation systems. Improving security of IIoT requires knowledge on communications protocols, wireless communications, automation and usability expertise. This article is an overview on what needs to be considered when building IIoT systems that should be safe.

Article writer Tomi Engdahl works as Design Engineer in Netcontrol Oy. His duties related to product development, especially in embedded Linux, telecommunications and security technologies. He has presented talk “Salaus ja tietoturva teollisen internetin ratkaisuissa” on IioT security at Teknologia 2015 fair. Tomi Engdahl writes to blog targeted for electronics enthusiasts at www.epanorama.net.

sasafdgshjkhlöjjkresthjgkhljjhfsd

sasafdgshjkhlöjjkresthjgkhljjhfsd

penetraatiotestaamiseen suunniteltu Linux-jakelu. Se sisältää paljon tietoturvaan ja sen testaamiseen liittyviä ohjelmia.

Metasploit Framework on hakkerointiväline, jolla voi testata erilaisten järjestelmien murtovarmuutta. Ole tarkkana, että testaat vain järjestelmiä, joita sinulla on lupa testata, koska luvaton haavoittuvuustestaus voidaan helposti tulkita tietomurron yritykseksi.

IPv6 uhka vai mahdollisuus?

Nykyinen Internet toimii suurimmalta osaltaan vielä IPv4-protokollalla, mutta sen IP-osoiteavaruus on loppumassa. Siksi IPv4 version rinnalla käytetään yhä laajenevassa määrin sen seuraajaksi kehitettyä IPv6 protokollaa.

IPv6:n suurin ero IPv4:ään on osoitteen pituus ja osoiteavaruuden laajuus (128 bittiä). IPv6 tarjoaa myös Internetin tietoturva-arkkitehtuuri IPse:n suojaamaan yhteyksiä salakuuntelulta ja väärinkäytöksiltä. Mukana on myös Mobile IPv6, joka mahdollistaa Internet-laitteiden liikkumisen verkosta toiseen ilman, että yhteydet katkeavat.

Uusi IPv6 tarjoaa uusien tietoturvaominaisuuksien lisäksi myös uusia haasteita. Uuden protokolla käyttöönotossa ensimmäisenä hankaluutena yleensä esille tulee puutteellinen IPV6-tuki laiteissa ja operaattoreilla.

Tietoturvan osalta IPSec tarjoaa sisään rakennettua suojattua tiedonsiirtoa (verrattavissa VPN-tekniikoihin), mutta tuo omia haasteitakin. Koska IPv6 ei ole ollut laajassa käytössä pitkää aikaa, monella tietoturvaihmisellä siitä selvästi heikompi kokemus kuin IPv4:n tietoturvasta.

IPv6-verkon tietoturva pitää rakentaa eri periaatteilla kuin IPv4 verkossa, esimerkiksi IPv6:lla ei voida käyttää perinteistä NAT-palomuuria, joka on ollut monen IPv4-käyttäjän turvana. Lisäksi IPv6 monet liikenteen tunnelointitekniikat mahdollistaa uudenlaisia hyökkäysreittejä.

IPv6 tietoturva ei ole samanlaista kuin IPv4:lla. Kun protokollan versio vaihtuu, pitää tietoturvakin ajatella uudelleen ja toteuttaa eri tavoin.

Näyttää, että siirtymäajasta tulee pitkä, jonka takia joudutaan käyttämään rinnakkain sekä IPv4- että IPv6 protokollia.

IPv4-laiteita tulee olemaan julkisessa verkossa ainakin vielä kymmenen vuotta ja suljetuissa järjestelmissä paljon pidempään. Tämä tarkoittaa, että monessa laitteessa tulee olla edelleen varsin pitkään tuki sekä IPv4- että IPv6 protokollille.

Artikkelin kirjoittaja Tomi Engdahl toimii Netcontrol Oy:ssä tuotekehitysinsinöörinä. Hänen työtehtävät liittyvät tuotekehitykseen, erityisesti sulautettuun Linuxiin, tietoliikenne- ja tietoturvatekniikoihin. Hän on aktiivinen nettikirjoittelija ja hänen artikkeleitaan on julkaistu Prosessori- ja Tietokone-lehdissä. Hän julkaisee omaa blogiaan elektroniikan harrastajille, www.epanorama.net.

LINKKIPANKKI (UT-tyylisesti logona tai UTLINKKIPANKKI)
www.uusiteknologia.fi/linkit

UT-lehden linkkipankissa on artikkeliin liittyen IoT-tekniikkaa ja -tietoturvaa esitteleviä internetti-osoitteita.Kerro muutamalla rivillä minkälaisia linkkejä on siis järjestöjen uutispätkiä jne.

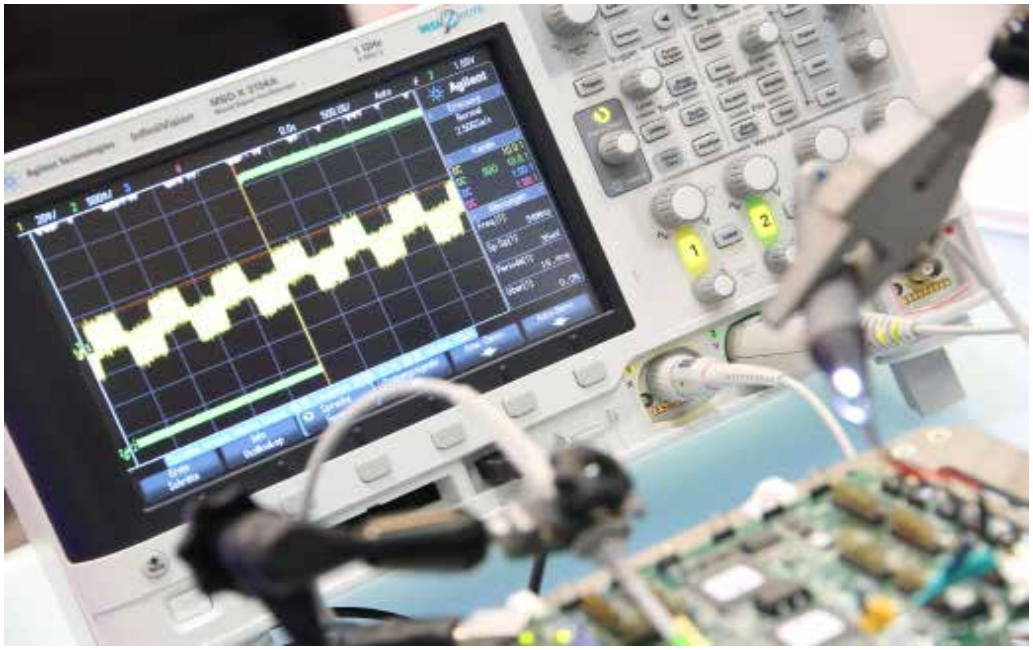
(Tässä nettiin laitettavat linkit, OLIKO MUITA???)

http://www.freeswan.org/
https://openvpn.net/
https://www.openssl.org/
https://www.wireshark.org/
https://nmap.org/
https://www.kali.org/
https://www.metasploit.com/
https://www.shodan.io/
http://www.rsyslog.com/
https://syslog-ng.org/
https://fi.wikipedia.org/wiki/Iptables

Yritysten linkit (kuvateksteissä mainitut yritykset)

http://www.netcontrol.fi/
http://www.tosibox.com/

UT Linkkipankki



Kuva: Shutterstock

Oskilloskooppi on edelleen elektroniikkaa ja tietoliikennejärjestelmiä kehittävän hyödyllisin perustyökalu. Miten nykyaikainen oskilloskooppi toimii ja millaisia ovat tunnetuimpien valmistajien huippumallit.

Tuotekehittäjän huippuskoopit

KRISTER WIKSTRÖM
toimitus@uusiteknologia.fi

Tuotteena oskilloskoopit ovat käyneet läpi pitkän tien. Aluksi ne perustuivat katodisädeputkeen, jonka saksalainen Karl Ferdinand Braun keksi yli sata vuotta sitten.

Niissä oskilloskooppi piirsi signaalin aaltomuodon suoraan kuvaputken pinnalle. Näitä ”analogisia” oskilloskooppeja valmistetaan yhä edelleen, mutta valtaosa nykyisistä oskilloskoopeista on digitaalisia muistioskilloskooppeja.

Digitaaliset oskilloskoopit

Digitaaliset oskilloskoopit tarjoavat monia etuja analogisiin oskilloskooppeihin verrattuna, mutta samalla niiden käyttö ja soveltaminen on analogisia monimutkaisempaa ja eräiden mielestä jopa vaikeaselkoisempaa.

Jokaisessa digitaalisen muistioskilloskoopissa on näytteenottopiiri, analogia-digitaalimuunnin ja tiedonkeruumuisti, johon signaalinäytteet tallennetaan lukuarvoina.

Ne myös vaikuttavat ratkaisevasti oskilloskoopin ominaisuuksiin, joista tärkeimmät ovat kaistanleveys, näyttenottotaajuus ja muistin koko. Niiden hyvyys puolestaan vaikuttaa eniten laitteiden hintaan.

Elektroniikassa kellotaajuudet ja signaalien kaistanleveys kasvavat jatkuvasti, joten mittauslaitteiden tulee pysyä mukana kehityksessä. Nopea analogia-digitaalimuunnin on siten yksi tärkeimpiä elementtejä digitaalisessa oskilloskoopissa.

A/D-muuntimen näytteenottotaajuus määrää oskilloskoopin erottelukyvyn vaaka- eli aika-asteikolla. Esimerkiksi yhden gigahertsin näytteenottotaajuudella näytteiden aikaväli on yksi nanosekunti.

Suuri näytteenottotaajuus on erityisen tärkeä, kun halutaan tutkia nopeita kertaluontoisia ilmiöitä eli transientteja.

Pystyakselilla erottelykyvyn määrää A/D-muuntimen bittimäärä. Signaalin aaltomuoto voidaan piirtää sitä tarkemmin, mitä enemmän bittejä näytteissä on. Siksi logiikka-analysaattoreissa riittää yhden bitin tarkkuus, koska siellä kiinnostaa vain onko signaali binäärinen nolla vai ykkönen. Kahdeksanbittisillä näytteillä taas voidaan esittää 256 eri signaalin arvoa.

Oskilloskoopeissa tarkkaillaan analogisia signaaleja, joten pystysuuntaista tarkkuutta pitää olla enemmän kuin logiikka-analysaattoreissa. Käytännössä digitaalioskilloskoopeissa bittimäärät vaihtelevat 8-16 bittiin.

Kaikissa A/D-muuntimissa näytteenottotaajuus ja bittimäärä ovat ristiriidassa keskenään, eli näytteenottotaajuuden kasvaessa muuntimen bittimäärä tai tarkkuus huononevat.

Nopeille, mutta tarkoille A/D-muuntimille on kysyntää erityisesti tietoliikennelaitteissa. Siksi piirivalmistajat ovat vastanneet tähän kehittämällä aina vain parempia muuntimia, tällä hetkellä on tarjolla 16-bittinen muunnin, jossa näytteenottotajuus on yksi gigahertsi.

Yhden gigahertsin näytteenottotaajuus ei kuitenkaan riitä huipputason oskilloskooppien valmistajille, jotka ovat joutuneet siksi kehittämään itse omaan käyttöön vieläkin nopeampia piirejä. Piitekniikka ei enää useinkaan riitä, joten esimerkiksi Entinen Agilent eli nykyinen Keysight valmistaa oskilloskooppejaan varten omia indiumfosfidipohjaisia mikropiirejä.

Erilaisia toimintaperiaatteita

Digitaaliskoopin perusarkkitehtuurina voi pitää rakennetta, jossa ottoliitäntään tuleva signaali ensin vahvistetaan tai vaimennetaan, jonka jälkeen analogia-digitaalimuunnin muuttaa jännitearvot lukuarvoiksi.

Lukuarvot tallennetaan tietojenkeruumuistiin, jonka jälkeen oskilloskoopin prosessori käsittelee niitä ja esittää ne laitteen rasterinäytöllä. Tästä arkkitehtuurista käytetään usein nimitystä ”reaaliaikainen”.

Tällaisella oskilloskoopilla voidaan mitata kertaluoneisia transientti-ilmiöitä, mikäli laitteessa on riittävän nopea A/D-muunnin ja muistipiirit. Nyrkkisääntönä voi pitää, että näytetaajuuden tulee olla viisinkertainen oskilloskoopin kaistanleveyteen nähden.

Reaaliaika-oskilloskoopin yksi heikkous on siinä, että kunkin liipaisun jälkeen laitteen prosessorin tulee käsitellä kertyneet signaalinäytteet ja formatoida näytettävä aaltomuoto. Tämä vie oman aikansa, eikä oskilloskooppi käsittelyn aikana ole valmis uuteen liipaisuun. Signaalissa esiintyvät muutokset jäävät havaitsematta, mikäli ne osuvat ajankohtaan jolloin prosessorin työ on vielä kesken.

Amerikkalaisen oskilloskooppivalmistaja Tektronixin vuosikymmeniä sitten kehittämä ”digitaalinen fosfori” (Digital Phosphor) edustaa enemmän rinnakkaismuotoista arkkitehtuuria.

Siinä signaalinäytteet tallennetaan jatkuvasti, laitteen prosessorista riippumatta muistiin, jossa kukin muistipaikka vastaa tiettyä pistettä näytön kuvapinnalla. Samalla lasketaan, kuinka usein kuhunkin muistipaikkaan kirjoitetaan.

Näytössä piste esitetään sitä kirkkaampana mitä useammin näyte on

kirjoitettu muistiin. Siten näyttö jäljittelee katodisädeputken jälkiloistoa, mistä arkkitehtuuri on saanut nimensä. Samanlaisesta menetelmästä eräät valmistajat, kuten Siglent käyttää nimitystä ”Super Phosphor”.

”Näytteenotto-oskilloskooppi” (sampling scope) on puolestaan nimitys rakenteelle, jossa ottoliitännästä lukien ensimmäisenä on erillinen, nopea näytteenottopiiri. Muut lohkot ovat samat kuin perusarkkitehtuurissa.

Näissä oskilloskoopeissa näytteenotossa signaalin spektri laskostuu eli siirtyy alaspäin taajuudessa, jolloin tullaan toimeen pienemmän kaistanleveyden omaavilla vahvistimilla ja hitaammilla analogia-digitaalimuuntimella ja muistipiireillä, jotka molemmat laskevat laitekustannuksia.

Laitteiden A/D-muuntimen nopeus ei riitä ottamaan tarpeeksi näytteitä yhden jakson aikana, joten seuraavilla jaksoilla otetaan lisää näytteitä eri kohdista signaalia.

Riittävän monen jakson jälkeen oskilloskooppien prosessori voi koota alkuperäisen signaalin eri jaksoilla tallennetuista näytteistä. Menetelmä toimii tosin vain jaksollisilla signaaleilla, transienttien analyysiin tarvitaan reaaliaikainen ja kalliimpi oskilloskooppi. Näytteenotto-oskilloskooppi on selvästi edullisempi kuin saman kaistanleveyden omaava reaaliaikainen oskilloskooppi.

Kaikki alkaa liipaisusta

Liipaisun idea oli ratkaisevan tärkeä ”keksintö” oskilloskooppien kehityksessä. Aluksi tämä tarkoitti sitä, että katodisädeputken elektronisäteen vaakasuuntainen pyyhkäisy käynnistyi, kun signaalijännite ylitti tai alitti asetetun jännitetason.

Ilman liipaisua aaltomuodon kuva ei pysy paikallaan vaan vaeltaa edes takaisin kuvapinnalla. Digitaalisissa oskilloskoopeissa liipaisu on paljon monimutkaisempi ja monipuolisempi asia. Liipaisukriteereitä voi olla kymmeniä erilaisia, joista voidaan muodostaa loogisia yhtälöitä. Liipaisu tapahtuu, kun ehdot täyttyvät.

Digitaalisissa oskilloskoopeissa ei myöskään ole ”pyyhkäisyä” kuten analogisissa oskilloskoopeissa. Signaalinäytteet vain tallennetaan muistiin ja muistin täyttyessä vanhimmat näytteet korvataan uudemmilla.

Muistin sisältö ilmentää signaalin aaltomuotoa tietyssä aikavälissä. ”Liipaisu” merkitsee tietyn kohdan aikajanalla, johon oskilloskoopin näyttö keskitetään.

Digitaalinen oskilloskooppi voi näyttää myös liipaisua edeltävät aaltomuodot, kun taas analogisissa oskilloskoopeissa kuvapinnalla näkyy vain liipaisun jälkeinen jännite ajan funktiona.

Huippuluokan oskilloskoopeissa tietojenkeruumuistin koko voi olla yli miljoona näytettä. Muistiin tallennettua aaltomuotoa voi selata ajassa eteen- ja taaksepäin.

Tietyn kohdan löytymistä helpottamaan oskilloskoopeissa on hakuohjelma (esimerkiksi Teledyne LeCroyn WaveScan), joka nopeasti löytää asetettujen hakukriteerin mukaisen kohdan ja näyttää sen kuvaruudulla.

Monenlaisia analyysejä

Digitaalipiirien ja erityisesti suorituskykyisten prosessoripiirien kehitys on tuonut digitaalisiin oskilloskooppeihin paljon uusia analyysitoimintoja, jollaiset eivät tulisi kyseeseen analogisissa oskilloskoopeissa. Kun signaali on tallennettu muistiin lukuarvoina, voidaan oskilloskoopin prosessorilla laskea, jos jonkinlaisia signaalin ominaisuuksia kuvaavia suureita.

Digioskilloskooppien signaalien analyysi ja tulosten näyttö eivät ole samalla tavalla ”reaaliaikaisia” kuin näytteenotto, joten mittausten laskutoimitukset voidaan suorittaa vähän hitaammallakin prosessorilla, kunhan signaalinäytteet on ensin tallennettu muistiin.

Nopeudesta ei toki ole haittaa, mutta monissa huippuluokan oskilloskoopeissa on sisäänrakennettu käytännössä tavallinen Windows-PC, joka hoitaa käyttöliittymän ja analyysit. USB-liitäntäisissä oskilloskoopeissa mittausyksiköt ovat erillisessä kotelossa ja oskilloskoopin käyttöliittymä- ja analyysitoiminnot on toteutettu erillisellä tietokoneella.

Perinteisten PC-suorittimien lisäksi oskilloskoopeissa käytetään 32-bitin ARM Cortex-M- tai Cortex-A-perheiden prosessoreja, jotka tarjoavat riittävästi tehoa suhteessa hintaan ja virrankulutukseen.

Oskilloskoopeissa on vakiona jo kymmeniä erilaisia analyysejä, mukaan lukien spektrianalyysi, joka saadaan näkyviin laskemalla signaalinäytteistä Fourier-muunnos. Pulssimuotoisista signaaleista voidaan laskea amplitudi, nousu- ja laskuaika, pulssisuhde, värinä (jitter) jne. Sinimuotoisista signaaleista voidaan laskea esimerkiksi taajuus, huippuarvo, keskiarvo ja tehollisarvo.

Kalliimman hintaluokan laitteissa on sarjamuotoisten signaalien, muun muassa I2C ja USB, dekoodaus ja analyysi, esimerkiksi silmäkuvion näyttö. Niihin on tarjolla ohjelmallisesti erilaisia lisäosuuksia. Radiotaajuisten signaalien ja langattomien siirtoprotokollien analyysikin on moniin huippumalleihin tarjolla.

(TAULUKKO 1 – erillisenä excelinä, ei laiteta kuvia mukaan! taulukkoon ellei onnistu noista valmiina olevista kuvista? – tiedostossa kaksi eri versiota!)

Esimerkkejä digitaalisten oskilloskooppien huippumallien ominaisuuksista.

(KUVANUMEROINNISSA HYPITÄÄN JA KAIKKIA NUMEROITA EI OLE!!!!!!)

(ALOITUSKUVA 0 – tulee tämän emailin matkassa Rohde_RTO-K21_46613_01! – koko sivu johon yläosaan Tuotekehityksen huippu-skoopit kolmelle riville ja infressi punaiselle)

Kuva: Rohde & Schwarz

(Kuva 1 - piirros - Kuva 1 (DSO lohkis).png)

Digitaalisen muistioskilloskoopin perusarkkitehtuuri, missä toiminta on sarjamuotoista. Näytteenoton ja A/D-muunnoksen jälkeen signaalinäytteet tallennetaan tiedonkeruumuistiin. Suoritinosa käsittelee tiedot ja tallentaa tulokset näyttömuistiin ja esittää tiedot rasterityyppisessä, värillisessä nestekidenäyttössä. The basic block diagram of a digital storage oscilloscope.

(Kuva 3 - Kuva 3 (PicoScope 9000).png)

Perinteisten digiskoopien lisäksi tarjolle on USB-väylän kautta kytkettäviä mittausyksiköitä. Laajemmissa testausjärjestelmissä voidaan käyttää erillisiä digitointi-skooppikortteja tai laitekehikoiden avulla koteloituja laitteita. laitteiden lisäksi myös erillisiä digitointi-skooppikortteja. In addition to traditional benchtop models, oscilloscopes are also available in small boxes for USB connection to standard PCs or in digitzer cards to large test systems.

(Kuva 4 – lohkokaavio . Kuva 4 (Real-time scope vs sampling scope).png)

Ylempi lohkokaavio näyttää perinteisen digitaalisen oskilloskoopin arkkitehtuuriin. Näytteenotto-oskilloskoopissa näytteenottopiiri on sijoitettu mahdollisimman lähelle laitteen ottoliitäntää, jolloin selvitään kapeakaistaisemmalla vahvistimella ja hitaammalla A/D-muuntimella. The lower diagram displays the typical block diagram of a sampling oscilloscope.

(Kuva 5 - Kuva 5 (Tektronix P7700 aktiivimittap+ñ+ñ).png

Tektronixin P7700 aktiivimittapäässä puskurivahvistin on integroitu mittapään kärkiosaan, jolla saavutetaan jopa kahdenkymmenen gigahertsin kaistale-

UT Linkkipankki

Uusiteknologia.fi linkkipankin kautta pääset katsomaan artikkelissa esiteltyjen mallien tarkempia tietoja. Mukana on myös linkit valmistajien sovellusohjeisiin, joiden avulla on helpompi tutustua oskilloskooppien tekniikkoihin ja erityisesti niiden käyttämiseen.

Tuotekehityksen huippuskoopit

Oskilloskooppi on edelleen elektroniikkaa ja tietoliikenne-järjestelmiä kehittävän hyödyllisin perustyökalu.
Miten nykyaikainen oskilloskooppi toimii ja millaisia ovat tunnetuimpien valmistajien huippumallit.

veys. Hintaa on noin 20 000 euroa. In order to achieve the best bandwidth, the Tektronix P7700 active probe integrates an amplifier in the probe tip.
(Kuva 7- Kuva 7 (Keysight InP chips).png)
Huippumalleissa oskilloskooppivalmistajat käyttävät itse suunnittelemiaan A/D-muuntimia ja vahvistimia. Kuvassa Keysightin indiumfosfidipohjaisia piirejä, joilla päästään suurempiin nopeuksiin kuin kaupallisilla piiratkaisuilla. In order to achieve the highest possible performance, leading oscilloscope manufacturers such as Keysight use special integrated circuits based on indium phosphide technology.
(Kuva 8 - Kuva 8 (wavemaster8zi-b-02).png)
WaveMaster 8 Zi-B on Teledyne LeCroyn huippumalli, jossa kaistanleveys on 30 gigahertsiä ja näytteenottotaajuus 80 gigahertsiä. Laitteessa on sisäinen PC, jossa on neliydinsuoritin ja 32 gigatavun RAM-muisti. Suuri muisti on tarpeen analyysien tehostamiseksi. The Wavemaster 8 Zi-B is Teledyne LeCroy's top performing benchtop oscilloscope with a sample rate of 80 GHz and a 30 GHz analog bandwidth.
(Kuva 9 - Kuva 9 (Infiniium DSO-Z 634A).png)

Keysightin Infiniium DSA-Z634A on valmistajan ykkösmalleja, jossa yhdellä tai kahdella kanavalla mitattaessa päästään 63 gigahertsin kaistanleveyteen ja 160 gigahertsin näytetaajuuteen. Neljällä kanavalla mitattaessa lukuarvot puolittuvat. The Keysight >infiniium DSAZ634A is the company's top performing oscilloscope model, with up to 63 GHz sample rate and 160 GHz analog bandwidth.
(Kuva 10 - Kuva 10 (Labmaster 10zi).png)
Nykyisin Teledyneen kuuluva LeCroyn LabMaster 10 Zi on esimerkki modulaarisesta oskilloskooppijärjestelmästä. Siinä näyttö- ja ohjausyksikön alla näkyy nelikanavainen tiedonkeruuyksikkö, joita järjestelmässä voi olla 20 ja mittauskanavia yhteensä 80. Mittaamalla samaa signaalia usealla kanavalla päästään jopa 240 gigahertsin näytetaajuuteen. The Teledyne LeCroy Labmaster 10 Zi is a modular oscilloscope measurement system with top performance specifications.
(Kuva 11 - Kuva 11 (tek_dpo72004_9).jpg
Tektronixin DPO/MSO70000-perhe edustaa valmistajan suorituskykyisintä laitteistoa, jossa on mallista riippuen 33 gigahertsin kaistanleveys ja 100 gigahertsin näytteenottotaajuus kahdella kanavalla. Neljällä kanavalla näytteenottotaajuus puolittuu. MSO-malleissa on lisäksi 16-kanavan logiikka-analysaattori ja neljä analogista mittauskanavaa. The Tektronix DPO/MSO70000 is the manufacturer's top performance benchtop oscilloscope family with up to 100 GHz sample rate and 33 GHz analog bandwidth.
(Kuva 12 - Kuva 12 (WaveScan).png
Teledyne LeCroyn oskilloskoopissa WaveScan-toiminto hakee tiedonkeruumuistista annetun kriteerin mukaisen kohdan ja näyttää sen suurennettuna kuvaruudussa. Toiminto on tarpeen esimerkiksi transienttianalyysissä. Search functions such as LeCroy Wavescan are useful for finding a specific point in a stored waveform.
(Kuva 13 – Rohde & Schwarzin malli RTO2000).png)
Rohde & Schwarzin huippumalli RTO2000:ssa on neljän gigahertsin kaista ja kanavakohtainen näytetaajuus 10 gigahertsiä. Laitteessa on muokattava käyttöliittymä. The RTO2000 is the top performing scope family from Rohde & Schwarz, with 10 GHz sample rate and 4 GHz analog bandwidth for each measurement channel.
(Kuva 14 – UUSI KUVA - Lecroy Waverunner 8000 uutuus sormielein.jpg)
Teledyne Lecroy:n Wavescan 8000 erikoisuus on sormieleet kosketusohjauksessa. Lecroy WaveRunner 8000 oscilloscopes add one touch gesture control to new model.
(LAATIKKO – johon kuvaksi kuva 6 ja 15a ja 15b)

Halvemmallakin voi selvitä
Edullisuus on tietenkin aina suhteellinen käsite, koska oskilloskoopeissa hintahaarukka on hyvin, hyvin leveä. Oskilloskoopin voi hankkia hyvinkin halvalla, mutta ammattikäyttöön tarkoitettujen tutkimuslaitteiden hinnat lähestyvät puolta miljoonaa euroa.
Siksi ei ole oikeastaan ihme, että yhden huippuskoopin aktiivimittapään hinnalla voisi hankkia tusinan "halpis-skooppeja". Tosin suurimpien valmistajienkaan kaikki mallit eivät toki ole huippuhintaisia, vaan tuotevalikoimasta löytyy myös halvempia malleja.
Hyvä esimerkki laajasta mallistosta on esimerkiksi suurten valmistajien kastiin noussut Rohde & Schwarz, joka on vuodesta 2014 lähtien myynyt aiemmin Hamegin-nimellä suunniteltuja tuotteita omalla merkillään.
Samalla se tarjoaa valmistajalle mahdollisuuden tuoda huippuskooppien ominaisuuksia vuosien varrella myös perustason oskilloskooppeihin.
Ulkoisesti hintaluokka ei välttämättä näy ensi silmäyksellä, koska halvemissakin malleissa on nykyisin nestekidetyyppinen värinäyttö ja samanlaiset painikkeet ja säätönupit kuin kalliimmissa.
Nykyaikaisilla tehokkailla mikro-ohjaimilla perusmalleissakin voidaan toteuttaa monipuoliset käyttöliittymät ja analyysitoiminnot. Lisäksi monet aiemmin analogiapiireillä toteutetut toiminnot voidaan nykyisin paremmin ja edullisemmin toteuttaa digitaalisella signaalinkäsittelyllä laitteen prosessorissa.
Hyvänä esimerkkinä on monien perustason oskilloskooppien spektrianalyysi. Kun tiedonkeruumuistiin on ensin tallennettu riittävä määrä signaalin lukuarvoja, niistä voidaan Fourier-muunnosta käyttäen laskea spektriarvot.
Se missä hintaero näkyy ovat kalliimpien mallien laajakaistaiset vahvistimet sekä näytteenottopiirit ja analogia-digitaalimuuntimet. Koska markkinoiden peruskomponentit eivät useinkaan riitä, oskilloskooppivalmistajat ovat ryhtyneet suunnittelemaan ja teettämään omia mikropiirirejä. Tämä on niin kallista että vain suurimmilla valmistajilla on siihen mahdollisuus.
Pienemmät valmistajat joutuvat tyytymään yleisesti myytäviin mikropiireihin, joten eroa syntyy helposti. Onneksi yleisesti saatavat A/D-digitaalimuuntimet ovat kehittyneet parempaan suuntaan, joten ero jää varsin pieneksi.
Yksi tämän hetken nopeimmista, kaikille tarjolla olevista A/D-muunninpiireistä on Texas Instrumentsin ADS54J60. Siinä on samalla piisirulla kaksi muunninta, joissa näytteenottotaajuus on yksi gigahertsi ja tarkkuus kuusitoista bittiä Myös Linear Technologylta tulee vuosittain entistä nopeampia piirejä.
Tiedonkeruumuisti on toinen kallis yksikkö. Mitä suurempi on oskilloskoopin näytetaajuus, sitä nopeampia muistipiirejä tarvitaan.
Staattiset RAM-piirit ovat tämän hetken markkinoiden nopeimpia muisteja, mutta niiden kapasiteetti eli bittien määrä piiriä kohti ole samaa luokkaa kuin flash- ja DRAM-piireissä. SRAM-ratkaisulla muistipiirejä tarvitaan paljon, ja tiedonkeruumuistin koko onkin yksi suurimpia eroja ero kalliimpien ja halvempien oskilloskooppien välillä.
(Kuva 6- Kuva 6 (Siglent SDS 1202X-S).jpeg)
Alle tuhat euroa maksava Siglent SDS1202X-S on esimerkki perustason oskilloskoopista, jossa on myös digitaaliseen taajuussynteesiin perustuva funktiogeneraattori. Kaistaleveys on 200 megahertsiä ja näytetaajuus gigahertsi. Laitteessa on myös 36 analyysitoimintoa. The Siglent SDS1202X-S oscilloscope includes a function generator and provides relatively good specifications at a low price.
Kuva 15a ja 15b - (RIGOL_PR-1046_DS-MSO4000 pohjakuvaksi ja siihen osittain vasemman osan päälle toisesta kuvas-

ILMO 1/1

Kuva: Shutterstock

Tuotekehittäjän erikoispalvelu

Kansainvälisen televiestintäliiton ITUn radioviestintäkonferenssissa (WRC-15) Genevessä päättyi runsas viikko sitten. Nyt Viestintäviraston osallistujat ovat listanneet kaikki muutetut tai kokonaan uudet taajuusalueet eri sovelluksiin.

KRISTER WIKSTRÖM
toimitus@uusiteknologia.fi

Geneven kokouksessa käsiteltiin yli 40 asiakokonaisuutta liittyen taajuuksien osoittamiseen uusiin käyttötarkoituksiin ja eri käyttötapojen yhteiskäyttöön taajuuksien tehokkaan käytön mahdollistamiseksi. Kokouksen aiheet sisälsivät taajuuksia maanpäällisille mobiiliverkoille, satelliittiverkoille, ilmailun ja merenkulun radiojärjestelmille, ilmailun ja liikenteen turvallisuuteen liittyvään käyttöön sekä erilaisille tieteen radiojärjestelmille, kuten ilmatieteeseen ja ilmastonmuutosta havainnoiville järjestelmille.
Kerroimme 5G-alueen muutoksista jo aiemmin. Viestintävirasto on nyt tehnyt loppuraportin WRC-15:n tuloksista. Linkin sinne löydät lehden linkkiosuudesta www.uusiteknologia.fi/linkkipankki/wrc15raportti.pdf
Seuraavan kerran radiokokous järjestetään neljän vuoden päästä vuonna 2019. Taustaa WRC-kokouksista voit lukea ITU:n lehden WRC-15-teemanumerosta (linkki).

KRISTER WIKSTRÖM
toimitus@uusiteknologia.fi

sghjklökkjgfdsafgjkhljökcx<

Uusi keinon nostaa siirtokapasiteettia

Suomalaisen DI Taneli Riikosen kehittämät ratkaisut voivat tuplata tulevaisuuden matkapuhelinverkkojen välityskyvyn. Tekniikan akateemiset palkitsi Riihosen väitöskirjan äskettäin vuoden parhaaksi. Aalto-yliopistossa tutkimusta tehneet Taneli Riihosen väitöstyössä esitetty oivallus voi osoittautua palkintolautakunnan mukaan maailmanlaajuisesti satojen miljardien arvoiseksi ratkaisuksi ruuhkautuvien radiotaajuuksien tiedonvälityskyvyn ongelmaan. Riihonen osoittaa väitöskirjassaan, että seuraavan sukupolven 5G-verkon välityskyky voidaan lähes tuplata. Riihosen esittämä full-duplex-tiedonsiirto on uusi lupaava konsepti, joka on herättänyt kansainvälisesti paljon kiinnostusta, mutta jota ei ole juurikaan tutkittu aiemmin.

Nykyaikaiset langattomat verkot hyödyntävät Riihosen väitöstiedotteen mukaan ns. välitinlaitteita, jotka jakavat pitkän yhteysvälin kahdeksi tai useammaksi erilliseksi peräkkäiseksi radiokanavaksi eli hypyksi, joiden kautta lähetetyt signaalit kulkevat. Esimerkiksi tukiasema voi palvella välittimen avulla käyttäjiä, jotka ovat sen oman peittoalueen ulkopuolella.

Riikosen väitöstutkimuk-

teemaa. Linkkitason suorituskykyyn vaikuttaa suuresti ns. dupleksitila, joka määrittelee sen, miten välitinlaite vuorottelee vastaanoton ja lähetyksen välillä. Vastoin perinteistä perusoletusta nyt esitetään edistyksellinen ajatus siitä, että välittimien kannattaa usein lähettää ja vastaanottaa yhtä aikaa huolimatta niiden itse itselleen aiheuttamasta häiriöstä, jota voidaan myös vähentää nyt kehitetyillä signaa-

Tutkielma myös kehittää ja analysoi kattavasti useita ns. välitysprotokollia, jotka määrittelevät välittimien tekemän signaalinkäsittevaitoskirjaTaneliRiikonenAalto2015lyn. Tutkielma kattaa myös yleispätevästi kaikenlaiset monihyppyiset linkit, joissa välittimet ovat kiinteitä verkkolaitteita. Ainoa merkittävä rajaus on oletus siitä, että käytössä on OFDM-modulaatio, jonka perusteellakin tulokset ovat sovellettavissa useimmissa nykyaikaisissa tiedonsiirtojärjestelmissä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä. (Kuvateksti, väittelijän kuvaan)

Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötek-

ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen)
(EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun) ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Fried-

digitaalisessa televisiolähetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen)
(EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun) ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori

akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen)
(EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun) ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen)
(EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun) ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolä-

töstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen)
(EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun) ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) ja valvojana professori Risto Wichman Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokselta.
(Laatikkojuttu pääjuttuun aloitusosuuteen)
(EnglishSummary-UT-lohotyyliin ja alkuun U/T-grafiikkalogo tai tekstin alkuun) ssä kuten esimerkiksi matkaviestinverkoissa, langattomissa lähiverkoissa ja digitaalisessa televisiolähetyksessä.
(Kuvateksti, väittelijän kuvaan)
Taneli Riihonen väitöstilaisuudessa vuosi sitten oli professori Robert Schober (Fried-

sasafdgshjkhlöjjkresthjgkhljjhfsd

Suomi tutkii

Kuva: Shutterstock

Kansainvälisen televiestintäliiton ITUn radioviestintäkonferenssissa (WRC-15) Genevessä päättyi runsas viikko sitten. Nyt Viestintäviraston osallistujat ovat listanneet kaikki muutetut tai kokonaan uudet taajuusalueet eri sovelluksiin.

KRISTER WIKSTRÖM
toimitus@uusiteknologia.fi

Geneven kokouksessa käsiteltiin yli 40 asiakokonaisuutta liittyen taajuuksien osoittamiseen uusiin käyttötarkoituksiin ja eri käyttötapojen yhteiskäyttöön taajuuksien tehokkaan käytön mahdollistamiseksi. Kokouksen aiheet sisälsivät taajuuksia maanpäällisille mobiiliverkoille, satelliittiverkoille, ilmailun ja merenkulun radiojärjestelmille, ilmailun ja liikenteen turvallisuuteen liittyvään käyttöön sekä erilaisille tieteen radiojärjestelmille, kuten ilmatieteeseen ja ilmastonmuutosta havainnoiville järjestelmille. Kerroimme 5G-alueen muutoksista jo aiemmin. Viestintävirasto on nyt tehnyt loppuraportin WRC-15:n tuloksista. Linkin sinne löydät lehden linkkiosuudesta www.uusiteknologia.fi/linkkipankki/wrc15raportti.pdf
Seuraavan kerran radiokokous järjestetään neljän vuoden päästä vuonna 2019. Taustaa WRC-kokouksista voit lukea ITU:n lehden WRC-15-teemanumerosta (linkki).

Uusi keinon nostaa siirtokapasiteettia

Suomalaisen DI Taneli Riikosen kehittämät ratkaisut voivat tuplata tulevaisuuden matkapuhelinverkkojen välityskyvyn. Tekniikan akateemiset palkitsi Riihosen väitöskirjan äskettäin vuoden parhaaksi. Aalto-yliopistossa tutkimusta tehneet Taneli Riihosen väitöstyössä esitetty oivallus voi osoittautua palkintolautakunnan mukaan maailmanlaajuisesti satojen miljardien arvoiseksi ratkaisuksi ruuhkautuvien radiotaajuuksien tiedonvälityskyvyn ongelmaan.

Riihonen osoittaa väitöskirjassaan, että seuraavan sukupolven 5G-verkon välityskyky voidaan lähes tuplata. Riihosen esittämä full-duplex-tiedonsiirto on uusi lupaava konsepti, joka on herättänyt kansainvälisesti paljon kiinnostusta, mutta jota ei ole juurikaan tutkittu aiemmin.

Nykyaikaiset langattomat verkot hyödyntävät Riihosen väitöstiedotteen mukaan ns. välitinlaitteita, jotka jakavat pitkän yhteysvälin kahdeksi tai useammaksi erilliseksi peräkkäiseksi radiokanavaksi eli hypyksi, joiden kautta lähetetyt signaalit kulkevat. Esimerkiksi tukiasema voi palvella välittimen avulla käyttäjiä, jotka ovat sen oman peittoalueen ulkopuolella.

Riikosen väitöstutkimuksessa kehitettiin digitaalisia signaalinkäsittelymenetelmiä välitinlaitteisiin ja analysoi niiden suorituskykyä linkkitasolla. Näin ollen tutkimusongelmana oli selvittää, kuinka monihyppyiset radiolinkit saadaan toimimaan tehvästi kaikenlaiset monihyppyiset linkit, joissa välittimet ovat kiinteitä verkkolaitteita. Ainoa merkittävä rajaus on oletus siitä, että käytössä on OFDM-modulaatio, jonka perusteellakin

English sujmary

Teknologiamess

Kuva: Shut-

Kansainvälisen televiestintäliiton ITUn radioviestintäkonferenssissa (WRC-15) Genevessä päättyi runsas viikko sitten. Nyt Viestintäviraston osallistujat ovat listanneet kaikki muutetut tai kokonaan uudet taajuusalueet eri sovelluksiin.

KRISTER WIKSTRÖM
toimitus@uusiteknologia.fi

Geneven kokouksessa käsiteltiin yli 40 asiakokonaisuutta liittyen taajuuksien osoittamiseen uusiin käyttötarkoituksiin ja eri käyttötapojen yhteiskäyttöön taajuuksien tehokkaan käytön mahdollistamiseksi. Kokouksen aiheet sisälsivät taajuuksia maanpäällisille mobiiliverkoille, satelliittiverkoille, ilmailun ja merenkulun radiojärjestelmille, ilmailun ja liikenteen turvallisuuteen liittyvään käyttöön sekä erilaisille tieteen radiojärjestelmille, kuten ilmatieteeseen ja ilmastonmuutosta havainnoiville järjestelmille. Kerroimme 5G-alueen muutoksista jo aiemmin. Viestintävirasto on nyt tehnyt loppuraportin WRC-15:n tuloksista. Linkin sinne löydät lehden linkkiosuudesta www.uusiteknologia.fi/linkkipankki/wrc15raportti.pdf Seuraavan kerran radiokokous järjestetään neljän vuoden päästä vuonna 2019. Taustaa WRC-kokouksista voit lukea ITU:n lehden WRC-15-teemanumerosta (linkki).

English sujmary

ut 2016-2017

Kesäkuu 2016

X.XX.XXXX Consumer Electronics Show, Las Vegas

AMMATTILEHTI
NETTIPALVELU
SOME
SEMINAARIT & WORKSHOPIT

UUSI TEKNOLOGIA.fi TEKNOLOGIAMEDIAT oy

Kaivomestarinkatu 3
02770 Espoo

Puh: (09) 428 93214
Mobiili: (041) 706 4073
Email: toimitus@uusiteknologia.fi

UT uutuudet

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komis-

5G nopeutuu

Uusiteknologia-ammattilehti rakentuu netin lisäksi some-kanavista ja suomalaista tutkimusta esittel.

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajben-

Your opportunity for joining the Finnish electronics and technology industry

UT The newest technology and information is necessary for the Finnish technology industry to thrive and for designers to be able to apply their knowledge. Digitalization, wireless solutions and the Internet of Things are today's hot topics.

Nowadays Finland is not big in mobile manufacturing, but a growing number of electronics products are designed and developed in Finland. On the manufacturing side, Finland specializes in many high technology products and machines. Among these are medical and wellness electronics, cellular base stations, industrial electronics, embedded machines, automation systems and work machines. Startup culture is growing rapidly in Finland

UT with a focus on developing products using high technology and new electronics.

Technology is based on innovation and sharing

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Foru-

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Foru-

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

5G nopeutuu

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

UT DIGIDIGI

Kansainvälisen televiestintäliiton ITUn radioviestintäkonferenssissa (WRC-15) Genevessä päättyi runsas viikko sitten. Nyt Viestintäviraston osallistujat ovat listanneet kaikki muutetut tai kokonaan uudet taajuusalueet eri sovelluksiin.

KRISTER WIKSTRÖM
toimitus@uusiteknologia.fi

Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi. Raportissa identifioidut Euroopan tulevaisuuden kannalta välttämättömät teknologiat ovat vain puolet ratkaisua. Yhtä tärkeää kilpailukyvylle on mahdollistavien teknologioiden yhdistäminen.

Barcelonassa viime kuussa pidetyssä EPOSS Forumissa (European Technology Platform for Smart Systems Integration) komission Henri Rajbenbach linjasi.

Väliotsikko

Tulossa

Marraskuu
2016

Uusinta älytekniikkaa

Kansainvälisen televiestintäliiton ITUn radioviestintäkonferenssissa (WRC-15) Genevessä päättyi runsas viikko sitten. Nyt Viestintäviraston osallistujat ovat

OTsikko

Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö

Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö Höpönlöpö

OTsikko

Kansainvälisen televiestintäliiton ITUn radioviestintäkonferenssissa (WRC-15) Genevessä päättyi runsas viikko sitten. Nyt Viestintäviraston osallistujat ovat

OTsikko

Höpönlöpö
Höpönlöpö
Höpönlöpö
Höpönlöpö
Höpönlöpö
Höpönlöpö
Höpönlöpö
Höpönlöpö
Höpönlöpö
Höpönlöpö
Höpönlöpö
Höpönlöpö
Höpönlöpö

Otsikko

Höpönlöpö
Höpönlöpö
Höpönlöpö
Höpönlöpö
Höpönlöpö
Höpönlöpö

Päivittäin www.uusiteknologia.fi

KOTISIVUJEN UUSI SUOMENKIELINEN AIKAKAUSI

THIS IS SICK

Sensor intelligence.

[illegible]