



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

TIETOLIIKENNE SÄHKÖVERKOSSA JA SEN APUNA

Henri Pussinen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2016
Tietotekniikka
Tietoliikenne



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikka
Tietoliikenne

PUSSINEN HENRI:

Tietoliikenne sähköverkossa ja sen apuna

Opinnäytetyö 18 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Huhtikuu 2016

Ensimmäisessä osiossa tutkitaan datasähköä ja miten se on kehittynyt ajan myötä. Datasähköä on käytetty ensimmäisen kerran jo 1900-luvun alussa mutta, viimeisen 20 vuoden sisällä se on kokenut suuria muutoksia. Suurin muutos sen toiminnassa on se että, sitä ei enää tuoda muuntajalta asti vaan jokainen asiakas hankkii verkkoyhteytensä itse.

Toisessa osiossa tutkitaan tietoliikenteen käyttöä apuna sähköverkon ylläpidossa. Sähköverkon ylläpitoon tarvitaan paljon erilaisia tietoliikennejärjestelmiä ja -yhteyksiä, esimerkiksi laitteiden kuten erottimen ohjaukseen ja tarkkailuun, sähköverkon suojaukseen sekä sähkömittareiden lukematietojen tarkkailuun.

Kolmannessa osiossa kokeillaan datasähköadapteria ja sen toimintaa. Adapteri on helppo käyttää eikä se paljon poikkeaa normaalista verkkoyhteydestä.

Asiasanat: datasähkö, tietoliikenne, sähköverkko,

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Information technology
Telecommunications

PUSSINEN HENRI:
Telecommunications in electricity network and supporting it

Bachelor's thesis 18 pages, appendices 0 pages
April 2016

The first part examined powerline communication and how it has evolved over time. PLC is used for the first time in the early 1900s, however, within the last 20 years, it has undergone major changes. The biggest change in its activities is the fact that it may no longer bring up the transformer, but each and every customer acquires the network connection itself

The second section explores the use of telecommunications as an aid in maintaining the electricity network. maintenance of the electricity grid requires a lot of different telecommunication systems and connections, in such as the control of devices such as the separator and the monitoring, protection grid, as well as to monitor the electricity meter reading data.

In the third section, experiment with a powerline adapter and its operation. The adapter is easy to use and does not differ much from the normal network connection.

Key words: power, line, communication, telecommunication, plc

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TIETOLIIKENNE SÄHKÖVERKOSSA.....	7
2.1	DATASÄHKÖ.....	7
2.1.1	Historia.....	8
2.1.2	Kokeiluja Suomessa.....	8
2.2	DATASÄHKÖ NYKYPÄIVÄNÄ.....	8
3	TIETOLIIKENNE APUNA SÄHKÖVERKON YLLÄPIDOSSA.....	9
3.1	HALLINNAN MAHDOLLISTAJAT.....	9
3.1.1	Käyttöalueita.....	9
3.1.2	Tiedonsiirron kehittyminen.....	10
3.2	SÄHKÖVERKON OHJAUKSEN TIEDONSIIRTO.....	12
3.2.1	Tietoliikenneyhteyksien varmentaminen.....	12
3.2.2	Tietoliikenneyhteyksien turvaaminen.....	13
4	LAITTEIDEN KOKEILU.....	14
4.1	ZYXEL PLA-4201.....	14
4.2	Käyttöönotto.....	15
4.3	Nopeustesti.....	16
5	POHDINTA.....	17
	LÄHTEET.....	18

ERITYISSANASTO

VoIP	Voice over Internet Protocol
PLC	Power-Line Communication
LAN	Local Area Network
AMR	Automated Meter Reading
BER	Bit Error Rate
NMS	Network Management System
Mbps	Megabits per second

1 JOHDANTO

Tässä työssä käsitellään tietoliikenteen siirtämistä sähköverkon kautta ja sen käyttöä sähköverkon ylläpidossa.

Ensimmäisessä osiossa tutkitaan datasähköä ja miten se on kehittynyt ajan myötä. Datasähkössä tarkoituksena on siirtää tietoliikenne dataa sähköverkossa sähkön rinnalla.

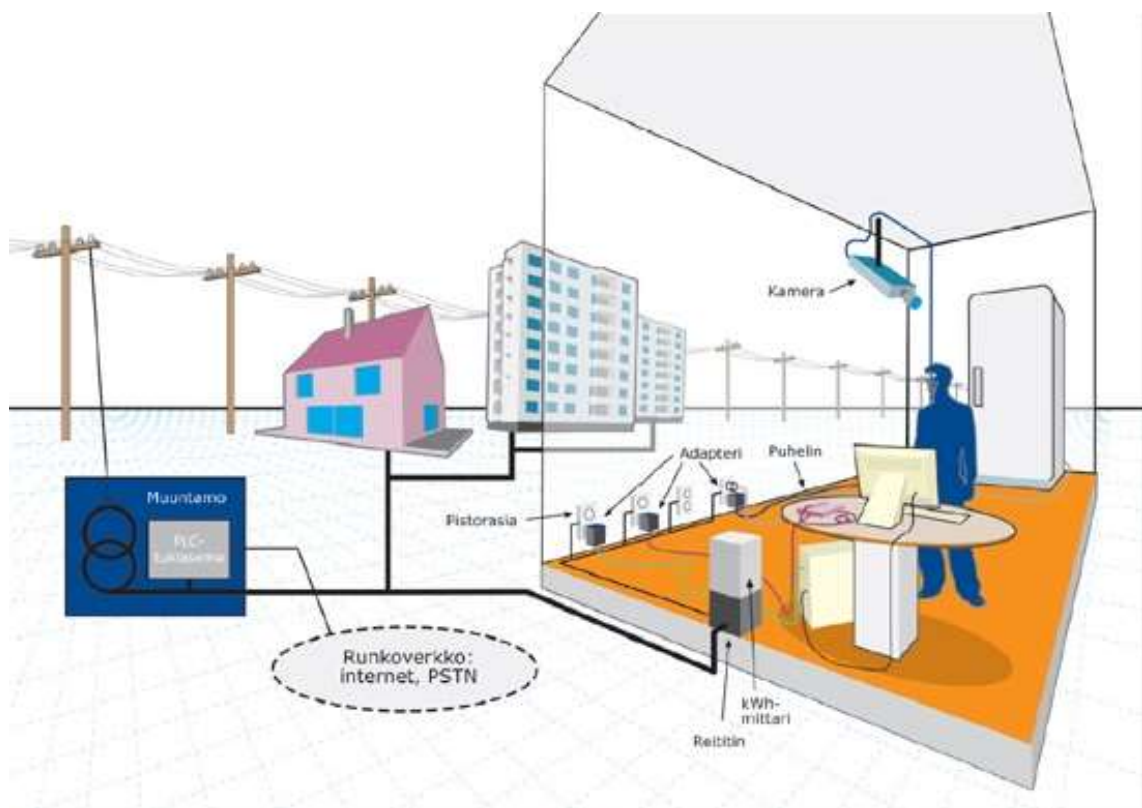
Toisessa osiossa tutkitaan tietoliikenteen käyttöä apuna sähköverkon ylläpidossa. Sähköverkkoa valvotaan ja ohjataan jatkuvasti tietoliikenteen avulla.

Kolmannessa osiossa kokeillaan datasähkö adapteria ja sen toimintaa.

2 TIETOLIIKENNE SÄHKÖVERKOSSA

2.1 DATASÄHKÖ

Datasähkössä tietokonedataa kuljetetaan sähköverkossa sähkön rinnalla. Pistorasiasta tulee laajakaistayhteys ja samalla lähiverkko koteihin ja toimistoihin. Tietoliikenneyhteyksien ja sähkön lisäksi asiakas voi saada samaan hintaan puhelinyhteyden internetin kautta eli VoIP:in. Datakaistaa jakavat myös muut saman muuntamon yhteydessä olevat käyttäjät, joten runsas käyttäjämäärä laskee siirtonopeuksia. Tällä periaatteella nopeudeksi tulee puolesta yhteen megabittiin sekunnissa. (Niiranen 2003.)



KUVA 1. Datasähkön suunnitelma (Lehtomäki 2002)

Datasähköverkot toimivat 1-30 megahertsin taajuusalueella, eikä sähköverkkoja ole suojattu tältä alueelta. Täten datasähkön epäiltiin aiheuttavan häiriötä keskipitkillä ja lyhyillä aaltoalueilla. Se taas aiheuttaisi ongelmia taajuusalueita käyttäville kuten, radioamatöörit, meriliikenne ja lentoliikenne. Avojohdot ja kotien jänniteverkot saattaisivat myös toimia antennina, jotka tietoturvariskinä lähettävät viestimäänsä tietoa. Tes-

teissä Teknisen korkeakoulun ja Viestintäviraston johdolla ei uusilla laitteilla ole havaittu olennaisia häiriöitä. (Niiranen 2003.)

2.1.1 Historia

Ajatus sähköverkosta tiedon välittäjänä on vanha, kokeiluja tekniikasta on jo vuodelta 1922. Sähköverkoissa on siirretty mittaustietoa ja tehty jakelun kauko-ohjaus esimerkiksi katulamppuihin, sekä sähköyhtiöiden huoltopuheluiden välittämiseen 1960-luvulle asti. (Niiranen 2003.)(Wikipedia 2015.)

2.1.2 Kokeiluja Suomessa

Vuonna 2000 yli kaksikymmentä suomalaista sähköyhtiötä teki Sähköenergialiitto Senerin kanssa datasähkön pilottikokeiluja. Useimmiten ne päättyivät joko teknisiin ongelmiin tai vääriin yhteistyökumppaneihin, kaupallisia palveluita syntyi vain Turussa. Turku Energia ehti ensimmäisenä aloittaa yhteyksien myynnin lokakuussa 2002, tavoitteena oli parituhatta asiakasta ensimmäisenä vuonna. Tuolloin vastaavia palveluja oli jo saatavilla Ruotsissa, Saksassa ja Sveitsissä. (Niiranen 2003.) Turku Energia kuitenkin luopui datasähkön myynnistä toukokuussa 2010 (Wikipedia 2015).

2.2 DATASÄHKÖ NYKYPÄIVÄNÄ

Nykpäivänä datasähkön ajatus on muuttunut siten, että dataa siirretään enää vain oman kodin tai toimiston verkossa. Erilaisia adaptereita saa helposti netistä tai kodinkoneliikkeistä ja jokaiselle löytyy varmasti oikeanlainen adapteri. Tuotteiden suurimpia eroja on siirtonopeus, liittännät ja hinta. Siirtonopeus liikkuu 500 ja 1800 Mbps välillä kun taas hinta 20 ja 120 euron välillä. Laitteissa on myös valittavissa langallisia tai langattomia malleja.

3 TIETOLIIKENNE APUNA SÄHKÖVERKON YLLÄPIDOSSA

3.1 HALLINNAN MAHDOLLISTAJAT

Sähkönjakelun tilannekuvan sekä sähköverkon valvonta- ja ohjausmahdollisuuksien ylläpitäminen kaikissa tilanteissa edellyttää verkkoyhtiöiden tietoliikenneyhteyksiltä erittäin luotettavaa toimintaa. (Tervo 2012.)

Tulevaisuudessa mm. toimitusvarmuusvaatimusten kiristyminen, energian hajatuotanto sekä hybridi- ja sähköautojen lisääntyminen edellyttävät sähköverkolta yhä kehittyneempää automaatiota, joka taas lisää tarvetta nopealle ja luotettavalle tiedonsiirrolle koko sähköverkon alueella. (Tervo 2012.)

3.1.1 Käyttöalueita

Luotettava sähkönsiirto ja sähkönjakelu vaativat verkon rakenteellisen kestävyuden lisäksi hyvin toimivaa verkonhallintaa, suojausta ja verkostoautomaatiota. Verkonhallintaan ja verkonohjaukseen on kehitetty pitkälle erikoistuneita IT-järjestelmiä, joita ovat esim. käytönvalvonta- ja käytöntukijärjestelmät, erilaiset vianpaikannus-, ohjaus- ja säätöjärjestelmät. Osa verkostoautomaatiosta on toteutettu sähköaseman sisäisillä ratkaisuilla ja osa järjestelmistä on rakenteeltaan asemien välisiä tai jopa koko verkon laajuisia. Kantaverkon osalta järjestelmillä hallitaan ja ohjataan koko Suomen kattavaa verkkoa, jossa on myös maan rajat ylittäviä voimansiirtoyhteyksiä vasta-asemineen. Sähköasemien ylläpito ja kiinteistövalvonta vaativat lisäksi omat järjestelmänsä ja yhteytensä. (Tervo 2012.)

Verkonhallinta- ja verkostoautomaatiojärjestelmät sekä asemien ylläpito edellyttävät luotettavaa ja käytettävyydeltään huippuluokkaa olevaa tiedonsiirtoa sähköasemien sisälle ja niiden välille sekä käyttökeskuksista sähköasemille ja muihin käyttökeskuksiin sekä internettiin. (Tervo 2012.)

Tervon (2012) mukaan tietoliikenneyhteyksiä tarvitsevat mm:

- Voimajärjestelmän käytönvalvonta ja hallinta (verkon / sähköaseman kytkentätila- ja mittaustietojen siirto, verkon/sähköaseman toimilaitteiden ohjaukset, videon käyttö toimilaitteiden tilan ulkoiseen havainnointiin (esim. erottimien kytkentätila ja muuntajien tarkkailu))
- Sähköverkon suojaus (johtosuojat (distanssi- ja differentiaalisuojaus), hätäteho-yhteydet, kuormanerotus, paikallinen suojaus (kiskot, muuntajat, generaattorit, kompensattorit))
- Tariffien ja kuormienohjaus
- Automaattinen kulutuksenmittaus (AMR)
- Aseman ylläpito ja huolto (pääsy paikallisen lähiverkon (LAN) kautta huolto- sekä hallintajärjestelmiin ja tietokantoihin, asemalta yritysverkkoon sekä mahdollisesti internetiin, IP:n yli toimiva puhe ja FAX, kiinteistöautomaation tarpeet)
- Turvallisuusvalvonta (kulunvalvonta ja/tai aseman videovalvonta ja tarkkailu)

3.1.2 Tiedonsiirron kehittyminen

1990-luvulle saakka sähköasemien tiedonsiirto toteutettiin käyttäen kuparikaapeleita, analogisia kantoaaltoilaitteita tai pienikapasiteettisia analogisia radiolinkkejä. Metallisten kaapeliyhteyksien haittapuolena ovat monilla sähköasemilla esiintyvät, lähinnä maasulkujen aiheuttamat suuret, kilovolttiluokkaa olevat vaarajännitteet. Metallia sisältävät kaapelit onkin varustettava erityisillä suojalaitteilla jotka estävät vaarallisten jännitteiden aiheuttamat vahingot. Radiotekniikalla toteutetut langattomat tiedonsiirtoratkaisut ovat osoittautuneet hyvin toimiviksi vaativissa sähköasemaympäristöissä mm. niiden avulla automaattisesti saatavan galvaanisen erotuksen takia. (Tervo 2012.)

Yhtiöiden omia radiopuhelinjärjestelmiä ja radiomodeemeja on käytetty kasvavassa määrin jakeluverkoston erotinasemien ohjaukseen jo 80-luvulta alkaen. Yleisten matkaviestinjärjestelmien kehittyessä on niiden käyttö myös hiljalleen lisääntynyt mm. erotinohjausyhteyksien pääyhteytenä ja käytönvalvontayhteyksien varayhteytenä. Ongelmana julkisissa verkoissa on niiden haavoittuvuus vakavissa sähköverkon häiriötilanteissa. Tukiasemien sähkönsyöttö on yleensä varmennettu akustoilla, joiden kapasiteetti

riittää syöttämään tukiasemaa tyypillisesti enintään n. 3 tuntia. Tämä on sähköverkko-yhtiöille iso ongelma, koska sähköasema- ja erotinohjausyhteyksiä tarvitaan juuri sähkönjakeluhäiriöiden aikana. (Tervo 2012.)

Sähköyhtiöiden tiedonsiirtoverkkojen digitalisointi alkoi 80-luvun puolivälin jälkeen, kun ensimmäiset digitaaliset radiolinkit otettiin käyttöön. 90-luvun alussa ruvettiin rakentamaan myös valokaapeleihin perustuvia, aluksi suhteellisen pienikapasiteettisia (2...16 Mbit/s) digitaalisia optisia järjestelmiä. (Tervo 2012.)

Optisten järjestelmien suosio kasvoi pian erilaisten voimajohtoon sijoitettujen valokuitu-ratkaisujen myötä. Suosituimmaksi muodostui OPGW-ukkosjohdin, joissa kuidut integroitiin perinteisen ukkosköyden sisään. Tekniikka on laajasti käytössä tänäkin päivänä ja kuitujen käyttö kasvaa johtosaneerausten ja uusrakentamisen myötä. (Tervo 2012.)



KUVA 2. OPGW- ja OPCC-ukkosjohdin (OPGW/OPCC 2016)

Valokuituja käytetään nykyisin laajasti sähköasemien ulkoisissa yhteyksissä, mutta myös lisääntyvässä määrin sähköasemien sisäisissä prosessiväylissä ja lähiverkoissa. Kuituyhteyksiä hyödyntäen asemien toimilaitteet ovat yhteydessä toisiinsa ja asema-automaatiojärjestelmän ohjausyksiköihin. Suojareleet voivat olla optisesti yhteyksissä suoraan myös vasta-asemilla sijaitsevien vastaavien releiden kanssa. (Tervo 2012.)

Valokuidut ovat teknisesti ehdottomasti paras ratkaisu sähköasemien tietoliikenne-yhteyksien toteuttamisessa niiden mahdollistaman galvaanisen erotuksen, häiriö-immuniteetin ja suuren rakenteellisen kapasiteetin takia. Haittapuolena etenkin haja-asutusalueilla on pitkien valokuituyhteyksien suhteellinen kalleus. (Tervo 2012.)

3.2 SÄHKÖVERKON OHJAUKSEN TIEDONSIIRTO

Sähköverkon ohjauksen tiedonsiirron on oltava erityisen luotettavaa ja yhteyksien käytettävyyden varmennettua. Kanta- ja alueverkoissa tiedonsiirron käytettävyyden on oltava tärkeiden sähköasemien osalta vähintään 99,95 % ajasta. Alaraja tarkoittaa enintään 4,5 tunnin käyttämätöntä aikaa vuodessa ja tämä saavutetaan vain varmennetuilla (tuplatuilla) yhteyksillä. Alueverkon vähemmän tärkeiden sähköasemien ja jakeluverkon syöttöasemien yhteyksien käytettävyyden on oltava vähintään 99,9 % ajasta. (Tervo 2012.)

3.2.1 Tietoliikenneyhteyksien varmentaminen

Tietoliikenneyhteyksien varmennusten tulee olla toisistaan riippumattomia siten että, yksittäinen vika tietoliikenneverkossa ei katkaise tai oleellisesti heikennä yhteyden toimivuutta. Varmennustapoja on useita kuten, kaksi kuitu yhteyttä, kuitu yhteys ja langaton yhteys tai kaksi langatonta yhteyttä. Missään tapauksessa yhteydet eivät saa olla millään tavalla riippuvaisia toisistaan. (Tervo 2012.)

Liikenteen jakaminen pää- ja varayhteydelle voidaan tehdä usealla tavalla. Esimerkiksi liikenne voidaan jakaa kuormanjaolla pää- ja varayhteyden kesken eikä jaon välttämättä tarvitse mennä tasan. Jaossa on huomioitava eri fyysisten reittien mahdollisesti hieman erilainen siirtoviive, joka saattaa olla kriittinen esim. suojausyhteyksissä. Pää- ja varayhteyksiä voidaan myös vaihtaa keskenään säännöllisesti esim. kerran vuorokaudessa, jolloin molempien toimivuus tulee testattua. Varmennuksia suunniteltaessa oleellista on

varmentaa myös laitteiden sähkönsyöttö. Pää- ja varayhteyden laitteet on syötettävä eri primäärilähteistä, esim. kaksi eri akustoa tasa-/vaihtosuuntaajineen. Akustojen kapasiteetti tulisi riittää vähintään 12 tunnin sähkönsyöttökatkoksen ajan, mikäli asemalla ei ole kiinteää varavoimakonetta. (Tervo 2012.)

Digitaalisten siirtoyhteyksien käytettävyydelle on perinteisesti käytetty seuraavaa määritelmää: yhteys ei ole käyttökelpoinen, mikäli yhteyden BER on suurempi kuin 10^{-3} kymmenen sekunnin ajan. (Tervo 2012.)

Korkean käytettävyyden tietoliikenneyhteyksien saatavuus markkinoilta on ollut heikkoa usein syrjässä sijaitseville sähköasemille, joten sähköverkkoyhtiöt ovat pääosin itse joutuneet rakentamaan tarvittavat tietoliikenneverkot. Haittapuolena on, että oma moderni tietoliikenneverkko edellyttää myös toimivaa hallintajärjestelmää (NMS) sekä osaavaa henkilöstöä verkon operointiin, valvontaan ja kunnossapitoon. Tietoliikenneverkkojen suunnittelu-, rakentamis-, valvonta- ja kunnossapitopalveluja on markkinoilta onneksi saatavissa kohtuullisin ehdoin. (Tervo 2012.)

3.2.2 Tietoliikenneyhteyksien turvaaminen

Yhteyksien luotattavuus tarkoittaa yhteyksien käytettävyyden lisäksi erinomaista tietoturvaa ja tiedonsiirron laatua. Hakkerit, tiedusteluorganisaatiot ja muut epämääräiset tahot kehittelevät työkaluja murtautuakseen yhteiskunnan perusinfrastruktuuria ylläpitävien tahojen järjestelmiin. (Tervo 2012.)

Huippuluokan tietoturva vaatii sähköyhtiöltä käytännössä kattavasti suojattua erillisverkkoratkaisua. Erinomainen tietoturva edellyttää lisäksi tarkasti määriteltyjä turvallisuuskäytäntöjä sekä korkealuokkaista tietoliikenneverkkojen rakenteellista turvallisuutta. (Tervo 2012.)

4 LAITTEIDEN KOKEILU

4.1 ZYXEL PLA-4201

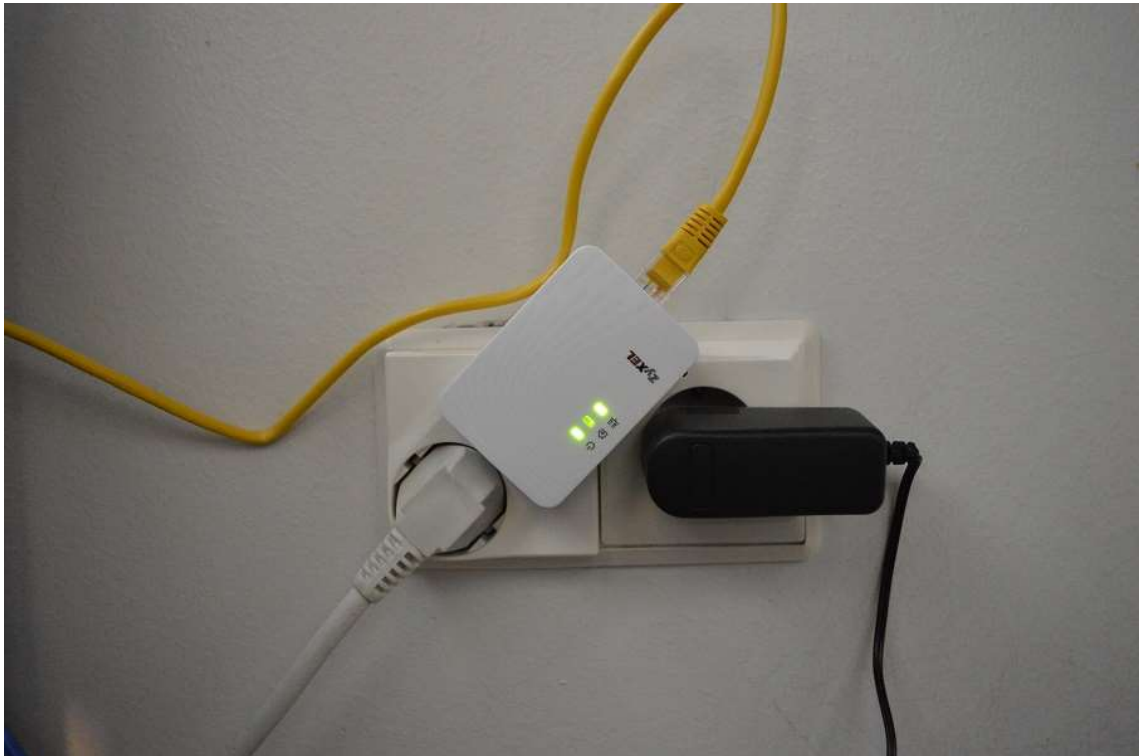
Laite mitä testattiin oli, ZyXEL PLA-4201. Valmistajan lupaa että sen pitäisi pystyä jopa 500 Mbps siirtonopeuteen nykyisessä sähköverkossa ja kantaa jopa 300 metrin matka. Laite on erittäin pieni, eikä se vie pistorasiassa enempää tilaa kuin normaali puhelimen laturikaan. Se kuluttaa minimissään 0,5 wattia ja sen hinta liikkuu 40 € molemmin puolin.



KUVA 3. ZyXEL PLA-4201 ja paketin muu sisältö.

4.2 Käyttöönotto

Laitteen käyttöönotto oli erittäin helppoa, adapterin ja kotireitittimen väliin kytkettiin verkkokaapeli ja adapteri kytkettiin sitten pistorasiaan. Toinen adapteri taas kytketään haluttuun laitteeseen verkkokaapelilla (tässä tapauksessa olohuoneen pelikonsoli) ja kytkettiin pistorasiaan. Asennukseen ei tarvittu erikseen tietokonetta tai muuta laitetta.



KUVA 4. Laite kytkettynä pistorasiaan.

Laitteessa on 3 lediä, joilla kaikilla on oma tarkoituksensa:

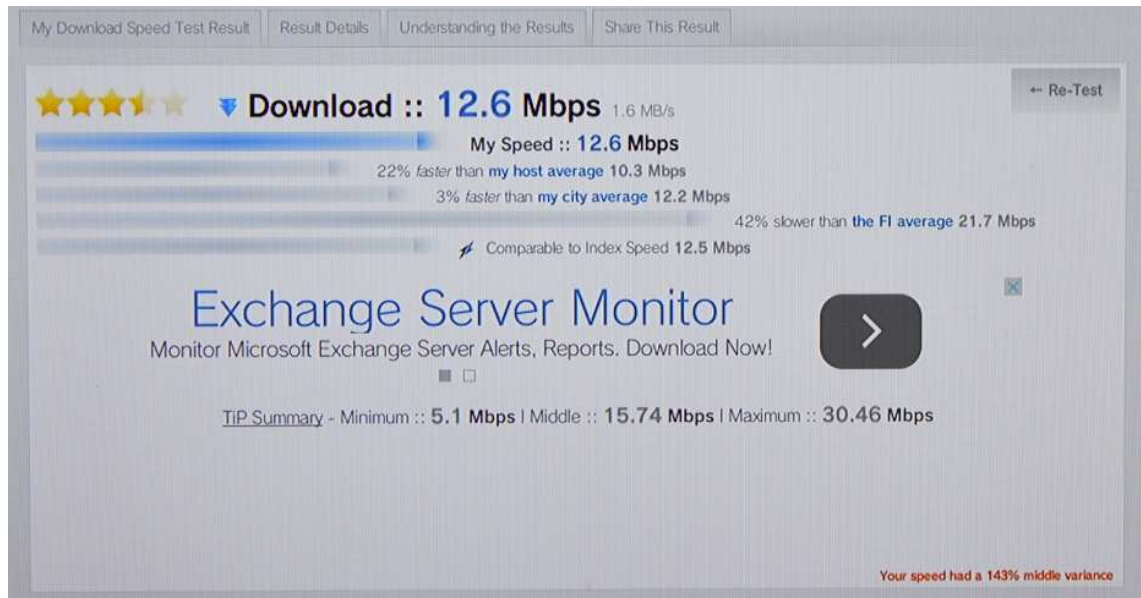
Alin: Virta.

Keskimmäinen: Adapterien välinen yhteys, tässä ledissä on 3 eri väriä jotka määrittävät nopeuden. Vihreä: > 80 Mbps, Oranssi: 20~80 Mbps ja punainen 0~20 Mbps.

Ylin: Verkkoyhteys.

4.3 Nopeustesti

Kun laite oli kytketty, kokeiltiin internetistä löytyvää nopeus testiä joka arvioi internetin lataus nopeuden.



KUVA 5. Nopeustesti

Testi antoi keskimääräiseksi latausnopeudeksi 12.6 Mbps kun tietokoneella tehtynä sama testi antoi 77.8 Mbps. Periaatteessa laitteen olisi pitänyt pystyä samaan kuin tietokonekin mutta, laitteen kytkeminen jatkojohtoon ilmeisesti hidastaa sen nopeutta.

5 POHDINTA

Datasähköä on käytetty ensimmäisen kerran jo 1900-luvun alussa mutta, viimeisen 20 vuoden sisällä se on kokenut suuria muutoksia. Suurin muutos sen toiminnassa on se että, sitä ei enää tuoda muuntajalta asti vaan jokainen asiakas hankkii verkkoyhteytensä itse.

Sähköverkon ylläpitoon tarvitaan paljon erilaisia tietoliikenne järjestelmiä ja yhteyksiä, esimerkiksi laitteiden kuten erottimen ohjaukseen ja tarkkailuun, sähköverkon suojaukseen sekä sähkömittareiden lukematietojen tarkkailuun.

Adapteri on helppo käyttää eikä se paljon poikkea normaalista verkkoyhteydestä.

LÄHTEET

Lehtomäki, E. 2002. Datasähkö kehittyi murrosiästä aikuisuuteen. Sähkön vuosi 2001 – 2002. Sähköenergialiitto ry. Luettu 17.3.2016.

<http://www2.energia.fi/sener/sahkonvuosi2001/datasahko.html>

Niiranen, E. 2003. Datasähkö tarjoaa internetin pistorasiasta. Kaleva.fi. Luettu 17.3.2016. <http://www.kaleva.fi/teemat/digi/datasahko-tarjoaa-internetin-pistorasiasta/560593/>

OPGW/OPPC. 2016. Earthwires and conductors with integrated optical fibres. Luettu 17.3.2016. <http://www.lumpi-berndorf.at/en/products/fibre-optic-earthwires-and-conductors/opgw-oppc/>

Tervo, J. 2012. Moderni sähköverkko vaatii luotettavaa ja vikasietoista tiedonsiirtoa. Energia-blogi. Luettu 17.3.2016.

<https://konsulttitoimistoreneco.wordpress.com/2012/03/05/moderni-sahkoverkko-vaatii-luotettavaa-ja-vikasietoista-tiedonsiirtoa/>

Wikipedia. 2015. Datasähkö. Luettu 22.02.2016.

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Datas%C3%A4hk%C3%B6>