

Vesa Pärssinen

**TRIPLEKSERILLÄ TOTEUTETTU MEDIAMUUNNIN OPTISIIN
TIETOLIIKENNEVERKKOIHIN**

Insinööri
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen koulutusala
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kajaanissa 03.12.2008



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen-ala	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Vesa Pärssinen	
Työn nimi TRIPLEKSERILLÄ TOTEUTETTU MEDIAMUUNNIN OPTISIIN TIETOLIIKENNEVERKKOIHIN	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot	Ohjaaja Jukka Heino
	Toimeksiantaja Vesa Pärssinen
Aika 3.12.2008	Sivumäärä ja liitteet 19 sivua ja 3 liitettä
<p>Optiset tietoverkot ovat nykytekniikalla ainoa järkevä tapa välittää yhä lisääntyvää tietoliikennettä. Niiden sijaan hitaat, reistailevat ja tietoteknistä osaamista vaativat kupariverkkoihin perustuvat laajakaistaratkaisut ovat olleet jokapäiväisiä tuttaviamme. Tässä teknisen kehityksen huumassa onkin tavallisen ihmisen tekniikan omaksumiskyky unohdettu. Lopullisen motiivin lopputyön aiheelle antoi optisten tuotteiden tuotantokustannusten ja vähittäismyyntihintojen ero, joka estää käytännön optisen tekniikan yleistymisen.</p> <p>Insinööriyön tavoite oli selvittää mahdollisuutta toteuttaa edullinen, kotitalouksien tarpeet tyydyttävä optiseen tiedonsiirtoon perustuva tietoliikennetarkaisu.</p> <p>Suunniteltavan laitteen oli luotava käyttäjälle yhdyslinkki nykytekniikkaan ja sovelluttava massavalmistukseen. Lisäksi se ei saanut sisältää käyttäjältään tietoteknistä osaamista vaativia toimintoja.</p> <p>Työ toteutettiin tutustumalla eri piirisarjavalmistajien laiteratkaisuihin ja valitsemalla komponenteista ethernet-standardien laiterajapintojen kanssa yhteensopiva kokonaisuus.</p> <p>Suunnitelman mukaan voi toteuttaa kojerasiaan asennettavan mediamuuntimen, joka toimii yhden gigabitin liikennöintinopeuteen kykenevänä ethernet-yhdyskäytävänä muihin tietoverkkoihin ja muuntaa optisen analogisen TV-antennisignaalin 75 ohmin koaksiaalikaapeliin sopivaksi.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	ethernet, triplekseri, mediamuunnin, optinen, tietoliikenne, yhdyskäytävä
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Vesa Pärssinen	
Title A Media Converter for Telecommunications Applying a Triplexer	
Optional Professional Studies	Instructor(s) Jukka Heino, Senior Lecturer
	Commissioned by Vesa Pärssinen
Date December 3, 2008	Total Number of Pages and Appendices 19 plus 3 appendices
<p>Optical networks are the only practical way of delivering the ever increasing amount of information. In the world of fast developing information technology a human ability to learn how to use new technology is overrated. The final push for this Bachelor's thesis was the difference between the production costs and retail prices of optical communications devices, thus preventing these solutions from more common use.</p> <p>The purpose of the present study was to find out if it is possible to make an affordable optical media gateway that is suitable for households. It was to be a practical device without any assumptions of the users' technical know-how.</p> <p>The study was done by combining information from the Ethernet standards, device manufacturers' datasheets, physical connections of communications chips, and methodology of the Ethernet networking schemes.</p> <p>The outcome was a plan for a telecommunications device that meets the demands of a media gateway from home in the speed class of one gigabit and provides a Cable-TV signal. The device can be implemented and mass produced as planned</p>	
Language of Thesis Finnish, English	
Keywords	Media converter, triplexer, ethernet,optical
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

SISÄLLYS

<u>1 JOHDANTO</u>	<u>1</u>
<u>2 OSI-MALLI</u>	<u>3</u>
<u>2.1 Fyysinen kerros.....</u>	<u>3</u>
<u>2.2 Lähetin-vastaanottimien MII- ja GMII-standardirajapinnat.....</u>	<u>4</u>
<u>3 ETHERNETIN EVOLUUTIO.....</u>	<u>6</u>
<u>3.1 Ethernetin historiaa.....</u>	<u>6</u>
<u>3.2 Ethernet-kehykset.....</u>	<u>7</u>
<u>3.3 Verkkotopologiat.....</u>	<u>9</u>
<u>3.4 Optisten verkkojen vikasietoisuus.....</u>	<u>10</u>
<u>4 MEDIAMUUNNIN.....</u>	<u>12</u>
<u>5 KÄYTETTÄVÄT KOMPONENTIT.....</u>	<u>13</u>
<u>5.1 Triplekseri.....</u>	<u>13</u>
<u>5.2 Mikrokontrolleri.....</u>	<u>14</u>
<u>5.3 Lähetin-vastaanotin.....</u>	<u>14</u>
<u>5.4 Suojaerotusmuuntaja.....</u>	<u>15</u>
<u>5.5 Virransyötön komponentit.....</u>	<u>16</u>
<u>5.6 RF-signaalin käsittely.....</u>	<u>16</u>
<u>6 ANALYSOINTI.....</u>	<u>17</u>
<u>7 LÄHTEET.....</u>	<u>18</u>

LIITTEET

LYHENNELUETTELO

BGA	Ball Grid Array
CDR	Clock and Data Recovery
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
DLL (LL)	Data Link Layer
EFM	Ethernet in the First Mile
FP	Fabry Perot
(G)EPON	(Gigabit) Ethernet Passive Optical Network
GMII	Gigabit Media Independent Interface
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO	International Standards Organization
LA	Limiting Amplifier
LAN	Local Area Network
LED	Light Emitting Diode
MAC	Media Access Control
MII	Media Independent Interface
MP2MP	Multi point to Multi point
NDA	Non Disclosure Agreement
SONET	Synchronous optical networking
OSI	Open Systems Interconnection Basic Reference Model
PoE	Power over Ethernet, IEEE 802.3af
PON	Passive Optical Network
PHY	Physical Layer
P2P	Point to Point Network
P2MP	Point to Multi Point
RF	Radio Frequency
SFU	Single Fiber Unit
SOF	Start Of Frame
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
TIA	Trans Impedance Amplifier
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
WAN	Wide Area Network
WDM	Wavelength Division Multiplexing

1 JOHDANTO

Taloyhtiöömme tehtiin antenniverkkosaneeraus noin kolme vuotta sitten. Antennirasioita ja liitoksia tarkistanut TV-asentaja tokaisi: ”Valokaapeli on hyvä siirtomedia, mutta ei se pääse yleistymään, ennen kuin tavaroita on saatavana markettien ja tavaratalojen hyllyiltä.” Tuo lausahdus herätti kysymyksen, miksi mediamuuntimia ei ole kauppojen hyllyiltä saatavana. Syitä voi olla useampia, mutta tässä muutama: 1) Mediamuuntimet täytyy ostaa pareittain, ja yksikin maksaa noin 250 euroa. 2) Suomeen ei ole rantautunut tietoverkkojen ylläpitoon ajatus ns. taloverkko-operaattoreista, jotka huolehtisivat kiinteistön tietoliikennetarpeista ja ylläpidosta. 3) Omaa taloa rakentavan ajatusmallina on, että paikallinen operaattori huolehtii kaikki tietoliikenneyhteydet. 4) Ei ole olemassa yleismallista mediamuunninta, joka yhdistäisi olemassa olevat ethernet-standardien mukaiset laitteet ja nopeusluokat toisiinsa, myös optisissa verkoissa. 5) Vaikka antenniverkkoja saneerattiin digi-TV-huumassa, kukaan ei kertonut, että asennuksen voisi tehdä myös valokuituja käyttäen. Tällöin käytettävissä oleva kaistanleveys moninkertaistuu tulevaisuuden tietoliikenneyhteyksiä ajatellen.

Vielä nykyäänkin valokuituun perustuvia tietoverkkoja pidetään kalliina ja vain operaattoreille tai suurille yrityksille sopivana vaihtoehtona. Luulo kalliimmasta hinnasta ei ole enää peruste yksimuotokuidun hyljeksimiselle. Se on nykyään halvempaa kuin monimuotokuitu. Operaattoreiden haluttomuus rakentaa optisia tietoliikenneyhteyksiä yksityisasuntoihin johtuu rakennuskulujen ja ylläpidon kustannuksien pelosta. Valokuituyhteyden rakentaminen ei pitäisikään olla operaattoreilta odotettua palvelua, vaan loppukäyttäjän itsensä kustantama. Jos loppukäyttäjä kustantaa itse yhteyden rakentamisen ensimmäiseen solmukohtaan asti, pitäisi hänellä olla myös mahdollisuus päättää, kenen palveluja rakennettu tietoliikenneyhteys välittää. Tämä olisikin talo-operaattoreiden markkinarako.

Käsitteen ”Open Access Network” mukainen loppukäyttäjän yhteys, jonka tiedonsiirtokapasiteetti on kaikkien operaattoreiden käytettävissä, olisi riittävä kotitalouksien tietoliikennetarpeille ainakin seuraavat kymmenen vuotta. Tässä mielessä voimmekin kutsua valokaapeliyhteyttä kuitu kotiin-verkon sijasta kuitu kotoa-verkoksi, kuten tietoverkkoyhtiö KrsNet Länsi-Suomessa on ottanut tavakseen.

Jatkuva tekninen kehitys on muille kuin teknisesti ajatteleville ihmisille mysteeri. Tietotekniikan pitäisi auttaa ihmisiä jokapäiväisissä ongelmissa, mutta olemme pisteessä, jossa tekniikka estää jokapäiväisten toimien suorittamisen. Yhteiskunnastamme on tullut tietokoneiden myötä helposti haavoittuva. Verrataan mediamuunninta vesiputkeen: Jos on mahdollista laskea paljon vettä aikayksikössä, ei kukaan pidä hanaa auki kokoajan. Hanasta otetaan vettä sen verran kuin tarvitaan. Ja jos vesiputki on vain pillin paksuinen, ei kenelläkään riitä kärsivällisyys odotella lavuaarin täyttymistä. Gigabitin nopeudella toimiva mediamuunnin on siis avoin putki tietovirralle, jonka määrän kukin operaattori päättää itsenäisesti ja asiakas maksaa vain siitä tietomäärästä, minkä on ko. operaattorilta saanut.

Tietoverkkojen yleisimmäksi liikennöintistandardiksi on vakiintunut ethernet-muotoinen tiedonvälitys, joka tapahtuu TCP/IP protokollaperheen mukaisin yhteyskäytännöin. Jotta suunniteltu mediamuunnin olisi yleiskäyttöinen, tulisi sen kyetä lähettämään ja vastaanottamaan optista tietoliikennettä 100 ja 1000 Mbit/s nopeusluokissa ja kuparipuolelta 10, 100 ja 1000 Mbit/s nopeusluokissa. Laitteen tulisi ymmärtää ja tulkita tähän mennessä kehitetyt ethernet-liikennöintikäytännöt eri nopeusluokissa. Tiedonsiirron tulisi tapahtua vain yhdessä valokuidussa kotitaloutta kohti, ja sen olisi kyettävä välittämään kaapeli-TV:n käyttämä RF-signaali.

2 OSI-MALLI

Tietoliikenteen välittämistä kuvaamaan on ISO (International Standardisation Organisation) määritellyt tietojärjestelmien seitsemänkerroksisen OSI-mallin (Open Systems Interconnection Reference Model). Se auttaa hahmottamaan tiedon välitykseen osallistuvien laitteiden ja ohjelmien keskinäistä vuorovaikutusta. Ohjelmistot välittävät tiedon toisilleen standardeissa sovittujen tapojen mukaisesti, jolloin alemman tiedonsiirtokerroksen ei tarvitse välittää ylemmän tason tai sitä alemman tason toiminnoista. Ensimmäisenä on fyysinen kerros, jossa tieto välittyy sähkömagneettisina pulsseina tai valona. Kuvassa 1 on esitetty OSI-mallin kerrokset.



Kuva 1. OSI-tiedonsiirtokerrokset [1]

2.1 Fyysinen kerros

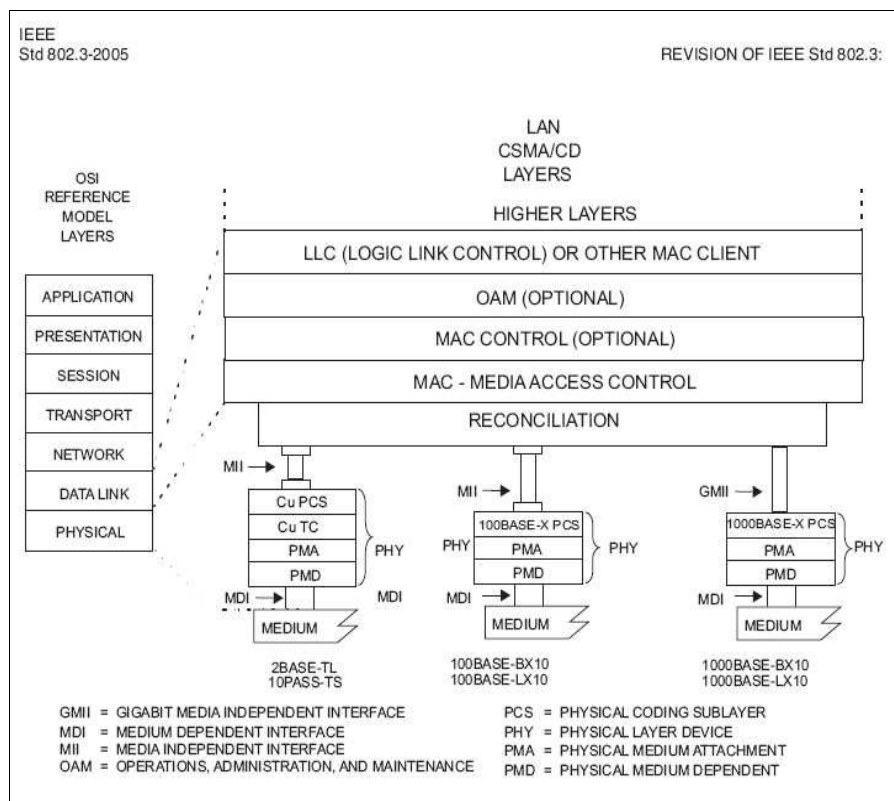
Fyysinen kerros (physical layer - PHY) käsittelee sähköimpulsseja, valoa tai muuta fyysistä tekniikkaa. Se välittää bittivirtaa MAC-kerrokselle (media access control), joka on osa siirtokerrosta (DLL – data link layer). PHY:n tehtäviin kuuluu mm. 1) Suorittaa bittivirran enkoodaus, siirto, vastaanotto ja dekoodaus. 2) Varmistaa kahden päätepisteen sähköisten

potentiaalien erotus. 3) Tarjoaa standardoidun rajapinnan fyysisille siirtomedioille, kuten liittimille ja määrittelee kaapelien maksimipituudet, signaalien jännitetasot sekä impedanssit. 4) On radiokäyttöliittymä tietyllä sähkömagneettisen spektrin taajuudella, signaalivoimakkuudella ja analogisella kaistanleveydellä. 5) Muuntaa sähköisen signaalin käytettäväksi infrapunaksi optisissa kuiduissa ja infrapunalinkeissä. 6) Huolehtii käytettävän signaalin modulaatiosta ja linjakoodauksesta. 7) Tahdistaa bitit synkronoidussa sarjamuotoisessa tietoliikenteessä. 8) Vastaa aloitus- ja lopetussignaaleista sekä vuonohjauksesta asynkronisessa tietoliikenteessä. 9) Määrittelee piiritason signaalien multipleksoinnin. 10) Huolehtii piirikytkentäisen yhteyden aloituksesta ja lopetuksesta. 11) Tunnistaa signaalin ja törmäykset joillekin 2. tason protokollille. 12) Suodattaa, muuntaa ja tahdistaa fyysisen signaalin. 13) Korjaa bittivirran ja yksittäisten bittien reuna-alueiden epätarkkuuden l. muotovirheet. 14) Toimittaa bittien lomituksen ja kanavakoodauksen.

Eri yhteyskäytäntöjen ohjaus riippuu siitä, onko yhteys pisteestä pisteeseen (P2P), useiden yhteyksien välillä (MP2MP) vai pisteestä useaan pisteeseen (P2MP). Eri verkkotopologioilla eli väylässä, rengasverkoissa ja tähtiverkoissa yhteyskäytännöt ovat erilaisia. PHY myös neuvottelee sarja- ja rinnakkaisliikennöinnin, simplex, half duplex tai full duplex siirto- ja yhteyskäytännöt kahden pisteen välillä. Fyysisen kerroksen laitteita ovat mm. modeemit, keskittimet, mediamuuntimet ja toistimet [2.], [3.].

2.2 Lähetin-vastaanottimien MII- ja GMII-standardirajapinnat

MII (Media Independent Interface) on suunniteltu tuottamaan MAC:lle (Media access control) siirtokerrokselle standardirajapinta, riippumatta käytetystä siirtotiestä. GMII (Gigabit Media Independent Interface) on signaaliominaisuuksiltaan yhdenmukainen MII:n kanssa. GMII:ssä käytetään samoja loogisia kontrolli- ja toimintosiinaaleja kuin MII:ssä. Yhtenäisten toimintomääritysten avulla kyetään päättelemään PHY:n tukemat liikennöintinopeudet ja määrittelemään piirin toiminnot sen mukaan. Jos kytkentä tukee sekä MII:n että GMII:n nopeusluokkia, on sähköisten ominaisuuksien asetukset ja määrittely tehtävä valitun PHY-rajapinnan ominaisuuksien mukaan. Rajapinnan vaatimukset on mahdollista toteuttaa edullisesti jo vakiintunein valmistusmenetelmin. Kuvassa 2 on esitetty PHY:n tehtävien sijoittuminen OSI-mallin mukaisiin kerroksiin [4.].



Kuva 2. Standardoitu fyysinen rajapinta (PHY) OSI-mallin osana. [4.]

3 ETHERNETIN EVOLUUTIO

Ethernet on kehittynyt vuosien varrella ja IEEE 802.3x-standardointityön tuloksena. Siihen on sisällytetty joukko parannuksia, jotka ovat taanneet halutun suorituskyvyn ja mukautuvuuden. Ethernet-nopeusluokkia on standardoitu kupari- ja kuituverkoissa neljä: 10, 100, 1000 ja 10 000 Mbit/s. Lisäksi on langattomia ethernet-standardeja käytössä 802.11x-standardin mukaisesti nopeusluokissa 54, 11, 54 ja 300 Mbit/s. Liitteessä 3 on taulukko lankaverkkojen ethernet-standardeista.

3.1 Ethernetin historiaa

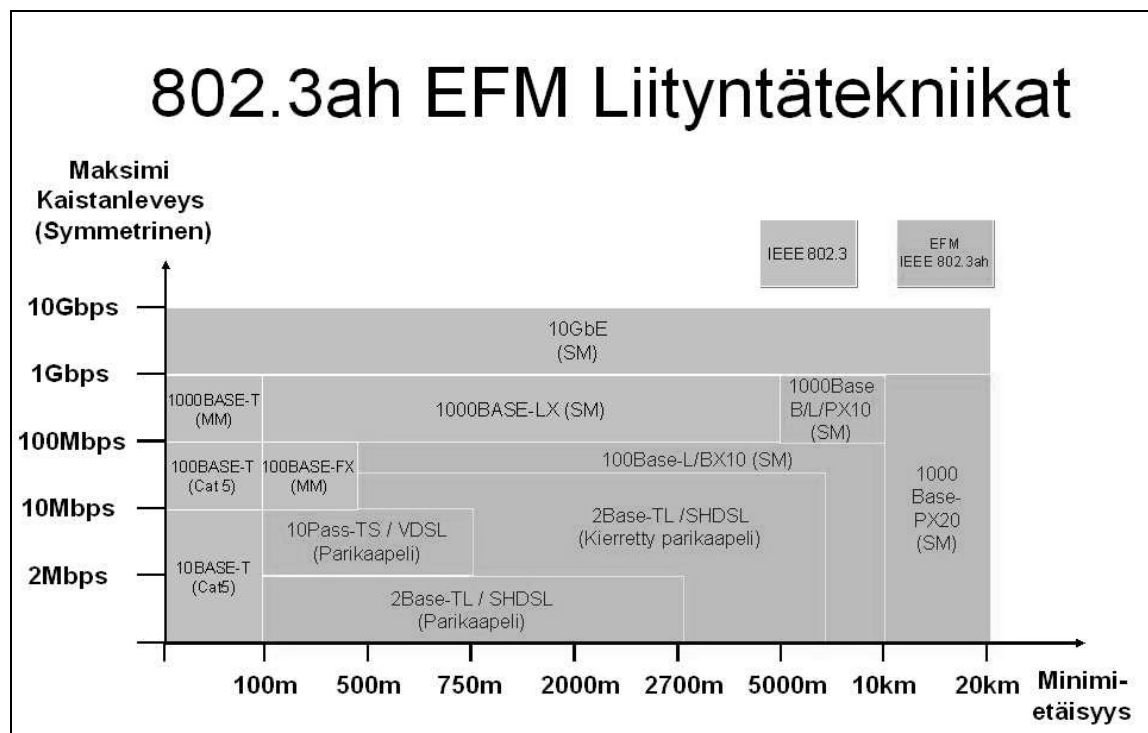
10BaseT mahdollisti edullisen Cat3-parikaapeloinnin käytön kalliimman koaksiaalikaapelin sijaan. Se mahdollisti myös tähtimäisen verkkotopologian käytön väylän sijaan, jolloin verkon ylläpito helpottui ja laiteasennukset yksinkertaistuivat. Vuonna 1995 100BaseT nosti liikennöintinopeuden kymmenkertaiseksi.

1000BaseT suunniteltiin alkujaan vain valokuitua käyttäviin yhteyksiin, mutta kehityksen myötä myös kupariverkon nopeus nostettiin taas 10-kertaiseksi. Siirtonopeuden kasvu perustui parempiin verkkolaitteisiin ja laadukkaampiin kaapeleihin (Cat5 ja Cat5e) sekä verkon tähtimäiseen rakenteeseen. Vuonna 1998 kehitettiin Gigabit ethernet, jossa 1 Gb/s nopeus saavutettiin mm. ottamalla käyttöön pidemmät kehykset, pienentämällä CSMA/CD-algoritmille sallitun alueen kokoa ja tehostamalla siirrossa käytettävää koodausta.

2002 hyväksyttiin määritykset 10 Gb/s ethernetille, joka toi WAN- ja LAN-sovelluksiin kaivattua selkeyttä. 10 Gb/s-standardi tukee kahta eri liikennöintinopeutta; LAN-verkoissa 10 Gb/s ja WAN-verkoissa 9.585 Gb/s, jota käytetään myös SONET/SDH-verkkojen tiedonsiirtonopeutena. WAN-verkon kanssa yhtenevä nopeusluokka mahdollistaa ethernet-pakettien siirron operaattoreiden käyttämällä OC-192 SONET- tai STM-64 SDH-yhteyksillä. [5.]

Vuonna 2004 IEEE hyväksyi standardin 802.3ah, joka sisältää EFM:n (ethernet in the first

mile) teknologiamääritykset. Se on vaikutukseltaan laajin IEEE-standardi ja määrittelee lukuisia edullisia ja joustavia ratkaisuja liityntäverkkoihin. Kuvassa 3 on esitetty EFM:n maksimikytkentätäisyydet. [6.]



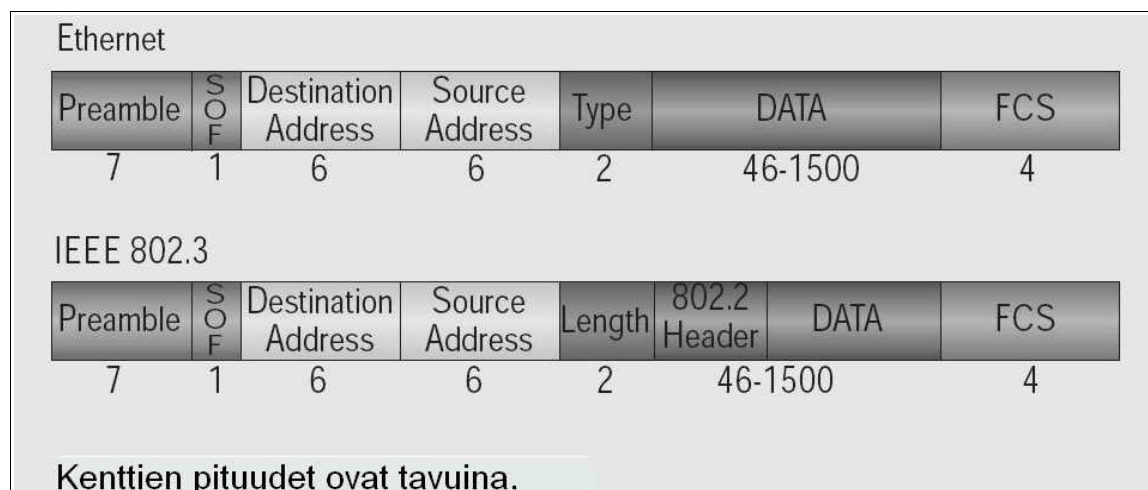
Kuva 3. Yhteenveto ethernet-standardeista ja liityntäetäisyyksistä. [6.]

10 Mbit/s siirtonopeus on jo jäämässä pois käytöstä, 100 Mbit/s on vallitseva ja 1000 Mbit/s on vakiona uusissa tietokoneissa ja tietoliikennelaitteissa. 10 000 Mbit/s käytetään runkoyhteyssovelluksissa ja useiden reitittimien sisäisissä väylissä. Standardoimistyö 100 000 Mbit/s siirtoyhteyksille on aloitettu, mutta on vielä keskeneräinen. [5.]

3.2 Ethernet-kehukset

Kehukset ovat tietoverkossa lähetettäviä paketteja, jotka muodostuvat mm. vastaanottajan ja lähettäjän osoitteista, välitettävästä datasta ja sisällön tarkistussummasta. Ethernetissä on käytössä kaksi eri kehystyyppiä: alkuperäinen ja ethernet 2-tyyppinen, joka on standardoitu IEEE 802.3:na. Molemmat kehystyyppit ovat laitteiston kannalta samanarvoisia.

Nopeusluokissa 10 ja 100 Mbit/s on käytössä bittijonojen koodausmenetelmänä 4B/5B, 1000 Mbit/s 8B/10B ja 10 Gbit/s standardilla on käytössään 64B/66B-koodauskäytännöt. Koodauksella varmistetaan, että bittijono kulkee virheettömästi siirtomediassa ja liitosrajapintojen yli. Standardissa määritellään myös ethernet-kehysten rakenne. Kuvassa 4 on esitelty ethernet-kehysten sisältö.



Kuva 4. Ethernet-kehysten sisältö alkuperäisenä ja IEEE 802.3:n mukaan.

Koska ethernet-laitteiden välillä ei ole kellotahdistusta, ne tarvitsevat kohtuullisen ajan huomataksensa linjalta tulevan signaalin. Nopeusluokasta riippuen pakettien välillä oleva lähetysten tyhjäkäyntiaika on eripituinen, 9,6 μ s 10 Mbit/s ethernetillä, 960 ns 100 Mbit/s ethernetillä ja 96 ns 1 Gb/s ethernetillä. Kantaallon mukaan on myös koodattu esisignaali, joka antaa laitteelle aikaa tahdistua tulevan kehyksen vastaanottoon. Esisignaali koostuu seitsemän sanan kahdeksan bitin signaalista, jossa toistuu 1 ja 0 vuoron perään. (7 tavua, 10101010) ja kahdeksannen tavun kaksi viimeistä pystyssä olevaa bittiä (10101011) tarkoittaa kehyksen alkua (SOF).

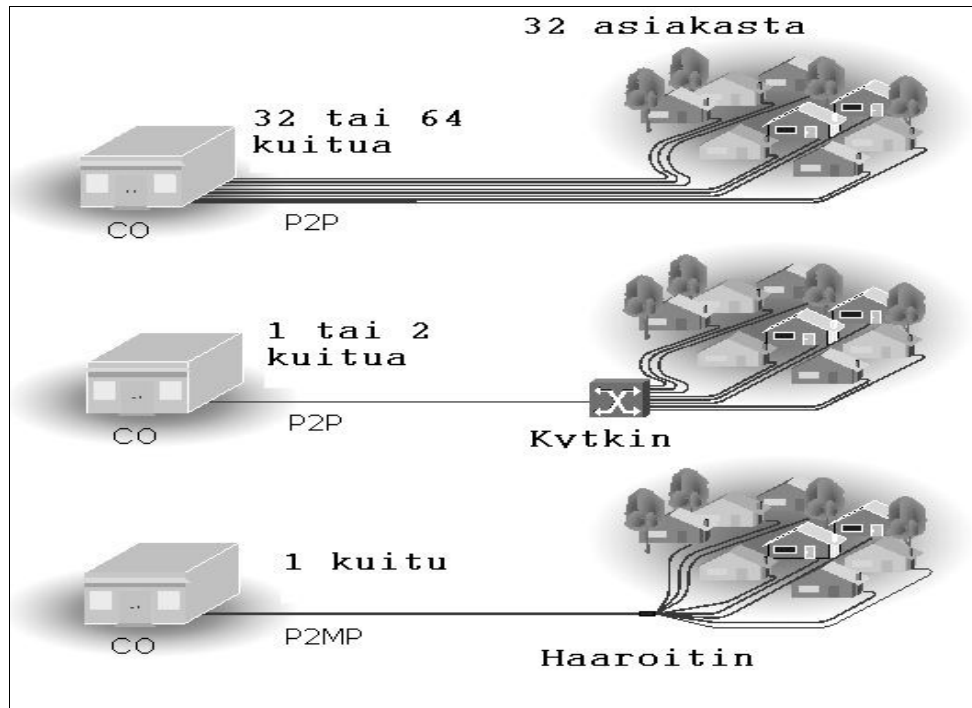
Osoitekentät muodostuvat kahdesta osasta, joista IEEE-valmistajanumeron määrittäminen on osoitekenttien tärkein osa. Yhdessä juoksevan valmistenumeron kanssa ne muodostavat yksilöllisen verkkoyhteyslaitteen osoitteen. Alkuperäinen ethernet ja 802.3 käyttävät samanlaista osoitteistoa.

Ethernetissä käytetään kolmenlaisia kehystyyppettä lähetettävälle viesteille: unicast, multicast ja broadcast. Unicast-kehukset sisältävät tietyn kohdeosoitteen. Multicast-kehukset lähetetään rajatulle joukolle, ja Broadcast-kehukset lähetetään kaikille verkon laitteille. MAC-osoite FF-FF-FF-FF-FF-FF (kaikki ykkösiä) on varattu yleiseksi broadcast-osoitteeksi. [5.]

3.3 Verkkotopologiat

Verkkoarkkitehtuurit vaikuttavat myös käytettävien laitteiden valintaan. Passiivisissa optisissa verkoissa (PON) yhtä keskuskojeen porttia kohti voi olla maksimissaan 128 asiakaspäätelaitetta, kun taas aktiivisissa verkoissa (P2P) on aina yksi liikennöintiportti yhtä asiakasliityntää varten. Optisissa verkoissa siirtotienä käytettävällä yksimuotokuidulla voidaan luoda jopa 300 kilometriä pitkiä yhteyssegmenttejä ilman toistimia. Halvimmilla yksimuotokuitujen lasereillakin voi muodostaa yhteyden noin 10 km:n etäisyyksille, ja jos käytetään asennusputkia, verkkojen rakentaminen ja kapasiteetin lisääminen on yksinkertaista.

(G)EPON tukee symmetristä 100 Mbit/s ja 1 Gbit/s tietoliikennettä ja täyttää IEEE 802.3ah-standardin vaatimukset. Liikennöinti voidaan jakaa nopeusluokasta riippuen 16-128:aan eri yhteyteen, ja se toimii tyypillisesti myös yli 20 km pitkillä yhteyksillä. Valokuidun tiedonsiirtokyky ei pitkälläkään yhteyksillä ole pullonkaula. Kuparikaapelissa sähkömagneettiset ominaisuudet estävät pitkien välimatkojen yhtenäiset tietoliikenneyhteydet. Uusille alueille rakennettaessa EPON-verkon sopivuus kytkenäisen videon välitykseen on houkutteleva etu. Kuvassa 5 on periaatekuva PON- ja P2P-verkkojen topologioista.



Kuva 5. Verkkotopologiamalleja. [7.]

Kuitu kotoa-yhteyksiä rakennettaessa yhteensopivuus olemassa oleviin laitteisiin pitäisi säilyttää ja riittävä tiedonsiirron kapasiteetin kasvu tulisi ottaa huomioon. Suunnitellun mediamuuntimen tavoiteltu käyttöikä on ainakin kymmenen vuotta, koska valokuituverkoille valmistajat antavat 20 vuoden tuotetakuun.

10 Mbit/s nopeusluokassa optista ethernetiä ei ole koskaan toteutettu yhdellä kuidulla, joten se on jätettävä pois laitesuunnitelmasta. Optiset nopeusluokat ovat käytännössä 100, 1000 ja 10 000 Mbittiä sekunnissa, joista 10 000 Mbit/s nopeusluokka on suunniteltu toimivaksi kahden kuidun sovelluksena, joten sekin jätetään pois toteutussuunnitelmasta.

3.4 Optisten verkkojen vikasietoisuus

Tietoliikenneverkkojen topologia määrittää loppukäyttäjän kokemukset verkon

vikasietoisuudesta. PON verkoissa yksi yhteinen kuitu välittää vähintään 16:n, maksimissaan 128:n asiakkaan tietoliikenteen. Tällaisissa verkoissa yksikin viallinen laite voi estää kaikkia muita verkkolaitteita toimimasta oikein, jolloin yhteys ei toimi muillakaan samalla verkkoalueella olevilla asiakkailta. Pisteestä pisteeseen (P2P) reititetyissä ja toisella yhteydellä varmennetuissa verkoissa, ei koko kylän tietoliikenneyhteyksien katkeaminen samanaikaisesti ole todennäköistä.

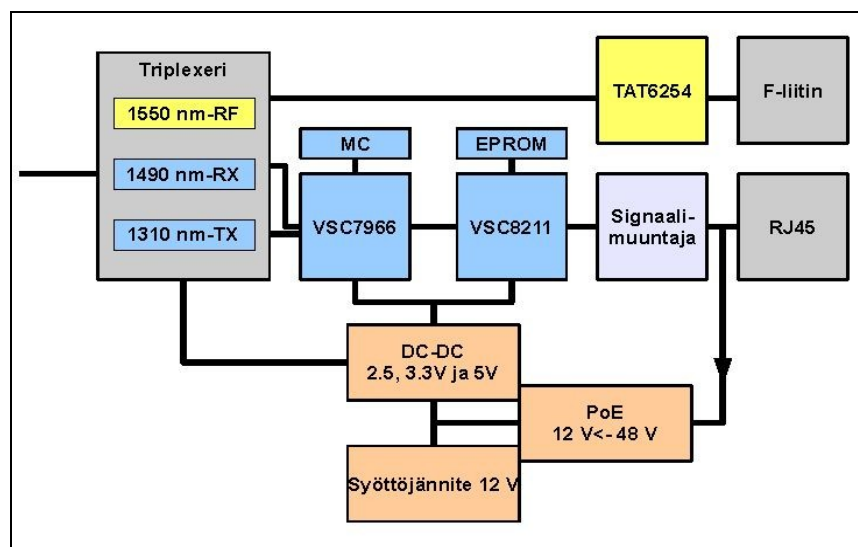
Pieni kylä ilman tietoliikenneyhteyksiä on kauhuskenaario, minkä toteutuminen olisi estettävä. Pienen kylän asukasmäärä voi vastata myös yhden kerrostalokiinteistön asukasmäärää. Nykyisin huolto ja ylläpito keskitetään yhä harvempiin keskuksiin. On tärkeää panostaa vikasietoisuuteen. Ainakin kylän keskitinlaitteistoon tulisi saada vaihtoehtoinen tietoliikenneyhteys. Toinen kuituyhteys kiinteistön tai kylän keskitinlaitteistoon toiselta palvelun tarjoajalta toisi asukkaille verkon haluttua vikasietoisuutta ja hintaetua. Se voisi olla myös taloyhtiöille huoneistojen myyntiä edistävä ominaisuus.

1000 Mbit/s yhteydet ovat käytössä vielä pitkään, sillä yksikään kotimainen operaattori ei tarjoa vielä gigabittiyhteyksiä (Gbit/s) kotitalouksien saataville.

4 MEDIAMUUNNIN

Hannu Jaakohuhta kirjoittaa ”Lähiverkot -Ethernet” kirjassaan (2005) seuraavasti: ”Mediamuuntimella (Media Converter) tarkoitetaan komponenttia, jolla muunnetaan esimerkiksi valokuituyhteys parikaapeliyhteydeksi. Useimmat lähiverkon komponentit kuten hub ja kytkin voivat toimia mediamuuntimena, jos niihin voi asentaa muunnettavaa mediaa varten sovittimen. Yleisesti onkin pyrittävä siihen, että mediamuunnos tehdään verkkolaitteessa ilman erillistä mediamuunninta.” [8.]

Käytäntö on kuitenkin osoittanut, että erillisiä mediamuuntimia tarvitaan. Kotikäyttöön sähköasennusrasiaan asennettava yleismallinen mediamuunnin ennemminkin vähentää laitteiden ja kaapeloinnin määrää kuin lisää sitä. Käyttäjien tietotaito ei useinkaan riitä päättämään käytettävien laitesovittimien nopeusluokkia tai hallinnoimaan tietoliikennelaitteiden ominaisuuksia, jolloin he ovat myyjien armoilla laitevalinnoissaan. Operaattoreillakin on laitekanta jo hyvin kirjavaa ja usein edullinen vaihtoehto asiakkaan rajapintaan puuttuu. Siksi tarvitsemme halvan ja yksinkertaisen laitteen, jota ei tarvitse opetella käyttämään. Kuvassa 6 on esitetty lohkokaaviona suunnitellun mediamuuntimen vaatimat tärkeimmät komponentit.



Kuva 6. Mediamuuntimen toiminnallinen lohkokaavio

5 KÄYTETTÄVÄT KOMPONENTIT

Komponenttivalmistajia vaaditunlaisen kytkennä toteuttamiseen on lukuisia. Jokainen toiminnallinen lohko koostuu yhden komponentin ympärille rakennetusta kytkennästä, ja kunkin keskeisen komponentin hankintaan vaaditaan salassapitosopimus komponenttitoimittajan kanssa. Salassapitosopimus l. NDA on nykyään perusedellytys, ennen kuin pääsee tilaamaan komponenteista tarkempaa informaatiota tai mallikappaleita. Saatavillaa olevan tiedon mukaan on nyt valittu mahdollisimman halpa ja toimiva ratkaisu joka kodin mediamuuntimeksi.

5.1 Triplekseri

PON-verkkojen tärkein komponentti on triplekseri. Sen käyttö on perusteltua myös P2P kuituverkoissa, jolloin datayhteyden kaistanleveys voidaan käyttää symmetriseen pakettivälitteiseen tietoliikenteeseen.

Enablence Technologies valmistaa triplekseriä, joka on suunniteltu PON-verkkojen optiseksi komponentiksi. Komponentissa on kaksi PIN-valodiodia, jotka vastaanottavat valon aallonpituuksia 1490 nm ja 1550 nm. 1550 nm:n diodia käytetään analogisen RF-signaalin vastaanottoon. Infrapunavaloa tuottava aktiivinen komponentti on triplekserissä FP-laserdiodi, joka lähettää 1,24Gbit/s bittivirran 1310 nm:n aallonpituudella. Kuvassa 7 on esitetty Enablence Technologiesin valmistama triplekseri.



Kuva7. Triplekseri ilman suojakotelo.

PIN-diodi on fotodetektori ja muuntaa valon sähkövirraksi. PIN-diodi toimii 3,3 voltin jännitteellä, kuten muukin ohjauselektronikka. Fotodetektori tuottaa signaalivirran transimpedanssivahvistimelle (TIA), joka muuntaa virran jännitteeksi, vahvistaa ja muuntaa differentiaalisignaaliksi. TIA vahvistaa laajalla dynaamisella alueella, ja sillä on hyvä tulopuolen ylikuormituksen sietokyky. TIA:n kohina pidetään mahdollisimman pienenä, jotta heikkojen signaalien havainnointikyky säilyy riippumatta ikääntymisestä tai lähetysetaisyydestä. Korkea ylikuormituksen sieto takaa minimaalisen bittivirhemäärän signaalia vastaanottaessa, jos käytetään voimakkaita lähetysignaaleja. TIA:n maksimivahvistus on riippuvainen toimintataajuudesta, joka on optimoitu mahdollisimman kapeaksi, jotta stabiilius säilyisi. TIA:sta seuraavana toiminnallinen piiri on VSC7966, jossa on mm. rajoitinvahvistin (LA). [8.] [9.]

5.2 Mikrokontrolleri

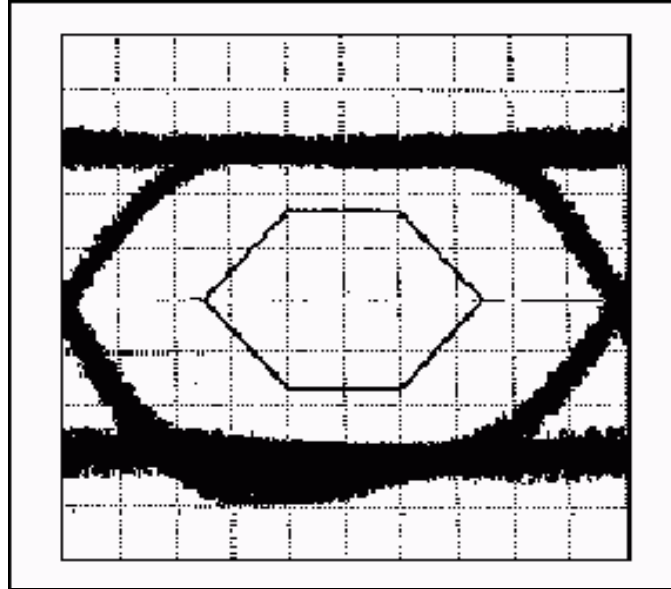
Kytkenässä käytettävä mikrokontrolleri on ulkomitoiltaan 5x5mm oleva 8-bittinen ATmega88, joka sisältää mm. 8 kilotavua sisäistä flash-muistia, 512 kilotavua sähköisesti tyhjennettävää muistia ja kahden johtimen sarjaväylän. Sarjaväylän avulla voidaan ilmoittaa liityntälaitteelle laserin ja transceiverin ominaisuuksien tunnistustiedot. Ilmoitettavia tunnistustietoja ovat mm. liittynässä käytettävä koodaus, valmistajan tiedot ja diagnostiikkatiedot laserin ja diodin tilasta

5.3 Lähetin-vastaanotin

Vitessen 8211-lähetinvastaanotin on 100-nastainen BGA-piiri, jolla on mahdollista toteuttaa GMII-rajapinta kupariverkkojen kolmelle alimmalle nopeusluokalle ja gigabittinopeus optiselle tietoliikenteelle. Erillinen säätöpiiri optiselle laser-diodiparille on Vitessen VSC7966, joka muuntaa ja tahdistaa signaalin VSC8211:lle sopivaksi sarjamuotoiseksi bittivirraksi.

VSC7966 sisältää rajoitinvahvistimen (LA), joka tuottaa tulosignaalin jännitteestä riippumattoman lähtösignaalin. Piiri sisältää myös CDR (clock and data recovery)-piirin. CDR regeneroi alkuperäisen kellotaajuuden ja datavirran, minkä se saa LA:lta. Haasteena

integroidun CDR-yksikön suunnittelussa on täyttää suositukset signaalin reuna-alueen vääristymän (jitterin) sietokyvyn osalta. Kun useita satunnaisia signaaleja (bittikuvioita) mitataan, signaloinnin laatu nähdään päällekkäisistä mitta-arvoista muodostuvasta silmäkuvioista (kuva 8).



Kuva 8. Silmäkuvio kuvaa datavirran laatua

Järjestelmän jokaisessa signaalinkäsittelyvaiheessa kello-signaali mahdollistaa datasihtaalien siirtämisen seuraavaan generointivaiheeseen ja näin signaalivääristymä saattaa kumuloitua. Pääteasteiden ei tarvitse välittää jitterin siirtymisestä, koska regeneroitu data synkronoidaan järjestelmän kello-pulssin tahtiin. Datasignaalin muodon palauttamisessa käytetään vaihelukittua silmukkarakennetta kello-pulssin ja datavirran synkronoinnissa. Näin varmistetaan kello-pulssin tahdistus keskelle datasihtaalien. [4.] [9.]

5.4 Suojaerotusmuuntaja

PHY:n tehtävänä on myös eristää kaapeloinnin potentiaalierot käyttöpaikasta riippumatta. Tämä toteutetaan suojaerotusmuuntajilla. Suojaerotusmuuntaja on saatavana erilliskomponenttina tai RJ45-liittimeen integroituna. RJ45-liitin on piirilevyllä pystyyn asennettava läpiladottava malli.

5.5 Virransyötön komponentit

Virran syöttö tapahtuu kolmevaiheisesti; PoE-piiri havaitsee, jos ethernet porttiin on kytketty virransyöttö, ja kytkee sen DC-DC-muuntimeen. Mikäli etupaneelissa olevaan liittimeen on kytketty liitin, PoE-piiri kytkeytyy irti ja virta syötetään erillisestä ulkoisesta virtalähteestä. Virtalähteiden syöttöjännite saa olla välillä 7 - 28 voltia, ja napaisuudella ei ole väliä. DC-DC-piiri muuttaa jännitteet kytkennälle sopiviksi 2,5, 3,3 ja 5 voltin käyttöjännitteiksi. Tehon kulutus täydellä kuormituksella on noin 7 wattia.

5.6 RF-signaalin käsittely

TriAccess Technologiesin TAT6254C-videovastaanotin on liityntäraja-pinta matalakohinaiselle optiselle fotodiodille. TAT6254C on tarkoitettu yleismalliseksi yhden liittymän kuitu kotoa-verkon analogisten ja digitaalisten kaapeli-TV-lähetysten signaalimuuntimeksi.

TAT6254C sisältää kaksi matalakohinaista suurivahvisteista TIA-vahvistinta, joissa ovat myös lähtösignaalin vahvistimet. Sillä on pieni signaalin tulopuolen impedanssi, joten valodiodin kapasitanssit ja hukkaimpedanssit eivät madalla vahvistusta. Piirissä on kaksi korkeavahvisteista lähtöä. Toinen lähtö on signaalin vääristymisen estoa (tilt) varten ja toinen signaalin suodatusta sekä RF-signaalin toistoa varten. KytKentä on optimoitu 47 - 870 MHz:n taajuusalueelle. Käyttöjännitteeksi TAT6254C-piirille on kytkennällisesti valittavissa 5 tai 12 voltia.

6 ANALYSOINTI

Sopivien komponenttien löytäminen ja valinta on yllättävän suuritöinen prosessi. Toinen asia on, miten saada uutuuskomponentteja prototyypin valmistusta varten. PON-verkon liikennettä tulkitsevan mediamuuntimen voisi toteuttaa signaaliprosessorin avulla, mutta kytkentä olisi kokonaispinta-alaltaan ja tehon kulutukseltaan huomattavasti suurempi kuin suunniteltu esimerkki. Tällöin toteutus kytkentärasiaan ei olisi lämpökuorman vuoksi mahdollista. Komponenttien kasvava integrointiaste tuo varmasti helpotusta teho- ja tilaongelmaan.

Työhön kulunut aika ja tiedon hajanaisuus yllättivät. Kaikki erikoiskomponenttien valmistajat vaativat salassapitosopimuksen (NDA), joten piirilevyn valmistukseen tarvittavia osia ei ole saatu. Prototyypin valmistus jäi tämän työn tavoitteista saavuttamatta. Sen valmistus onkin jatkokehitystyö ja jää jatko-opiskelun varaan. Insinööriyön tekeminen on ollut tutkimusmatka syvälle ethernet-tekniikkaan ja antanut realistisen kuvan kansainvälisten komponenttivalmistajien toiminnasta.

Valokaapelin käyttö yleistyy tulevaisuudessa. Rakennustapamääräykset suosittavat jo uusien kiinteistöjen kaapeloinniksi vähintään Cat 5e kaapelointia ja valokaapelia tai putkivarausta valokaapelien asentamista varten. [10.]

Jossakin vaiheessa operaattorit tarjoavat asiakkailleen nopeampia internet- ja tietoliikenneyhteyksiä, kuin mitä kuparijohtimet kykenevät välittämään. Olisi järkevää varautua liityntätekniikkaan ja laitteistoon, joka takaa yhteensopivuuden myös tulevaisuudessa. Kaikki valokuitujen toimittajat takaavat yksimuotokuidun toimivuuden seuraavat 20 vuotta, joten se on verkkoja paranneltaessa varma valinta.

7 LÄHTEET

- 1 http://en.wikipedia.org/wiki/Physical_layer, Kuva 1, [Viitattu:28.11.2008]
- 2 Hakala, Mika. & Vainio, Mika. 2005. Tietoverkon rakentaminen. Porvoo. 428 s. ISBN 951-846-263-1.
- 3 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications [Viitattu:27.10.2008], http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.3-2005_section2.pdf
- 4 T3/E3/STS-1 Fiber Optic Extension [Viitattu:21.11.2008] <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/AN2931.pdf>
- 5 Ethernet Reference Guide [Viitattu: 7.11.2008] <http://www.exfo.com/en/Library/Guides.aspx>
- 6 http://metroethernetforum.org/PPT_Documents/Panel_5_TelecomNextEFM_PanelIntro322.ppt, Kuva 2
- 7 Ethernet Passive Optical Network (EPON) Tutorial [Viitattu: 16.8.2007] http://www.efmalliance.org/whitepapers/EPON_Tutor_V4.pdf
- 8 Jaakohuhta, H. 2005. Lähiverkot – Ethernet. Helsinki, IT Press. 380 s. ISBN 951-826-787-1
- 9 APPLICATION BRIEF [Viitattu: 5.11.2008] http://www.vitesse.com/technologies/files/11/Network_Optical_AB_10.pdf
- 10 MÄÄRÄYKSEN 25 PERUSTELUT JA SOVELTAMINEN KIINTEISTÖN SISÄJOHTOVERKOSTA [Viitattu: 4.11.2008] http://www.ficora.fi/attachments/suomi_M_Q/5BoeV5L2h/Files/CurrentFile/MPS25.pdf

LIITTEIDEN LUE'TTELO

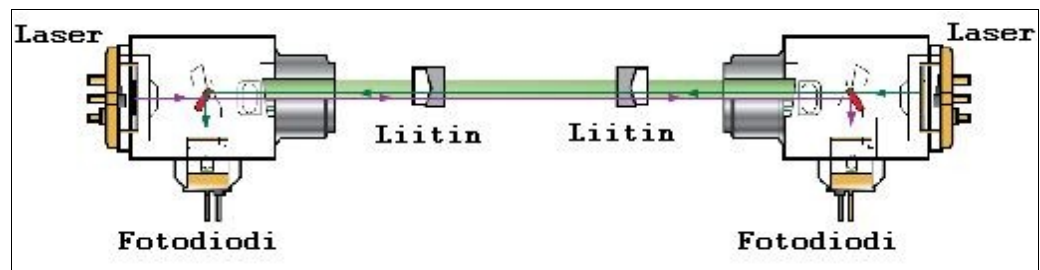
LIITE 1 OPTISET KOMPONENTIT TIIETOLIIKENNETEKNIKASSA

LIITE 2 POWER OVER ETHERNET

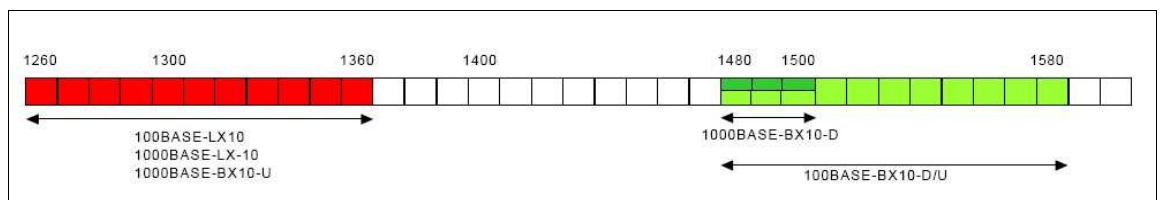
LIITE 3 ETHERNET-STANDARDIT

OPTISET KOMPONENTIT TIETOLIIKENNETEKNIIKASSA

Optinen tietoliikenne on perinteisesti siirretty kahta kuitua pitkin ja LAN-lähiverkot käyttävätkin edelleen pääsääntöisesti kahta monimuotokuitua siirtotienään. WDM-tekniikka mahdollistaa yhden kuidun käyttämisen kaksisuuntaiseen tiedonsiirtoon ja lisäksi PON-verkoissa käytetään kolmatta valon aallonpituutta analogisen TV-signaalin siirtoon. WDM-tekniikka on standardoitu lähetys- ja vastaanottoaallonpituuksien osalta. Tekniikka kehittyi niin nopeasti, että varattuun valon aallonpituusalueisiin on jo jouduttu tekemään muutoksia ja tarkennuksia. PON-verkkojen analogiasignaalin aallonpituus on 1550 nm. Samaa aallonpituutta käytetään RX-suunnan tietoliikenteessä 100 Mbit/s nopeusluokan ethernetissä. Kuvassa 9 on esitelty kahta valon aallonpituutta käyttävän diplexerin toimintamalli. Kuva 10 selventää varattuja valon aallonpituuksia EFM-työryhmän suosituksen mukaan.



Kuva 9 Yhden kuidun kahden aallonpituuden lähetin vastaanotin.



Kuva 10 Yhden kuidun liikennöinnille varatut valon aallonpituudet.

POWER OVER ETHERNET

PoE (power over ethernet)-standardin mukaan RJ-45-liittimen kautta voidaan syöttää virtaa, joka on maksimiteholtaan enimmillään 13 W, maksimissaan 48 voltin jännitteellä. Vuoden 2009 puoliväliin kaavaillun PoE-Plus-standardilaajennuksen mukaan maksimiteho voisi olla 30 W, maksimissaan 53 voltin jännitteellä. Tulevat vaatimukset täyttävä PSE (Power Sourcing Ethernet)-piiri löytyy mm. Linear Technology Corporationilta (LTC4263).

Taulukko 1. PoE- ja PoE-Plus-järjestelmien ominaisuudet

	Tyyppi 1 PoE	Tyyppi 2 PoE-Plus
Kaapelin minimikategoria-luokitus	Kategoria 3 Luokka C	Kategoria 5, Luokka D:1995, jonka silmukka vastus on < 25 Ohmia
Käyttölaitteen maksimiteho	12,95 W	29,5 W
Minimiteho syöttölaitteelle	15,4 W	30 W
Sallittu syöttölaitteen jännite	44 - 57 VDC	50 - 57 V
Syöttölaitteen nimellisjännite	48 VDC	53 VDC
Maksimivirta	350 mA / pari	600 mA /pari
Maksimikäyttölämpötila	60 °C	50 °C
Asennusrajoitukset	Ei ole	Maksimissaan 5kW:n teho / kaapelinippu

http://www.siemon.com/us/white_papers/08-06-09-poe-and-operating-efficiency.asp
[11.11.2008]

ETHERNET STANDARDIT

Nimi	Kuvaus
Xerox experimental Ethernet	Alkuperäinen, 3 Mbit/s Ethernet, jolla oli erilainen kehysrakenne, kuin nykyään käytetään.

Standardoidut Ethernet toteutukset (10 Mbit/s ja 1 Mbit/s)

Nimike	Standardi	Kuvaus
10BASE5	802.3 (8)	10 Mbit/s, Manchester-koodattu signaali, kuparikaapeli RG-8X (kallis koaksiaalikaapeli), väyläarkkitehtuuri, törmäyksenestustus, ns. paksu ethernet.
10BASE2	802.3 (10)	10 Mbit/s, Manchester signaalin koodaus, kupari RG-58 (halvempi koaksiaalikaapeli), väyläarkkitehtuuri, törmäyksenestustus, ns. ohut ethernet.
10BROAD36	802.3 (11)	10 Mbit/s, NRZ :n mukainen vaihevainmoduloitu korkeataajuinen kantoaalto-signaali (PSK), koaksiaalikaapelissa, väylätopologia, törmäyksenestustus.
1BASE5	802.3 (12)	1 Mbit/s, Manchester-koodattu signaali, kuparinen kierretty parikaapeli, tähtitopologia.
StarLAN 10		10 Mbit/s, Manchester-koodattu signaali, kierretty kupariparikaapeli, tähtitopologia kehittyi 10BASE-T:ksi.
10BASE-T	802.3 (14)	10 Mbit/s, Manchester-koodattu signaali, kierretty kupariparikaapeli, tähti topologia. Kehittyi 1BASE-5:ksi.
FOIRL		Kuituoptinen toistin linkki (Fiber optic inter repeater link). Alkuperäinen standardi ethernetille kuidussa.
10BASE-F	802.3 (15)	(Tunnetaan myös nimellä 10BASE-FX) – Yleisnimike kuidussa siirrettävälle 10 Mbit/s ethernet-standardille perheelle: 10BASE-FL, 10BASE-FB and 10BASE-FP. Näistä 10BASE-FL on yleisin. 10 Mbit/s, Manchester-koodattu signaali, kuitupari.
10BASE-FL	802.3 (15)	FOIRL-standardin päivitys.
10BASE-FB	802.3 (15)	Tällä oli tarkoitus yhdistää lukuisia hubeja ja kytkimiä. Ei ole enää käytössä.
10BASE-FP	802.3 (15)	Passiivinen tähtiverkko ilman toistimia. Tätä ei koskaan tuotettu.

Fast Ethernet (100 Mbit/s)

Nimi	Standardi	Kuvaus
100BASE-T		Yleisnimike kolmelle 100 Mbit/s ethernet-standardille, jotka käyttävät maksimissaan 100 metriä pitkää segmenttiä kierrettyä kupariparikaapelia. 100BASE-TX, 100BASE-T4 ja 100BASE-T2. Tähtitopologia.

100BASE-TX	802.3 (24)	4B5B MLT-3-koodattu signaali, CAT5-kuparikaapelointi, jossa kaksi kierrettyä kupariparikaapelia.
100BASE-T4	802.3 (23)	8B6T PAM-3-koodattu signaali, CAT3-kuparikaapelointi (kuten 10BASE-T:ssä). Käyttää neljää kierrettyä paria. Nykyään ei käytössä, koska Cat-5-kaapelointi nykyään vallitseva. Toimi vain half-duplexina.
100BASE-T2	802.3 (32)	Ei tuotteistettu. PAM-5-koodattu signaali, CAT3-kupariparikaapeli kahdella parilla, tähtitopologia. Tukee full-duplex-liikennöintiä. Toiminnallisesti yhtenevä 100BASE-TX:n kanssa, mutta toimii vanhoissa puhelinkaapeleilla. Signaaliprosessorien hinta esti yleistymisen.
100BASE-FX	802.3 (24)	4B5B NRZI koodattu signaali, kaksi MMF-kuitua, maksimipituus 400 metriä half-duplex-yhteyksiin tai 2 kilometriä full-duplexina.
100BASE-SX	TIA	100 Mbit/s Ethernet MMF-kuidussa. Maksimi pituus 300 metriä. Käyttää LED:jä valonlähteenä, joten laitteet ovat halpoja.
100BASE-BX10	802.3	100 Mbit/s Ethernet kaksisuuntainen signaali yhdessä yksimuotokuidussa. Multiplekseriä käytetään lähetys- ja vastaanottosignaalien erottamiseksi omilla aallonpituuksillaan. Segmentin pituus maksimissaan 10 km:iä.
100BASE-LX10	802.3	100 Mbit/s Ethernet segmentin pituus on 10 km kuituparissa (SM-kuitua).
100Base-VG	802.12	IEEE 802-organisaation toinen ryhmä standardoi 802.12:n, koska käytti keskitettyä kilpavarausväylää. Vain HP on käyttänyt 100VG-AnyLAN- tuotteissaan. Se käytti neliparista Cat-3-kaapelia. Ei ole ollut käytössä vuodesta 1997 lähtien.

Gigabit Ethernet standardit ovat tähtitopologisia.

Nimi	Standardi	Kuvaus
1000BASE-T	802.3 (40)	PAM-5-koodattu signaali, CAT5/CAT5e/CAT6 kuparikaapeleissa, joissa neljä kierrettyä paria
1000BASE-TX	TIA 854	Vain Cat-6-kuparikaapelissa. Ei tuotteistettu.
1000BASE-SX	802.3	8B10B NRZ-koodattu signaali, MM-kuidussa 550 m.
1000BASE-LX	802.3	8B10B NRZ-koodattu signaali, MM-kuidussa 550 m tai SM kuidussa 2 km; voidaan optimoida myös 10 km:n segmenteille.
1000BASE-LH	Valmistajien standardoima	SM-kuitu segmentin pituus 100 km.
1000BASE-CX	802.3	8B/10B NRZ-signaalikoodaus, tasapainotettu suojattu kierretty parikaapeli. Segmentti maksimissaan 25 m. Kehitettiin ennen 1000BASE-T:tä, on harvinainen.
1000BASE-BX10	802.3	Segmentin pituus 10km. Kaksisuuntainen yhden kuidun sovellus SM-kuidussa.
1000BASE-LX10	802.3	Segmentin pituus 10 km SM-kuituparissa.

1000BASE-PX10-D	802.3	Datavirta alas keskittimeltä asiakkaalle SM kuidussa. Pisteestä moneen pisteeseen topologia. Siirtokyky ainakin 10 km.
1000BASE-PX10-U	802.3	Datavirta ylös asikkaalta keskittimelle SM-kuidussa. Pisteestä moneen pisteeseen-topologia. Siirtokyky ainakin 10 km.
1000BASE-PX20-D	802.3	Datavirta alas keskittimeltä asiakkaalle SM-kuidussa. Pisteestä moneen pisteeseen-topologia. Siirtokyky ainakin 20 km.
1000BASE-PX20-U	802.3	Datavirta ylös asikkaalta keskittimelle SM kuidussa. Pisteestä moneen pisteeseen-topologia. Siirtokyky ainakin 10 km.
1000BASE-ZX	Ciscon oma	Jopa 100 km:iin asti SM-kuidussa. 8b/10b koodaus.
1000BASE-KX	802.3ap	1 m laitevälissä.

10 Gigabit Ethernet

Nimi	Standardi	Kuvaus
10GBASE-SR	802.3ae	Suunniteltu MM-välikaapeleille, segmentin pituus 26 m:n ja 82 m:n välillä, riippuen kaapelityypistä. 300 m OM4 MM kaapelissa.
10GBASE-LX4	802.3ae	WDM-tekniikalla toimiva 240 m:stä and 300 m:iin MM kuidulla tai yli 10 km SM-kuidulla.
10GBASE-LR	802.3ae	Tukee 10 km yhteyksiä SM-kuidulla.
10GBASE-ER	802.3ae	Tukee 40 km yhteyksiä SM-kuidulla.
10GBASE-SW	802.3ae	10GBASE-SR-standardin muunnos WAN:sta. PHY, suunniteltu liittämään OC-192 / STM-64 SONET/SDH laitteistojen ominaisuudet.
10GBASE-LW	802.3ae	10GBASE-LR-standardin muunnos WAN:sta. PHY, suunniteltu liittämään OC-192 / STM-64 SONET/SDH laitteistojen ominaisuudet.
10GBASE-EW	802.3ae	10GBASE-ER-standardin muunnos WAN:sta. PHY, suunniteltu liittämään OC-192 / STM-64 SONET/SDH laitteistojen ominaisuudet.
10GBASE-CX4	802.3ak	Lyhyille kuparikaapeliyhteyksille InfiniBand 4x liittimillä varustetuilla CX4-kaapeloinnilla. Maksimi pituus 15 m.
10GBASE-T	802.3an	Käyttää suojaamatonta kierrettyä kupariparikaapelointia.
10GBASE-LRM	802.3aq	220 m MM-kuiduissa (OM1 tai parempi)
10GBASE-KX4	802.3ap	1 m laitevälissä 4:ä siirtolinjaa käyttäen
10GBASE-KR	802.3ap	1 m laitevälissä yhdellä siirtolinjalla.

10 gigabitin ethernet on yhä melko nuori standardi ja nähtäväksi jää mikä niistä vakiintuu markkinoilla. 10GBASE-LR/ER ovat yleisimpiä palveluoperaattoreiden keskuudessa. IEEE 802.2ae ja IEEE 802.3ak ovat molemmat julkistettu standardikokoelmassa IEEE 802.3-2005.

40 gigabitin ethernet

(Alustavia ehdotuksia standardiksi ja toteutunevat vasta 2010.)

Nimi	Standardi	Kuvaus
40GBASE-SR4	802.3ba	100 m 2000 MHz/km monimuotokuidussa (MM).
40GBASE-LR4	802.3ba	10 km Yksimuotokuidussa (SM)
40GBASE-CR4	802.3ba	10 m kuparikaapelissa
40GBASE-KR4	802.3ba	1 m piirikorttiväylässä

100 gigabitin ethernet

(Alustavia ehdotuksia standardiksi ja toteutunevat vasta 2010.)

Nimi	Standardi	Kuvaus
100GBASE-SR10	802.3ba	100 m OM4 (2000 Mhz.km) MM kuitu.
100GBASE-LR4	802.3ba	10 km yksimuotomuidussa (SM).
100GBASE-ER4	802.3ba	40 km yksimuotomuidussa (SM).
100GBASE-CR10	802.3ba	10 m kuparikaapelissa.

http://www.ieee802.org/3/ba/public/may08/ganga_02_0508.pdf s. 8 [11.11.2008]

http://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet_physical_layer [11.11.2008]

http://www.ieee802.org/3/ba/public/jan08/kuyt_01_0108.pdf [11.11.2008]