



HDBaseT

Antti-Juhani Filpus

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013
Tietotekniikka
Tietoliikennetekniikka ja
tietoverkot

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikka
Tietoliikennetekniikka ja tietoverkot

FILPUS, ANTTI-JUHANI:
HDBaseT

Opinnäytetyö 43 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Toukokuu 2013

Tämän työn tarkoituksena oli esitellä HDBaseT-tekniikkaa tietoteknisestä näkökulmasta. Työssä esiteltiin tekniikassa käytettäviä osa-alueita ja standardeja. Uudet audiovisuaaliset tekniikat yleistyvät markkinoilla, ja niiden kilpailu on kovaa valmistajien keskuudessa. Jotta uudet tekniikat menestyisivät markkinoilla, täytyy niiden olla kustannustehokkaita ja helppokäyttöisiä kuluttajille. Työn alkuosassa käsiteltiin käytettäviä tekniikoita, ja esiteltiin niiden toimintaperiaatteet. Työssä eriteltiin 5Play-tekniikan eri osa-alueet, ja ne esitettiin omina kokonaisuuksinaan.

Työssä käsiteltiin HDBaseT-allianssin luoman 5Play-tekniikan eri osia, jotka olivat video, ääni, sähkönsyöttö, kontrollointi ja verkkoyhteys. Työssä esiteltiin nämä osiot ensin yleisesti, ja myöhemmässä vaiheessa ne eriteltiin omiksi kokonaisuuksiksi. Teknisessä osiossa käsiteltiin HDMI-tekniikkaa, ja esiteltiin siinä käytettäviä ohjaus- ja differentiaalisignaaleja. Ohjaussignaalien osiossa käsiteltiin kolmea eri ohjaussignaalityyppiä, joita HDBaseT-tekniikka hyödyntää. Sähkönsyötön osiossa käsiteltiin PoE-standardia ja sen soveltamista PoH-tekniikassa. Viimeisenä kokonaisuutena esiteltiin Ethernetin standardi ja tutkittiin verkkoyhteyttä, modulointia ja protokollia, joita HDBaseT käyttää luodakseen 5Play-kokonaisuuden.

Työn tavoitteena oli esitellä HDBaseT-tekniikka yleisellä tasolla sekä tuoda esille sen hyödyntävä tekniikka. Työssä tuotiin esille kuluttajamarkkinoiden ja yritysmarkkinoiden HDBaseT-ratkaisut ja huomioitiin niiden kustannustehokkuus.

Tässä työssä Valens Semiconductor yrityksen antamat tiedot ja kuvat kappaleessa neljä on luokiteltu salaisiksi. Tätä osiota ei julkaista. Salassapitosopimukset on esiteltyä liitteissä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
ICT Engineering
Telecommunications Engineering and Networks

FILPUS, ANTTI-JUHANI:
HDBaseT

Bachelor's thesis 43 pages, appendices 4 pages
May 2013

The purpose of this work was to introduce HDBaseT technology, the information from a technical perspective. This thesis presented the technology used in the areas and standards. New audio-visual techniques are becoming more common in the market, and the competition is fierce among manufacturers. In order for new technologies to become successful in the market, they must be cost-effective and easy-to-use for consumers. The first part dealt with techniques used, and described their operating principles. The work specified 5Play technology in different areas, and they were presented as separate entities.

The thesis discussed 5Play technology created by HDBaseT Alliance in different parts of which were video, audio, power supply, control, and network connection. The work presented these sections, first in general, and at a later stage, they were identified as separate entities. The technical section was treated with HDMI technology used and presented to the control and the differential signals. The control signal section was treated with three different input signal types, which HDBaseT technology to be utilized. Power supply section dealt with the PoE standard and its application to the PoH technology. The last section examined standard Ethernet network connection, the modulation and protocols that are used to create HDBaseT 5Play as a whole.

The aim was to introduce HDBaseT technology in general, as well as to point the technology it utilizes. The work introduced the consumer market and the business market HDBaseT solutions and were taken into account their cost-effectiveness.

In this work, information and pictures in paragraph four provided by Valens Semiconductor is classified. This section will not be published. Confidentiality agreements have been portrayed in the appendices.

Key words: hdbaset, lan, a/v systems

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	HDBaseT.....	9
	2.1. Allianssi.....	10
	2.2. 5Play™-tekniikka.....	11
	2.2.1 Video.....	11
	2.2.2 Ääni.....	11
	2.2.3 Sähkönsyöttö.....	12
	2.2.4 Kontrollointi.....	12
	2.2.5 Verkkoyhteys.....	12
3	TEKNIikka.....	13
	3.1. HDMI-standardi.....	13
	3.1.1 HDMI-kontrollisignaalit.....	13
	3.1.2 TMDS-signaalit.....	14
	3.2. Ohjaus.....	15
	3.2.1 PDIF-käyttöliittymä.....	15
	3.2.2 RS-232-porttiohjaus.....	15
	3.2.3 CIR-ohjaus.....	15
	3.3. PoE-tekniikka.....	16
	3.3.1 PoE-standardi.....	16
	3.3.2 HDBaseT ja Power over Ethernet.....	17
	3.4. Ethernet.....	19
	3.4.1 LAN.....	20
	3.4.2 Kaapelointi.....	21
	3.4.3 Reititysprotokollat.....	21
	3.4.4 Modulointi.....	22
	3.4.5 Rajapinnat.....	24
4	VALENS MIKROPIIRIT.....	27
5	KULUTTAJAMARKKINAT.....	27
	5.1. Esimerkkiympäristöt.....	27
	5.1.1 Point-to-Point-menetelmä.....	27
	5.1.2 Kotiteatterijärjestelmä.....	28
	5.1.3 Verkkokäyttöympäristö.....	29
6	YRITYSMARKKINAT.....	31
	6.1. Koulut.....	31
	6.2. Hotelliala.....	32
7	KUSTANNUSTEHOKKUUS.....	33

8	VERKON TURVALLISUUS	34
	8.1. Ylläpito	34
	8.2. Häiriötekijät	34
9	POHDINTA.....	37
	LÄHTEET.....	38
	LIITTEET	40
	Liite 1. Non-Disclosure Agreement	40
	Liite 2. Confidentiality agreement.....	42

LYHENTEET JA TERMIT

100BaseT	Fast Ethernet –standardi
10GBaseT	Ethernet suojaamattomassa parikaapelissa
2K/4K	Horisontaalisen resoluution määritelmä
BER	Bittien virhemäärä
CEC	Consumer Electronics Control, osa HDMI-käyttöliittymän spesifikaatiota
COL	Collision Detect, törmäyksien tunnistus
CRS	Carrier Sense, siirtotien tunnistus
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection, tietoliikenteen siirtotien varausmenetelmä
CTS	RS-232-liitynnän Clear To Send -signaali
Dolby Digital	Dolbyn kolmannen sukupolven häviöllinen audiokoodekki ja -formaatti
Dolby True HD	Dolbyn kehitelemä kehittynyt, häviötöntä pakkausta käyttävä audiokoodekki ja –formaatti
DTS HD-Master Audio	DTS:n kehittämä häviötön audiokoodekki ja –formaatti
DTS	Digital Theater Systems, kaupallisia audioformaatteja kehittävä yritys
EDID	Extended Display Identification Data, standardi näyttölaitteiden tietojen jakamiseen
EPG	Electronic Program Guide, elektroninen ohjelmaopas
Fast Ethernet	Yleisnimitys kaikille 100 Mbit/s siirtäville Ethernet-teknikoille
FPGA	Field-programmable gate array, digitaalinen mikropiiri, jonka sisältämä logiikka voidaan ohjelmoida helposti uudelleen
Full HD	Markkinointitermi täysteräväpiirtoformaatile
GPIO	General Purpose I/O, yleiskäyttöinen portti mikrokontrolleissa ja mikroprosessoreissa
HDCP	High-Bandwith Digital Content Protection, digitaalisten käyttöoikeuksien salausmenetelmä
HDMI	Kuvan ja monikanavaäänänen siirtämiseen suunniteltu digitaalinen näyttölaitteiden liitännästandardi

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, kansainvälinen tekniikan alan järjestö
LCD	Liquid Crystal Display, ohut ja kevyt näyttölaite
LED	Light-Emitting Diode, puolijohdekomponentti joka säteilee valoa
MAC	Media access control address, verkkokortin fyysinen osoite
PDA	Personal digital assistant, kämmentietokone
PDF	Ohjelmoitavan datan käyttöliittymä
PHY	Lyhenne fyysisen kerroksen OSI-malliin
RS-232	tiedonsiirtostandardi, joka määrittelee miten tietoa siirretään sarjamuotoisesti kahden eri laitteen välillä
RX	Receiver, vastaanotinosa
RXDV	Receive data valid signal, aktivointisignaali
TMDS	Traditional Minimized Differential Signaling, tekniikka jolla voidaan siirtää suuria määriä dataa suojatussa kaapelissa
TX	Transmitter, lähetysoasa
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter, sarjaliikennepiiri

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on esitellä HDBaseT-tekniikkaa. Työssä käsitellään Ethernet-ympäristössä toimivaa signaalinsiirtotekniikkaa.

Uuden tekniikan tuominen markkinoille on haastavaa. Tämän vuoksi tekniikan täytyy olla kustannustehokas ja helppokäyttöinen ratkaisu käyttäjälle. Usein näissä tapauksissa tuodaan markkinoinnissa esille vain pintapuolisesti tuotteen tekniset ominaisuudet, jotta tuote olisi helpompi myydä. Tässä työssä tuodaan syvällisemmin esille HDBaseT-tekniikan tietoliikennetekniikkaa sekä audiovisuaalisia standardeja.

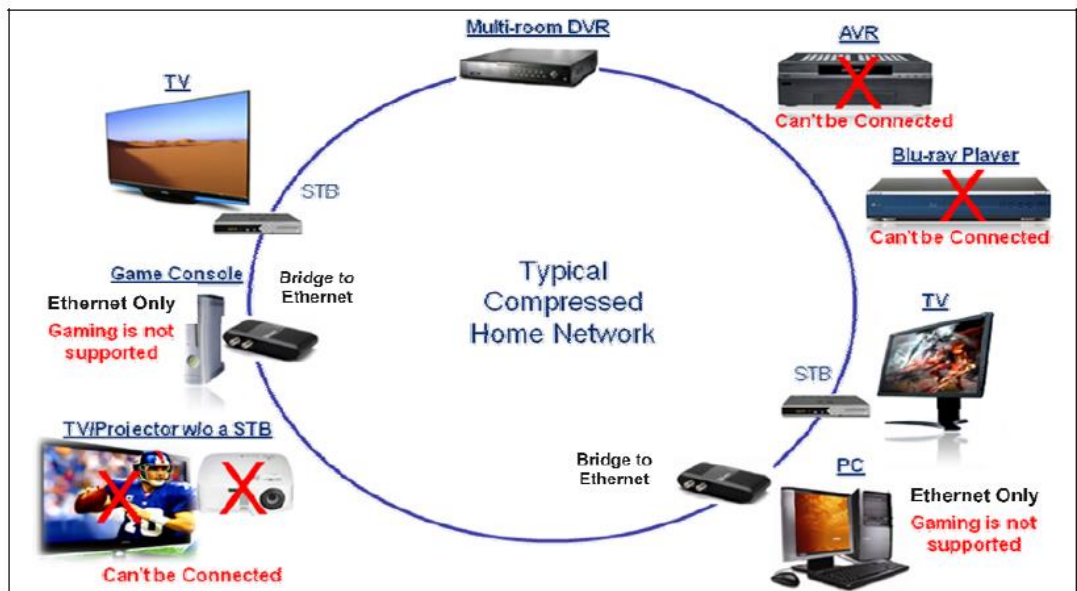
Työssä tutkitaan HDBaseT-tekniikan käyttömahdollisuuksia eri ympäristöissä, ja otetaan esille kustannustehokkuuden huomioiminen asennettaessa uusia järjestelmiä. Pääosin työssä esitellään HDBaseT-tekniikan eri osa-alueita ja niiden teknisiä ominaisuuksia.

Työn alussa esitellään HDBaseT-tekniikka yleisellä tasolla ja käydään läpi sen kuluttajalle näkyviä toimintoja. Teknisessä osuudessa esitellään eri standardeja ja niiden käyttöä HDBaseT-tekniikan toteuttamisessa.

Työn tavoitteena on luoda laaja-alainen kuva lukijalle HDBaseT-tekniikasta, riippumatta siitä onko lukija ammattilainen vai ei.

2 HDBaseT

Tämän hetken viihde-elektronikkateollisuudessa eri valmistajat pyrkivät omanlaisiinsa käyttäjäystävällisiin ratkaisuihinsa tuomalla standardisoituja kaapelointejaan yhdistääkseen suuria määriä laitteita yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi. Osa näistä ratkaisuista on suosittuja Pohjois-Amerikassa, toiset taas pärjäävät paremmin Euroopan markkinoilla. Monet näistä käyttävät ratkaisuissaan kompressoituja signaaleja kaistanleveyksien kustannuksella. Tällöin kompressoimattomien, teräväpiirtosignaalien esittäminen on mahdotonta. Kuvassa 1 esitetään tyyppinen kompressoitu kotiverkkojärjestelmä.



KUVA 1. Kompressoitujen kotiverkkojärjestelmän rajoitukset (HDBaseT Alliance 2011a)

Kuluttajaelektronikkavalmistajien ja sisällöntuottajien tuella HDBaseT mullistaa pakkaamattoman multimedian jakamisen yhden LAN-kaapelin kautta.

2.1. Allianssi

Kesäkuussa 2010 HDBaseT Alliance muodostettiin LG Electronics, Samsung Electronics, Sony Pictures Entertainment ja Valens Semiconductor -yritysten toimesta edistämään ja kaupallistamaan HDBaseT™ -tekniikkaa. HDBaseT mahdollistaa yhden LAN-kaapelin korvaamaan useita kaapeleita ja liittimiä kodin viihde-elektroniikka- ja liiketoimintaympäristöissä.

HDBaseT on optimoitu videosovelluksille, ja sillä voidaan liittää kaikki viihdelaitteistot 5Play-ympäristössä tarjoamalla pakkaamatonta Full HD -videota, ääntä, 100BaseT Ethernet -yhteyden, tehoa ja useita eri ohjaussignaaleja.

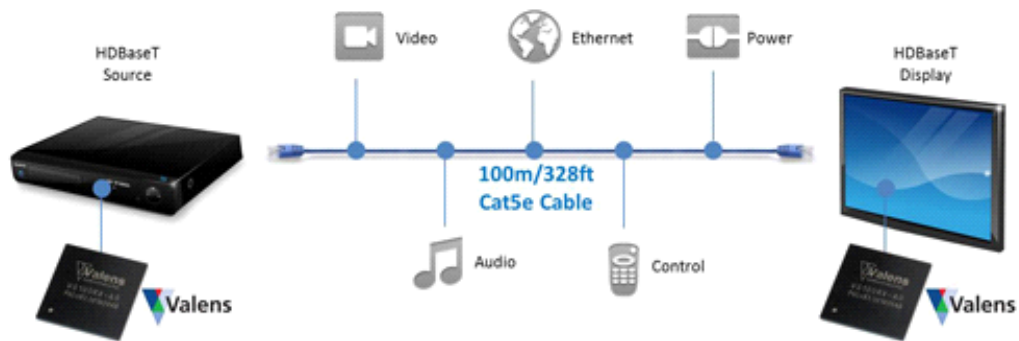
Allianssi pyrkii mahdollistamaan ja edistämään nopeaa saatavuutta, kustannustehokkuutta, sekä yhteentoimivia ja standardeihin perustuvia HDBaseT -tuotteita.

Allianssin standardisoinnit kattavat kokonaisvaltaisesti digitaalisen median ekosysteemit ja eri markkinasegmentit, kuten televisiot, projektorit, ammattikäytön AV-laitteistot, kotiteatterit, sisällöntuottajat, IT-yritykset ym.

HDBaseT-tekniikkaa tukevat jäsenet ovat olennainen osa määriteltäessä tulevaisuuden multimedian käytön ja tiedonsiirron kulutuselektroniikkaa sekä sisällöntuottajien teollisuudenaloja. (Valens. HDBaseT Alliance.)

2.2. 5Play™-tekniikka

Tekniikka on rakennettu hyödyntämään standardin CAT5e/6 LAN -kaapelin ominaisuuksia käyttäen yleisiä RJ-45-liitäntöjä. Tällöin käyttäjät pystyvät suunnittelemaan asennuksensa ilman ylimääräisiä laitteistoja käyttäen jo ennalta tehtyjä verkkokaapelointeja. Maksimipituus päätelaitteiden välillä on 100 m.



KUVA 2. 5Play-tekniikka (Valens. Consumer Electronics)

2.2.1 Video

HDBaseT tukee standardeja TV- ja PC-videoformaatteja, kuten Full HD/3D ja 2K/4K-pakkaamatonta kuvaa, jota se pystyy siirtämään suoraan päätelaitteille käyttämällä point-to-point-yhteyttä, tai lähettämällä sen rakennettuun verkkoon. Siirto perustuu HDMI-piirisarjan pass-through-ominaisuuteen, jolloin se sallii myös muiden hyödyllisten ominaisuuksien kuten EPG, CEC, EDID ja HDCP siirtämisen signaalin yhteydessä.

(Valens. Introducing HDBaseT.)

2.2.2 Ääni

Samalla tavoin kuin videon siirrossakin, ääni pystytään siirtämään suoraan hyödyntämällä HDMI-piirisarjan pass-through-ominaisuutta. Tällöin HDBaseT tukee yleisiä äänistandardeja kuten Dolby Digital, DTS, Dolby TrueHD, DTS HD-Master Audio ja useita muita.

2.2.3 Sähkösyöttö

Osana 5Play-ominaisuutta HDBaseT tukee tasavirran syöttöä läpi standardin CAT5e/6-kaapelin aina 100 W asti. Tämä ominaisuus antaa mahdollisuuden kytkeä laitteistoja ilman erikseen asennettavaa pistorasiaa. Tällöin saadaan vapautta ja liikkuvuutta suunniteltaessa uusia A/V-kokonaisuuksia; esimerkiksi voidaan syöttää sähköä etäälle päätelaitteesta asennettavaan televisioon. (Valens. Introducing HDBaseT.)

2.2.4 Kontrollointi

HDBaseT pystyy kuljettamaan erityyppisiä kontrollisignaaleja eri tarkoituksiin, kuten Consumer Electronic Controls (CEC), Recommended Standard (RS)-232, USB ja infrapuna (IR) (Valens. Introducing HDBaseT). Näiden signaalien avulla pystytään helposti muokkaamaan asetuksia ja valvomaan etäyhteydellä laitteistoympäristön toimivuutta. Edellä mainittujen signaalien ominaisuuksia tullaan käsittelemään tarkemmin työn myöhemmässä osuudessa.

2.2.5 Verkkoyhteys

HDBaseT tukee 100 Mb Ethernetin ominaisuuksia mahdollistaen televisioiden, hi-fi -laitteiden, tietokoneiden ja muiden kuluttajaelektronikkalaitteiden kommunikoinnin toistensa kanssa. Tällöin voidaan hyödyntää myös laitteille tallennettujen tiedostojen, kuten videoiden, kuvien ja musiikin lukemista ja toistamista (Valens. Introducing HDBaseT). HDBaseT käyttää samaa koodausteknologiaa ja fyysistä siirtomediaa kuin Ethernet-tekniikka, mutta se ei silti ole pelkästään pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu. HDBaseT ainoastaan hyödyntää samaa kustannustehokasta CAT-infrastruktuuria.

3 TEKNIikka

Seuraavassa osiossa tutkitaan tarkemmin eri osa-alueita ja tekniikoita, joita käytetään HDBaseT-tekniikan toteuttamisessa. Kaikissa kohdissa esitellään käytettävät standardit tai niiden osat.

3.1. HDMI-standardi

HDMI (High Definition Multimedia Interface) on kuvan ja monikanavaäänen siirtämiseen suunniteltu digitaalinen näyttölaitteiden liitäntästandardi, joka julkaistiin vuonna 2002. Siihen sisältyy fyysinen liitin ja kaapeli sekä määrittäykset, joiden mukaan dataa siirretään laitteiden välillä. (HDMI 2013.)

HDMI-kaapelissa video kulkee pakkaamattomana datana TMDS-signaalitekniikan avulla. HDMI-liittimien tiedonsiirtokapasiteetti on kasvanut uusien standardiversioiden myötä: 1.0-versio (165 MHz ja 4,9 Gb/s) pystyi Full HD -teräväpiirtokuvan välittämiseen, kun taas 1.3-versio (340 MHz ja 10,2 Gb/s) pystyy jo välittämään tarkempaa resoluutiota kuin, mitä tällä hetkellä markkinoilla olevat monitorit kykenevät näyttämään.

28. toukokuuta 2009 julkaistiin HDMI-standardin versio 1.4. Sen mukaan HDMI-kaapeleilla voidaan luoda Ethernet-lähiverkkoja, ja HDMI-laitteet voivat lisäksi jakaa Internet-yhteytensä muille kytketyille laitteille. (HDMI 2013.)

3.1.1 HDMI-kontrollisignaalit

HDMI-käyttöympäristössä on olemassa kahta eri signaalityyppiä. Ensimmäinen näistä sisältää kaikki TMDS-signaalit: differential data -signaalit ja differential-kellosignaalin. Toiseen tyyppiin sisältyy kaikki HDMI-kontrollisignaalit, jotka on määritelty HDMI 1.4 -standardissa. (DDC, 5V, HPD, CEC). (Valens. VS 100 Product Family Datasheet 2012.)

- HPD: Tämä signaali on vastaanotinpuolen ulostulosignaali, joka lähetetään kohti lähettinosaa. Signaalin tarkoituksena on ilmaista, että vastaanottimen E-EDID -muisti on valmiina lukemaan.

- 5V: Tämä signaali on lähetinpuolen ulostulo. HDMI-lähetinlaitteiden tulee vahvistaa +5V jännitesignaali aina, kun käytetään DDC- tai TMDS-signaaleja.
- CEC: Linjaa käytetään HDMI-kytkettyjen laitteiden kontrollointiin. Tässä työssä myöhemmin esiteltävien mikropiirien tapauksessa tulee käyttää erillistä ulkoista ylösvetovastusta HDMI 1.4 -standardin mukaisesti.
- DDC: Tämä on kaksisuuntainen, kaksikaapelinen, I2C-kytkentä, jota käytetään HDMI-kontrollointiin.

3.1.2 TMDS-signaalit

Tämä ryhmä sisältää neljä paria yksisuuntaisia differentiaalisignaaleja. Kolme paria differentiaalisignaaleja käytetään HDMI-sarjamoitoisen datan siirtämiseen. Tieto siirretään lähetimen PHY-siruun OSI-mallin mukaisesti. Tiedon nopeus TMDS-datalinjassa voi ylittää aina 3,4 GHz asti. Neljäs differentiaalipari on TMDS-kello, jonka generoi HDMI-lähetin. Kellosignaalin taajuus on yksi kymmenesosa varsinaisen sarjamoitoisen datan nopeudesta. HDMI:n PHY-vastaanotin käyttää tätä signaalia luodakseen sarjamoitoisen kellon, jota käytetään HDMI-datan takaisin saamiseen.

Valensin VS 100 mikropiirin HDMI-lähetinosa sisältää erityistä logiikkaa, joka on sovitettu käsittelemään TMDS-signaalien laajaa kaistanleveyttä ja eripituisia HDMI-kaapeleita säilyttääkseen signaalin laadun esim:

- TMDS-ajurin muokattava signaali korostaa ominaisuuksia
- VS 100 -lähetin tukee kaksinkertaisen päättämisen
- VS100 -mikropiirin HDMI-vastaanotin käyttää sisäistä, mukautuvaa tasainta parantaakseen signaalin havaitsemisen ominaisuuksia. Tämä prosessi suoritetaan automaattisesti, kun vastaanottimen virta kytketään päälle, ja optimaalinen tasain on valittu BER-testauksen mukaisesti.
- Vastaanotin käsittelee myös kahdentyyppisiä päättämisominaisuuksia; AC- ja DC-päättäminen. (Valens. VS 100 Product Family Datasheet 2012.)

3.2. Ohjaus

3.2.1 PDIF-käyttöliittymä

Ohjelmoitavaa datan käyttöliittymää (PDIF) käytetään siirtämään alhaisen kaistanleveyden kommunikaatioinformaatiota HDBaseT-linkille. Käyttöliittymä on yleisen käytön rajapinta, eikä se käytä mitään erityistä kommunikointiprotokollaa. PDIF-käyttöliittymää käytetään helpottamaan tiedon siirtoa infrapuna (IR), UART (RS232) ja kahden muun yleiseen käyttöön tarkoitettujen kanavien kautta HDBaseT-linkin yli. (Valens. VS 100 Product Family Datasheet 2012.)

3.2.2 RS-232-porttiohjaus

RS-232 on tiedonsiirtostandardi, joka määrittelee, miten tietoa siirretään sarjamoitaisesti kahden eri laitteen välillä. RS-232 pitää sisällään määriykset tiedonsiirtoon käytettävistä kaapeleista, liittimistä ja tavasta, jolla tietoa siirretään laitteiden välillä. (After-Dawn 2013.)

HDBaseT-tekniikalle mikropiirejä valmistava Valens on määritellyt baudinopeuden 9200, kun käytetään Low Power -tilaa. Kun siirrytään aktiiviseen HDBaseT-tilaan, maksimi baudinopeus on 115200. RS232 käyttää tässä tilassa kellotaajuutta 1,62 MHz. (Valens. VS 100 Product Family Datasheet 2012.)

3.2.3 CIR-ohjaus

Consumer IR-, kuluttaja-infrapuna-, tai CIR viittaa monenlaisiin laitteisiin, jotka käyttävät infrapunaa sähkömagneettista spektriä langattomaan viestintään. Yleisimmin näitä löytyy televisioiden kaukosäätimistä. Infrapunaportit ovat yhtä läsnä kulutuselektronikassa kuin PDA:t, kannettavat tietokoneet ja kotitietokoneet. CIR:in toimivuus on yhtä laaja kuin on kulutuselektronikka, joka sitä käyttää. Esimerkiksi television kaukosäätimellä voi välittää "kanava ylös" komennon, kun tietokone voisi surffata internetissä yksinomaan CIR:in kautta. Välitettävän tiedon tyyppi, nopeus, kaistanleveys ja voima riippuvat erityisesti CIR:issä käytettävästä protokollasta.

CIR-protokollat eivät suurimmaksi osaksi ole standardoituja. Tietokoneet ja yleiskaukosäätimet usein muistavat ulkoa bittivirran kompressoituna sekä mahdollisesti ilman, että ne määrittelevät bittinopeuden, ja vain toistavat sen suoraan. Tällöin tulee ongelmaksi valmistajien ennalta määritetyt komentosarjat, jotka on asennettu säätimien siruille. Näin eri kaukosäätimien komentosarjat menevät herkästi päällekkäin ja ne aiheuttavat vääriä komentosarjoja. (Consumer IR 2013.)

Valensin VS 100 -mikropiireissä CIR-signaali, joka on sisällytetty PDIF-pinniin, ei ole moduloitu. Jotta taataan yhteensopivuus ja CTS-vaatimus, tulee CIR-signaali olla ”ei-moduloituna” kaikissa toimintamooeissa. (Valens. VS 100 Product Family Datasheet 2012.)

3.3. PoE-tekniikka

Power over Ethernet eli PoE on tekniikka, jolla voidaan syöttää käyttöjännite päätelaitteelle kierretyn parikaapelin, CAT5/CAT6 avulla.

Jotta virransyöttö olisi mahdollista, tarvitaan PoE-kytkin (tai HUB). Kytkin syöttää jännitteen joko parikaapelin käyttämättömien pariin kautta tai datan seassa kaapeliin. Molempien käyttö yhtä aikaa on kielletty standardissa 802.3at, mutta ainakin PoE+-yhteensopivan laitteen tulee osata vastaanottaa käyttöjännite kummalla tavalla tahansa. Parikaapeliin syötetty jännite vaihtelee 44-57 voltin välillä riippuen tapauksesta ja häviöistä. Liitettävä laite muodostaa tästä PoE-jännitteestä sopivan käyttöjännitteen. (Power over Ethernet 2013.)

Liitettävien laitteiden on oltava PoE-yhteensopivia. Liitettävä laite (PD = Powered Device) tulee tunnistaa fyysisellä tasolla, lisäksi PD:n on ilmoitettava teholuokkansa ennen syöttöjännitteen kytkeytymistä. (Power over Ethernet 2013.)

3.3.1 PoE-standardi

IEEE-standardi PoE:lle edellyttää CAT5-kaapelia tai korkeamman luokan kaapelia suurimmille tehotasoille. Se voi toimia CAT3-kaapelin kanssa, jos tarvitaan vähemmän tehoa. Teho syötetään yleisessä tilassa kahden tai useamman johdinparin lävitse, jotka löytyvät Ethernet-kaapelista. Teho voi olla lähtöisin PoE-yhteensopivan verkkolaitteen

virtalähteestä, kuten esimerkiksi Ethernet-kytkimestä. Teho voidaan myös syöttää kaapeliin keskikohdan jatkoksella asentamalla erillinen virtalähde. Alkuperäisen IEEE 802.3af-2003 PoE-standardi tarjoaa jopa 15,4 W jokaiselle laitteelle (DC minimi 44 V ja 350 mA). Vain 12,95 W on varmistettu olevan saatavilla laitteelle, koska osa tästä tehosta tuhlautuu kaapeliin.

Päivitetty IEEE 802.3at-2009 PoE-standardi tunnetaan myös PoE + tai PoE plus, joka tarjoaa jopa 25,5 W tehon. Standardi kieltää laitteita käyttämästä jokaista neljää paria tehon siirtoon. (Power over Ethernet. Standard development 2013.)

3.3.2 HDBaseT ja Power over Ethernet

Sähkön siirtäminen laitteesta toiseen on kasvava tarve kuluttajien käyttäessä useampia elektroniikkalaitteita kodeissaan. Käyttämällä HDBaseT-teknologiaa voidaan viedä 100 W sähköä standardilla LAN-kaapelilla aina 100 metriin asti ilman ylimääräisiä virtalähteitä. Esimerkiksi tämän päivän tyypillinen 40 tuuman LED TV vaatii noin 70W tehoa.

Viimeisellä tarkastuskierroksella (11.7.2012) olevaan Energy Star 6.0 -spesifikaatioon on annettu laskentakaava TV-maksimitehon vaatimukselle. Ohessa esimerkki 60 tuuman television maksimiteholle käytettäessä "On Mode" -tilaa ilman automaattista kirkkauden säätöä. Kaavalla (1) laskettuna saadaan maksimitehonkulutukseksi noin 98,7 W.

$$P_{ON_MAX} = 100 \times \tanh[0,00085 \times (A - 140) + 0,052] + 14,1 \quad (1)$$

jossa:

P_{ON_MAX} on maksimi sallittu "On Mode Power" -tehokulutus

A on tuotteen näytön katselualue neliötuumissa

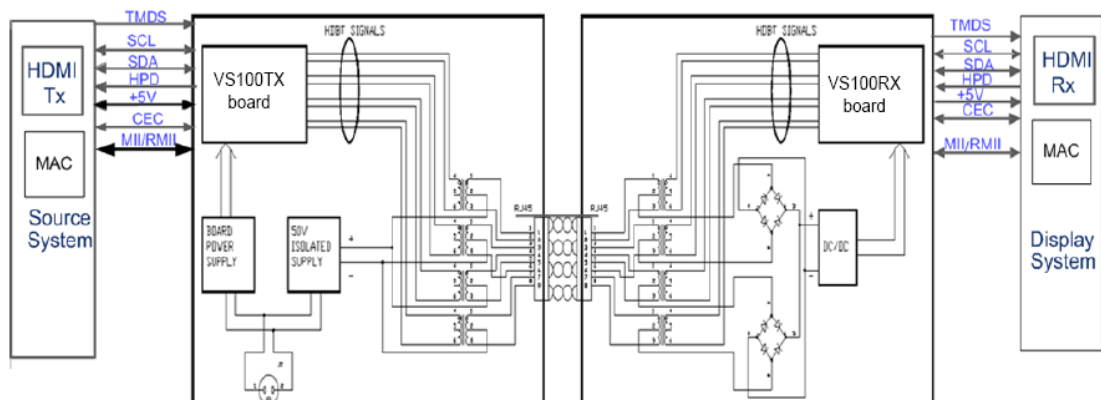
\tanh on hyperbolinen tangenttifunktio. (ENERGY STAR 2012, 6.)

HDBaseT-tekniikan PoH määrittää maksimitehoksi 100 W, joten tässä tapauksessa se riittää 60 tuuman television tehon syöttämiseen. LCD- ja LED-televisiot lähestyvät kovaa vauhtia yhden watin tehoa aina yhtä tuumaa kohden (1W/1"). Näillä tasoilla HDBaseT-tekniikalla on runsaat voimavarat tukemaan isojakin näyttöjä.

HDBaseT:n sähkönsyöttöominaisuudet ratkaisevat myös ongelman, jonka laitevalmistajat ovat havainneet ohuiden ja kevyiden seinään asennettavien näyttöjen tapauksissa. Näissä ongelmana on nähty vaikeat ja monimutkaiset AC-DC ja DC-DC -virtaliitokset. HDBaseT korvaa nämä liitokset yhdellä yksinkertaisella kaapeli/liitin-yhdistelmällä, jolloin esim. seiniin asennettavat näytöt eivät tarvitse erillistä virtalähdettä.

PoH (Power over HDBaseT) -tekniikka tuo uusia mahdollisuuksia sähkönkulutuksen ja tehokkuuden hallintaan. Tämän vuoksi PoE-tekniikka onkin yhtenä tärkeimpänä osana HDBaseT-tekniikan kehittämisessä ja uusien spesifikaatioiden luomisessa. (HDBaseT Alliance. 2011b, 4.)

Tyypillisessä POH-installaatiossa PSE (Power source equipment) on asennettuna, ja se saa sähkönsä 50-57 V DC-lähteestä. Jokainen PD (powered device) saa sähkönsä suoraan HDBaseT-linkin kautta neljän CAT-kaapeliparin läpi. Nelipari-sähkönsyöttö on avainasemassa, kun sähköä pyritään viemään mahdollisimman suurella tehokkuudella ja hyötysuhteella. Viimeisimmässä PoE-standardissa on määritelty nelipari-sähkönsyöttö, joka antaa liitettävälle laitteelle kaksinkertaisen määrän sähköä verraten edelliseen kaksiparikaapeliratkaisuun. (HDBaseT Alliance. 2011b, 4.) Nykyinen standardi käyttää kaikki Ethernet-kaapelin parit hyväkseen mikä nähdään kuvassa 3.



KUVA 3. Neli-pari sähkönsyöttö (Valens. VS 100 Product Family Datasheet 2012)

PoE-teknologia on parannettu PoH-spesifikaatiota ajatellen lisäämällä virran määrää per kaapelipari lähes 1 ampeeriin (A). Tämä mahdollistaa PoH-teknologian siirtämään 100 W tehoa per portti jatkuvana DC-tehona HDBaseT-linkin päästä päähän. Toisin kuin PoE-spesifikaatiossa, jossa PD:n täytyy olettaa jatkuvasti pahin-mahdollinen-kaapelointi -tilanteen olevan päällä, PoH mahdollistaa PD:n tunnistamaan kaapeleiden pituuden ja vastuksen antaen näin mahdollisuuden parempaan tehonsyöttöön aina 100 W asti. (HDBaseT Alliance. 2011b, 5.)

3.4. Ethernet

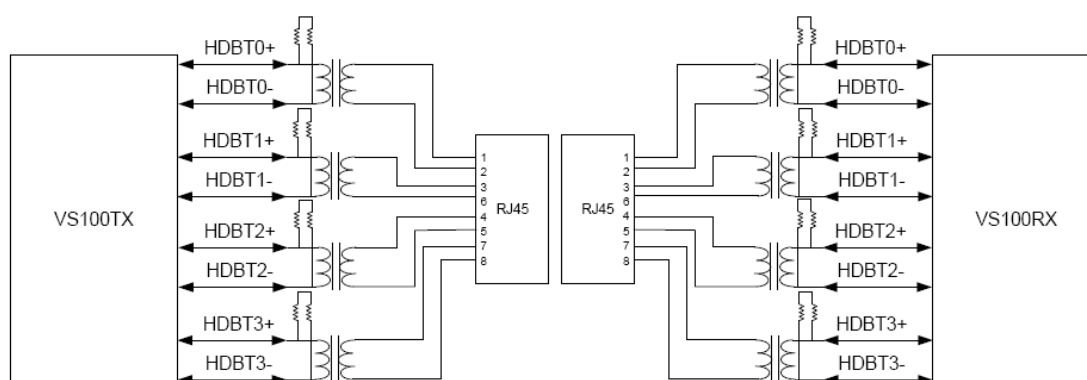
Ethernet on pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu, joka on yleisin laajasti hyväksytty lähiverkkotekniikka. Nykyään nimitys Ethernet viittaa joukkoon lähiverkkojen toteutus-tapoja, jotka käyttävät CSMA/CD-kilpavaraustekniikkaa jakaessaan siirtotien työasemi-en kesken. Ethernet toteuttaa OSI-mallin kerrokset 1 ja 2 (fyysinen kerros ja siirtoyh-teyskerros). IEEE on standardoinut Ethernet-teknikoita 802.3-työryhmässä. (Ethernet 2013.)

Ethernetin vaiheet

Ensimmäistä Ethernet verkkoa alettiin kehittää Xeroxin Palo Alton tutkimuskeskukses-sa vuonna 1972. Alun perin verkon siirtonopeutena käytettiin 2,94 Mb/s. Laajemmin Ethernet-verkkoa alettiin käyttää 1980-luvulla. Aluksi käytettiin halkaisijaltaan yli 10 mm vahvuiseen koaksiaalikaapeliin perustuvaa Ethernet-versiota. Vuonna 1985 hyväk-syttiin ohuempaa ja halvempaa kaapelia käyttävä versio. Seuraavaksi tuli 10BaseT, joka oli halpaa CAT3-parikaapelointia käyttävä versio. (Web-opas 2011.)

Vuonna 1995 saavutettiin 100 Mbit/s siirtonopeus, joista 100BaseTX on jäänyt käyt-töön. Siirtonopeuden kasvu perustui paitsi parempiin verkkolaitteisiin ja laadukkaam-piin kaapeleihin (CAT5), niin ennen kaikkea verkon rakenteen muuttumiseen. Etherne-tissä alun perin käytetty väylärakenne oli muuttunut tähtimäiseksi. (Web-opas 2011.)

Vuonna 1998 kehitettiin versio GigabitEthernet, jossa 1 Gb/s nopeus saavutettiin ottamalla käyttöön pidemmät kehykset, tehostamalla siirrossa käytettävää koodausta, siirtymällä half-duplexiin ja lisäämällä PAM-modulaatioon kaksi uutta jännitetasoa. Nykyisin käytössä on jo 10 Gb/s Ethernet, joka tuki aluksi vain valokuituyhteyksiä, mutta nyt käytössä on jo useampi standardi myös kuparikaapeleille. (Web-opas 2011.) HDBaseT hyödyntää jo olemassa olevia standardeja ja se käyttää päätelaiteen tarjoamaa nopeutta sellaisenaan. Kuvassa 4 on esitettyä HDBaseT:n ja Ethernetin kaapelointiratkaisu verkkoympäristössä.



KUVA 4. HDBaseT ja Ethernet (Valens. VS 100 Product Family Datasheet)

3.4.1 LAN

Lähiverkolla (local area network, LAN) tarkoitetaan tietoliikenteessä verkkoa, joka on maantieteellisesti rajattu. LAN on pienehkön alueen sisäistä tietoliikennettä toteuttavaa ja suureen siirtokapasiteettiin pystyvä verkko, joka on yleensä yhden organisaation hallinnassa. Lähiverkko koostuu kaapeleista, verkkolaitteista, työasemista, palvelimista, ohjelmistoista sekä verkon palveluista. (Lähiverkot.)

3.4.2 Kaapelointi

HDBaseT-tekniikka hyödyntää jo olemassa olevia kaapeliratkaisuja. Tällä hetkellä suosituksena on käyttää suojattuja parikaapeleita laitteiden välillä. Koska HDBaseT-tekniikka perustuu pääosin juuri CAT-kaapelin rakenteen ympärille, on erittäin tärkeää valita oikea laadukas kaapeli, jotta voidaan varmistaa signaalin tehokas siirtäminen. HDBaseT-allianssin sivuilla on esitetty käyttöön suositeltavia kaapeleita, jotka ovat läpäisseet HDBaseT 1.1 -sertifiointin vaatimukset. Kaapeleiden testaukset ovat suurena osana HDBaseT-teknologiaa, ja siksi myös ulkopuoliset valmistajat tekevät omia testauksiaan eri toimintaympäristöihin varmistukseksi oman tuotteen laadun. Tästä on esimerkki työn myöhemmässä vaiheessa.

3.4.3 Reititysprotokollat

TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) on usean Internet-liikennöinnissä käytettävän tietoverkkoprotokollan yhdistelmä. IP-protokolla on alemman tason protokolla, joka vastaa päätelaitteiden osoitteistamisesta ja pakettien reitittämisestä verkossa. Sen päällä voidaan ajaa useita muita verkko- tai kuljetuskerroksen protokollia, joista TCP-protokolla on yleisin. Se vastaa kahden päätelaitteen välisestä tiedonsiirtoyhteydestä, pakettien järjestämisestä ja hukuneiden pakettien uudelleenlähetyksestä. (TCP/IP 2013.)

HDBaseT ei tällä hetkellä pysty hyödyntämään reititysprotokollia ominaan. Tämä rajoittaa tietyltä osin tiedon siirtämisen, esim. pitkien siirtojen tapauksessa. Jotta TCP/IP-protokollaa voidaan käyttää tiedon siirron yhteydessä, joudutaan käyttämään reitittämiä, jotka omalta osaltaan käsittelevät tietoa. Koska protokollien käyttö ei ole HDBaseT-tekniikassa vielä mahdollista, turvaudutaan yksinkertaisempaan ratkaisuun, jossa lähe-tyksessä luotetaan tiedon stabiilisuuteen lähettämällä data sellaisenaan ilman erillistä käsittelyä reitittämissä. Tässä tapauksessa siis ratkaisu on kytkin. Tämä puolestaan antaa mahdollisuuden jatkaa yhteyksiä kahdeksalla eri kytkimellä luomalla tähtitopologiamallisen verkon. Käytännössä ei siis ole mahdollista vielä tässä vaiheessa siirtää sisäverkon ulkopuolelle verkkoyhteyttä. Valensin markkinointipäällikkö Daniel Adler kertoo, että heillä ei vielä ole reititysmahdollisuutta nykyisessä spesifikaatiossa, mutta he ovat kehittämässä sitä seuraavaan versioon.

” HDBaseT is using its own framing and packeting in the PHY and Logical Link Layer. On top of it you can today utilize different interfaces such as TMDS (for HDMI 1.4) or Ethernet (Fast Ethernet) which on top you can carry IP. In the current spec (1.0) routing of HDBaseT packets is not supported but we do plan to add it to our next versions and hopefully introduce it already in spec 2.0.” (Adler 2013.)

3.4.4 Modulointi

Modulointimenetelmät ovat keinoja lähettää tietoa siirtotien, esimerkiksi radioaaltojen tai parikaapelin välityksellä. Moduloinnilla siirrettävä tieto sovitetaan siirtotielle. Nykyään yhä useammin moduloitavat viestit ovat digitaalisia. Yksinkertaisin modulointi on lähettää yhdellä ja samalla kantoaaltotaajuudella, ja välittää viesti katkomalla tätä kantoaaltoa (CW, Continuous Wave). Vanhin esimerkki on sähkötyös Morsen aakkosilla, mutta tekniikkaa käytetään myös esimerkiksi tiedon välittämiseen Ethernet-verkossa tai valokaapelissa. (Modulaatio (elektroniikka) 2013.)

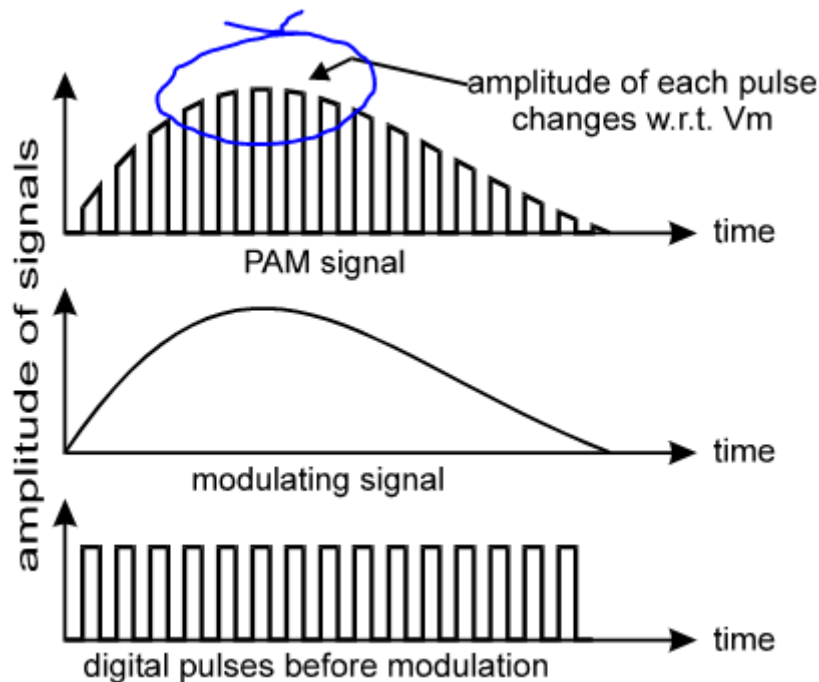
Pulssiampplitudimodulaatio, lyhenne PAM, on signaalimoduloinnin yksi muoto, jossa informaatio on koodattu signaalipulssisarjan amplitudiin. Se on analoginen pulssimodulointimenetelmä, jossa kantoaallon amplitudi vaihtelee viestisignaalin näytteenoton mukaan.

Esimerkki: kahden bitin modulaattori (PAM-4) ottaa kaksi bittiä kerrallaan ja kartoittaa signaalin amplitudin neljästä mahdollisesta tasosta, esimerkiksi -3 voltia, -1 voltia, 1 voltin, ja 3 voltia. Demodulointi suoritetaan havaitsemalla amplituditaso kantoaallon jokaisen symbolin periodin aikana.

PAM-moduloinnin luonti

Signaalista otetaan näytteitä säännöllisin väliajoin, ja kukin näyte on tehty signaalin suuruuteen verrannolliseksi. Nämä näytteenottopulssit voidaan sitten lähettää, joko suoraan kanavan kautta vastaanottopäähän, tai ne voidaan moduloida käyttäen kantoaaltoa ennen lähetystä.

PAM-signaalin tuottamista varten käytetään flat top -tyyppistä PAM-järjestelmää, koska lähetysten aikana kohina häiritsee lähetysten pulssin yläosaa.



KUVA 5. Pulssiampitudimodulaatio (Pulse amplitude modulation pam 2011)

HDBaseT ja PAM

Useimmat nykyiset HDMI-jatkajat yksinkertaisesti "laajentavat" HDMI-signaalit läpi CAT5- tai CAT6-parikaapelin. Nämä ratkaisut ovat alttiita kaikille sähköisille häiriöille, jotka yhdistetään tapaan viedä suurtaajuussignaaleja pitkillä kaapelivedoilla. Toinen kaapeleista yleensä kuljettaa kaikki kättelysignaalit (kustomoitu elektroniikka ylläpitää signaalin eheyden) sekä pienitehoisen virtasignaalin, jolla pyöritetään HDMI-vastaanottimen elektroniikkaa. Toinen taas siirtää kaikki video-, ääni- ja kello-signaalit.

Jos valmistaja on valinnut käyttävänsä vain yhtä kaapelia, on se kehittänyt omia järjestelmiä pystyäkseen tuottamaan vertailukelpoisen HDMI-signaalin kaapelin toiseen päähän.

HDBaseT toimii eri tavalla. Se perustuu samaan tekniikkaan, jota käytetään koodaamaan Ethernet-signaalit parikaapeliin. Tässä tapauksessa on siis kyse PAM-moduloinnista. Vaikka Ethernet käyttää viidennen tason (PAM-5) modulointia, HDBaseT käyttää omaa versiota, joka on hieman erilainen. Jotkin uudemmat, nopeat Ethernet-koodausjärjestelmät kuten 802.an (10GBaseT), käyttävät tason 16 PAM -modulointia.

HDBaseT:n tapauksessa PAM:ia käytetään tapana moduloida kaikki HDMI ja ohjaussignaalit jokaiseen parikaapelisarjaan. Kuitenkin älykäs ominaisuus tässä koodausjärjestelmässä on oma patentoitu koodausympäristö, jolla kaikki tieto saadaan kaapelinipulle. Tämän ansiosta voidaan sisältö lähettää yhden CAT-kaapelin läpi ilman sähköisiä ominaisuuksia, jotka huomattavasti vaikuttavat suorituskykyyn. Tästä vastakohtana ovat nykyiset HDMI-jatkajat, joiden lähestymistapana on vain ”lapioida” bitit läpi suurella nopeudella.

On tärkeää kuitenkin huomata, että vaikka HDBaseT käyttää samaa koodaustekniikkaa kuten Ethernet, ja se sisältää Ethernet-kanavan, se ei ole Ethernet-pohjainen. Se ei ole pakettipohjainen tiedonsiirtotapa, eikä se käytä Internet protokollaa (IP). HDBaseT vain sattuu käyttämään samantyyppistä parikaapelia, jonka useimmat yhdistävät Ethernetiin. (Clearing up the HDBaseT Technical FUD. 2010, 2.)

3.4.5 Rajapinnat

Media Independent Interface (MII) alun perin määriteltiin standardiliitännänä, jolla voidaan kytkeä Fast Ethernetin (eli 100 Mbit/s) MAC-osio PHY-siruun.

MII-malli on laajennettu tukemaan suppeampia signaaleja ja tehokkaampia nopeuksia. Nykyiset vaihtoehdot ovat: Reduced Media Independent Interface, Gigabit Media Independent Interface, Reduced Gigabit Media Independent Interface, Serial Gigabit Media Independent Interface ja 10 Gigabit Media Independent Interface. (Media Independent Interface 2013.)

MII-käyttöliittymä

Mediariippumaton käyttöliittymä tarkoittaa sitä, että eri PHY-laitteiden liittämistä varten eri mediatyypit (esim. kierretty parikaapeli, valokaapeli, jne.), voidaan liittää ilman uudelleensuunnittelua tai korvaamalla MAC-laitteisto. MII-väylä (standardoitu IEEE 802.3u) yhdistää erilaiset PHY:t (Physical Transceivers) Media Access (MAC) -ohjaimiin. Siten mitä tahansa MAC:iä voidaan käyttää millä tahansa PHY:llä, joka on silloin riippumaton verkkosignaalin tiedonsiirtomediasta. MII-väylä siirtää dataa käyttäen 4-bittistä sanaa (puolitavu) molempiin suuntiin (4 lähettää databitit, 4 vastaanottaa databitit). Data kellotetaan 25 MHz, jotta se saavuttaa 100 Mbit/s nopeuden. (Media Independent Interface 2013.)

VS100-laitteet käyttävät standardia MII-käyttöliittymää (IEEE802.3u) siirtämään 100BaseT Ethernet -dataa HDBaseT-linkillä tai Ethernet fallback -tilassa. Molemmat VS100-laitteet toimivat kuten Ethernet PHY -laitteet, ja ne on liitettävä Ethernet MAC-laitteeseen voidakseen siirtää kaksisuuntaista full duplex -dataa. MII-rajapinta määrittää 4 bittiä leveän datapolun tiedon lähettämiseksi ja vastaanottamiseksi, joka on kelloitettu 25 MHz:n antamaan vaadittu 100 Mbps:n tiedonsiirtonopeus. MII-käyttöliittymä käyttää kahta kellosignaalia referenssinä liitännän ajoittamiseksi. Yhtä kelloa käytetään referenssinä lähetykselle käyttöliittymässä, ja toista vastaanotto-osalle. (Valens. VS 100 Product Family Datasheet 2012.)

RMII-käyttöliittymä

Reduced Media Independent Interface (RMII) on standardi, joka on kehitetty vähentämään tarvittavien signaalien määrää, jotta voidaan luoda yhteys PHY:n ja MAC:in välille. Neljä asiaa muuttui verrattuna MII:in standardin saavuttamiseksi:

- Kaksi kelloa TXCLK ja RXCLK korvattiin yhdellä kellolla. Tämä kello on sisääntulo PHY:lle eikä ulostulo. Tämä mahdollistaa kellosignaalin jakamisen kaikkien PHY:iden kesken, kun käytetään moniporttista laitetta kuten kytkin.
- Kellotaajuus on kaksinkertaistettu 25 MHz:stä 50 MHz:siin, kun taas datapolku on kaventunut 2 bittiin entisestä 4 bitistä.

- RXDV ja CRS signaalit multipleksoidaan yhdeksi signaaliksi.
- COL -signaali on poistettu.

Nämä muutokset tarkoittavat sitä, että RMII käyttää noin puolet signaalien määrästä verrattuna MII:hin. Korkea pinnimäärä MII:ssä on enemmänkin rasite mikrokontrolleille, joissa on sisäänrakennettuna MAC, FPGA, moniporttikytkin, toistin tai PC:n emolevyn piirisarja kuin se on erilliselle yksiporttiselle Ethernet MAC:ille. Tämä osittain selittää, miksi vanhemmat MII-standardit olivat pinnien tuhlausta. (Media Independent Interface 2013.)

VS100-laitteet tukevat myös RMII-käyttöliittymä. Tässä tilassa jotkin MII-rajapinnan nastat ovat käyttämättömiä, ja ne voivat siksi olla osana GPIO:n toiminnallisuutta.

Valinta MII:n ja RMII:n toimintojen välillä tehdään, kun järjestelmä nollataan. Tätä valintaa ei voi muuttaa käytön aikana.

Tärkeimmät erot MII ja RMII välillä ovat seuraavat:

- RMII tilassa, RX ja TX dataväylien leveydet on vähennetty kahteen bittiin (bitit numero 1,0).
- Kellotaajuus on kaksinkertaistettu, jotta saavutetaan vaadittu 100 Mb/s suoritusteho (eli 25 MHz sijasta 50 MHz).
- TX- ja RX-signaaleille on yksi kellolähde. Tämän kellon lähde voi olla erillinen VS100-laitteesta, tai se voidaan toteuttaa VS100-laitteella. (Valens. VS 100 Product Family Datasheet 2012.)

5 KULUTTAJAMARKKINAT

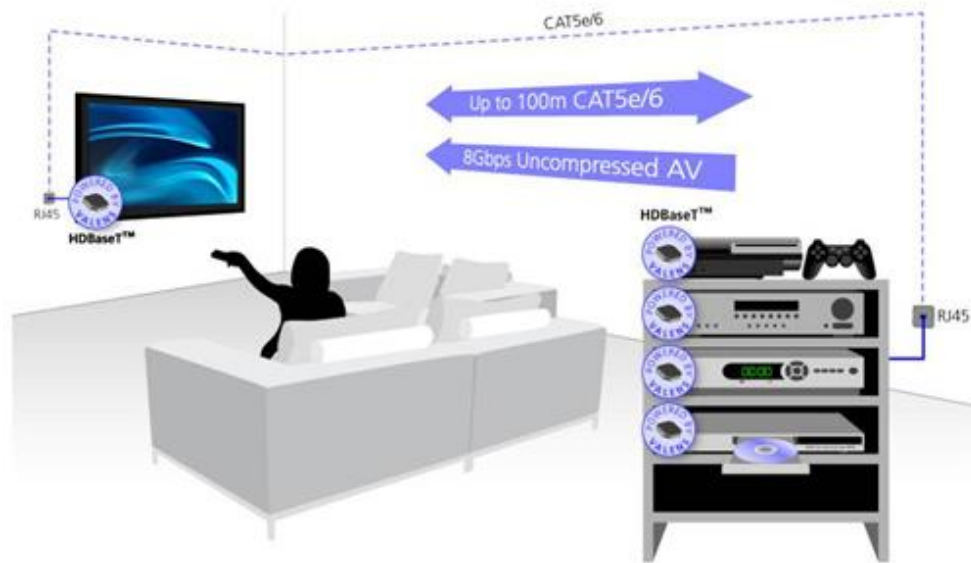
HDBaseT tuo uuden ratkaisun kulutuselektroniikan digitaalisille liitännätarvikkeille. Kuvitellaan tilanne, jossa vain yksi kaapeli tyylikkäästi yhdistää kaikki laitteet ilman pistorasioiden ja kaapeleiden erillistä asentamista. Näyttöpöytä- ja televisioitten asettaminen halutulle paikalle on mahdollista uuden tekniikan avulla. Tähän kaikkeen tarvitaan vain yksi kaapeli. HDBaseT-tekniikalla kuluttajan mahdollisuudet erilaisten ympäristöjen rakentamiseen kasvavat.

5.1. Esimerkkiympäristöt

Valens HDBaseT -mikropiirit sopivat täydellisesti alati kasvavan kulutuselektroniikkateollisuuden tarpeisiin. Yksinkertaisista point-to-point-sovelluksista aina uusimpiin kotiverkkoratkaisuihin. Valens HDBaseT tarjoaa vertaansa vailla olevia ratkaisuja ja asettaa standardin uuden sukupolven digitaalisille liitännätarvikkeille. (Valens. Solutions. HDBaseT in Action.)

5.1.1 Point-to-Point-menetelmä

Nyt voidaan unohtaa kaapelisotku olohuoneissa! HDBaseT pystyy tarjoamaan tyylikkäämmän ja esteettisemmän ratkaisun point-to-point-yhteydellä. Liittämällä jokin HDBaseT-yhteensopivan lähdelaitteen (esim. Blu-ray -soitin) mihin tahansa HDBaseT-yhteensopivaan vastaanottimeen (esim. TauluTV) yhdellä CAT-kaapelilla saadaan signaali kulkemaan. Tämän lisäksi ei tarvita enää muita kaapeleita viemään erillisiä signaaleja. HDBaseT-tekniikalla voidaan myös unohtaa pistorasioiden asettaminen näyttölaitteiden lähetyville, vain yksi kaapeli riittää. Kytke ja käytä. (Valens. Solutions. HDBaseT in Action.)



KUVA 10. Kytke ja käytä (Valens. Solutions. HDBaseT in Action)

5.1.2 Kotiteatterijärjestelmä

Tyypillisesti HDBaseT AV-vastaanotin toimii päätelaitteena eri lähteille (esim. Blu-ray-soitin tai pelikonsoli) ja toimittaa 5Play-ominaisuudet projektorille etäisyyden ollessa enintään 100 m. Valensin integroitu ohjauskanava mahdollistaa täydellisen etälaitteiden kontrolloimisen. Tämä tarkoittaa, että voit istua omassa olohuoneessasi ja käyttää kaukosäädintä ohjaamaan kaikkia multimedialaitteita, vaikka ne sijaitsevat esim. kellarikerroksessa. Kaikki tämä tapahtuu hyödyntämällä jo olemassa olevaa lähiverkon perusrakennetta. Lisäksi huoneen kaapelointi rajoittuu vain yhteen LAN-kaapeliin, joka tarkoittaa esteettisempää ilmettä huoneistossa. (Valens. Solutions. HDBaseT in Action.)

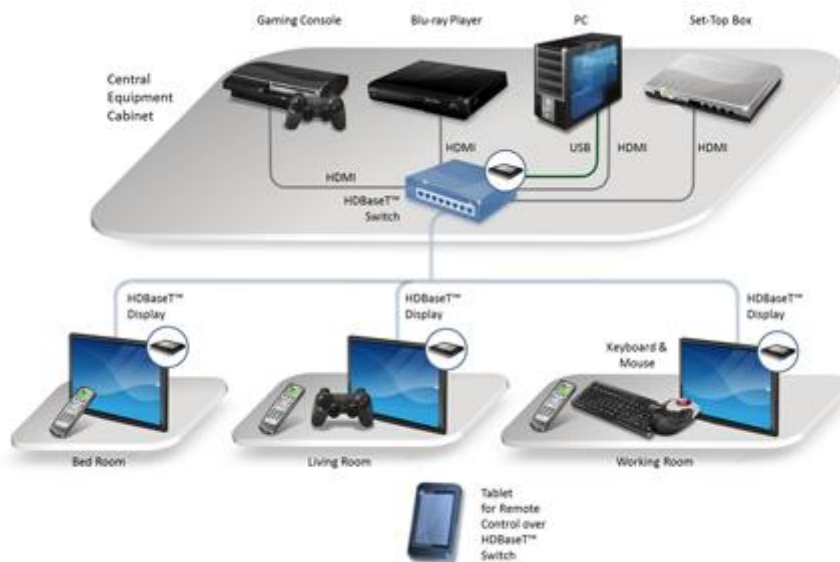


KUVA 11. Kotiteatteriympäristö (Valens. Solutions. HDBaseT in Action)

5.1.3 Verkkokäyttöympäristö

HDBaseT-teknologiaa voidaan hyödyntää käytännöllisen kotiverkkoratkaisun toteuttamiseen. HDBaseT-kytkimellä voidaan vastaanottaa eri lähteiden signaalit. Kytkin voidaan sijoittaa keskitetysti laitekaappiin, josta se lähettää 5Play-ominaisuudet eri kodin laitteisiin, jotka ovat enintään 100 m etäisyydellä. Valensin integroitu ohjauskanava mahdollistaa etälaitteiden kontrolloinnin. Tämä tarkoittaa, että voit istua näytön edessä kaikkialla kotonasi ja käyttää kaukosäädintä, pelikonsolin ohjainta, tai jopa näppäimistöä ja hiirtä ohjataksesi laitteita välittämättä, missä ne fyysisesti sijaitsevat. Voit myös ohjata HDBaseT-kytkintä Valensin omalla älypuhelimien ja tablettien sovelluksella. Internet saadaan myös PC:lle saman kaapeloinnin avulla ilman mitään erityisiä asetuksia. Kaikki tämä voidaan jälleen toteuttaa käyttämällä olemassa olevaa lähiverkon perusrakennetta. (Valens. Solutions. HDBaseT in Action.)

HDBaseT:n täydellinen kotiverkko on räätälöity varmistamaan laitteiden yhteentoimivuus. Joustavan arkkitehtuurin vuoksi HDBaseT toimii eri laitteiden kanssa, huolimatta siitä, onko niillä natiivi HDBaseT-tuki vai ei. Tämä tarkoittaa, että voit vain liittää nykyiset laitteet HDBaseT-kytkimeen peruskaapeloinnilla, kuten HDMI-kaapelilla. HDBaseT-kytkin hoitaa loput, ja näin varmistaa, ettei yksikään olemassa olevista laitteista jää käyttämättömäksi. (Valens. Solutions. HDBaseT in Action.)



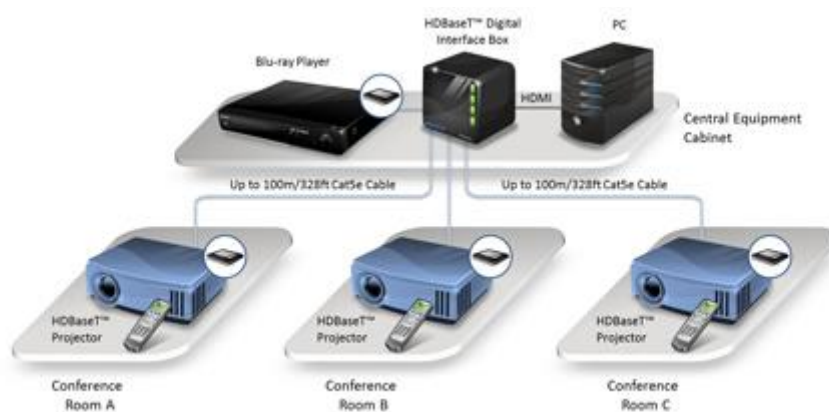
KUVA 12. Verkkokäyttöympäristö (Valens. Solutions. HDBaseT in Action)

6 YRITYSMARKKINAT

HDBaseT tarjoaa vertaansa vailla olevia ratkaisuja ammattilaisille. Esimerkkeinä ovat videoseinien asennukset lentokentille, projektoreiden asennukset korkeakouluihin tai Digital Signage -ratkaisu ostoskeskukseen – HDBaseT tekniikka on paras ratkaisu näihin.

6.1. Koulut

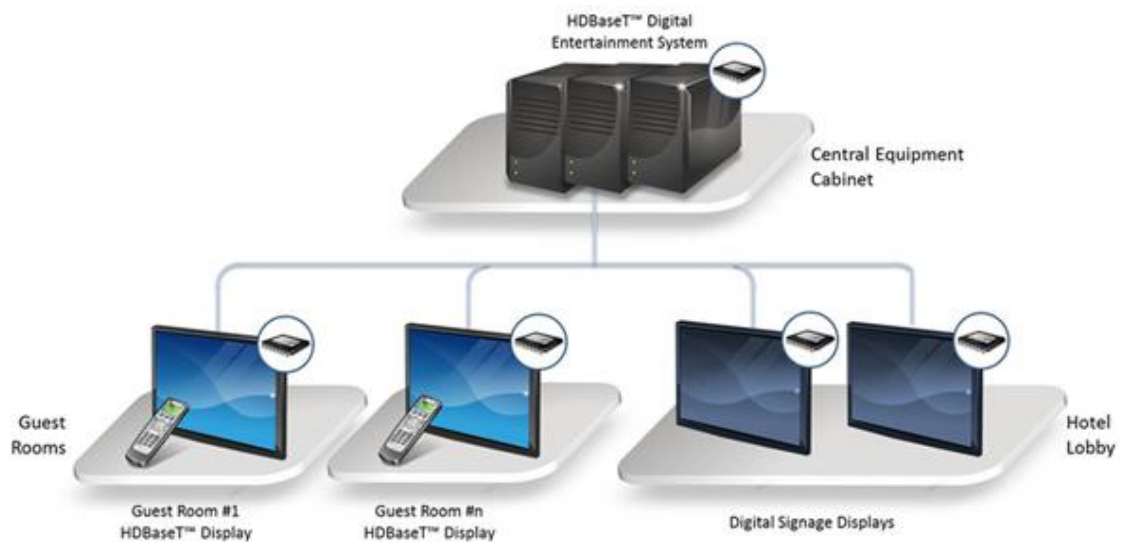
HDBaseT-tekniikkaa käytetään lukuisissa kouluissa ja yliopistoissa. Nämä laiteympäristöt ovat tyypillisesti point-to-point tai point-to-multi-point-liitäntöjä projektorissa sijaiten luokkahuoneissa ja auditorioissa. Monissa tapauksissa HDBaseT-kytkentämatriisia käytetään siirtämään signaalia lähteistä ja toimittamaan 5Play-ominaisuudet kaikille projektorille 100 m etäisyydelle tai jopa 800 metriin 8 välipisteellä. (Valens. Projectors. HDBaseT in Action.)



KUVA 13. Kouluympäristö (Valens. Projectors. HDBaseT in Action)

6.2. Hotelliala

Ottamalla käyttöön Valensin digitaalisen Entertainment System -järjestelmän hotelli voi tarjota yhtenäisen toimintaympäristön asiakkaille. HDBaseT-infrastruktuuria käytetään tuottamaan 5Play-sisältöä huoneiden näytöille sekä asennettuun Digital Signage -järjestelmään hotellin muissakin tiloissa. Asiakkaat voivat hyödyntää yhteistä kontrollointikäyttöliittymää, esim. kosketusnäytöiltä, jotka toteutetaan HDBaseT-integroidulla kontrollointikanavalla. Hotelli voi ohjata näytettävää dataa yhdestä keskusyksiköstä, josta tieto kuljetetaan yhdellä LAN-kaapelilla useampaan näyttöpäätteeseen. Ylimääräisiä asennuksia ei tarvita, vaan hotelli voi hyödyntää jo olemassa olevaa lähiverkkoa. (Valens. Custom Installations. HDBaseT in Action.)



KUVA 14. Hotelliympäristö (Valens. Custom Installations. HDBaseT in Action)

7 KUSTANNUSTEHOKKUUS

Kouluympäristöissä voidaan saada kustannustehokas ympäristö AV-laitteille hyödyntämällä HDBaseT-tekniikkaa. LAN-kaapelin läpi voidaan siirtää kontrollisignaalia, jolla pystytään ajastamaan esim. projektoreiden virranhallinta. Tällöin voidaan säästää energiakuluissa, koska valmiustilassa olevat projektorit kuluttavat suuren määrän sähköä verrattuna päältä pois kytkettyihin projekteihin. Videoprojektoreiden lamppujen vaihtokustannukset ovat valtavat, koska niiden vaihtoväli riippuu niiden käyttöasteesta. Verrattuna kuluttajaan yritysten käyttöaste videoprojektoreille on valtava, joka johtaa projektorin lampun loppuun palamiseen. Näitä kustannuksia voidaan vähentää kontrolloimalla projekteita koulun tietotekniikkakeskuksesta käsin ajastamalla projektorit sammumaan tarvittaessa.

Otetaan oletusarvona kouluympäristö, jossa on useita videoprojektoreita. Nämä projektorit kuluttavat normaalitilassa noin 300W ja valmiustilassa noin 0,25W. Oletetaan, että yhden projektorin käyttöaste päivän aikana on 8h, ja se on valmiustilassa 16h. Tällöin yhden projektorin päivän kulutus on 2,8kW. Mikäli projektori jääkin yhden päivän käytön jälkeen päälle, eikä siinä ole automaattista poiskytkentää, on se silloin normaalitilassa koko 24h ajan. Tällöin se kuluttaa päivän aikana 7,2kW. Tämä kulutus on lähes 40 % enemmän verrattuna tilanteeseen, jossa projektori olisi automaattisesti kytketty päivän jälkeen pois päältä etäohjauksena, käyttämällä HDBaseT:n ohjaussignaalia. Samaa ajatteluperiaatetta voidaan käyttää myös esim. tietokoneissa, joita koulussa saattaa olla jopa useita satoja.

8 VERKON TURVALLISUUS

8.1. Ylläpito

HDBaseT-tekniikka ei käytä omaa verkon ylläpitoa. Käyttö perustuu peruslähiverkon rakenteeseen, joten myös ylläpito noudattaa sen suosituksia.

8.2. Häiriötekijät

Yhtenä suurimpana kysymyksenä häiriötekijöissä on signaalin ylikuuluminen. Tämä ongelma tulee esiin varsinkin suojaamattomissa (U/UTP) parikaapeleissa, joissa signaali heijastuu parilta toiselle. Tällöin signaali heikkenee, ja sen tehokkuus pitkällä välimatkalla pienenee. Tämä voi johtaa signaalin kokonaan häviämiseen, jolloin data häviää. 10GBase-T-standardi kuitenkin määrittelee viereisen kaapelin (ANEXT) ylikuulumiselle rajat, joiden mukaan pystytään valitsemaan oikeantyyppiset kaapelit käyttötarkoitukseen. Tämän vuoksi HDBaseT-tekniikkaa hyödynnettäessä on suositeltavaa käyttää suojattua parikaapelia (STP).

” As for the cross-talk – we don't apply any specific security measures to overcome this issue with respect to data leak. If you use STP then the cross-talk phenomena reduced dramatically and can be a good option.” (Adler 2013.)

Belden on maailman johtava suunnittelu-, valmistus- ja markkinointiyritys teollisuusyrityksien, teollisuuden verkkotuotteiden ja teollisuusautomaation toimialoille. Ohessa on otettu heidän tekemä esimerkki, jossa esitellään joukko kokeita, joissa selvitettiin eri vikaolosuhteita. Testit on suoritettu Belden System laboratoriossa käyttäen kaupallisesti saatavilla olevia audiovisuaalisia laitteita useilta valmistajilta. Testissä tutkittiin HDBaseT-signaalin lähetystä. Testivarustelu on yleisesti esitetty kuvassa 15.

Test Configuration

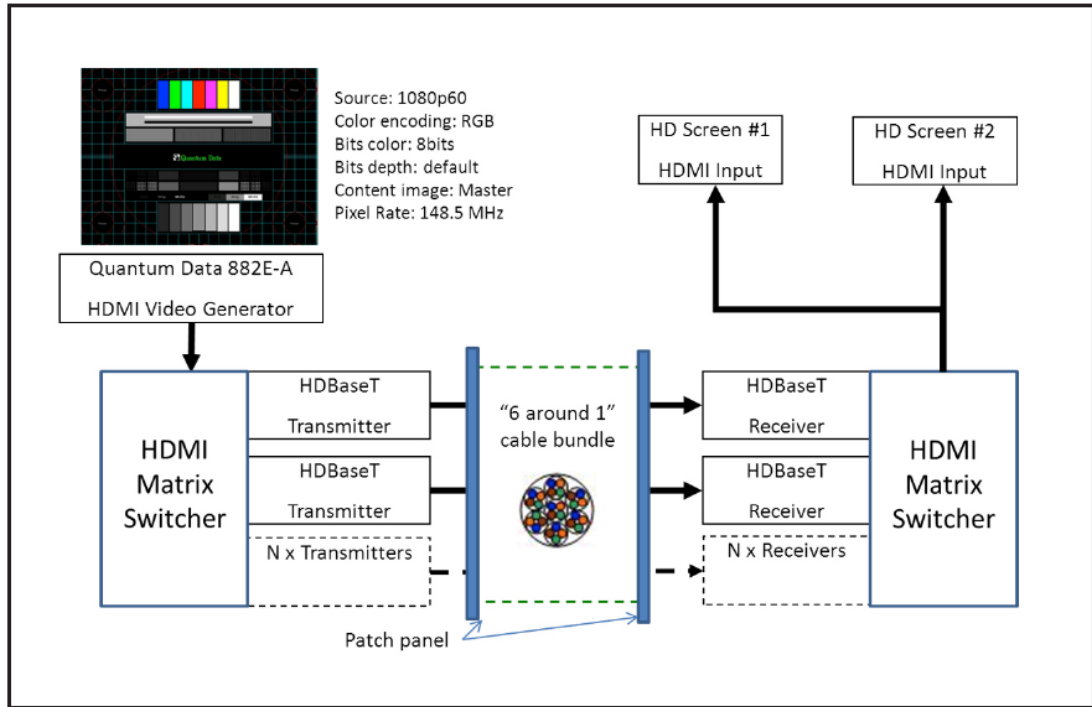


Figure 1 – Multiple HDBaseT signals in "6-around-1" cable bundle

KUVA 15. Kuvassa testiympäristö HDBaseT-signaalin tutkimiseen (Belden 2012, 1)

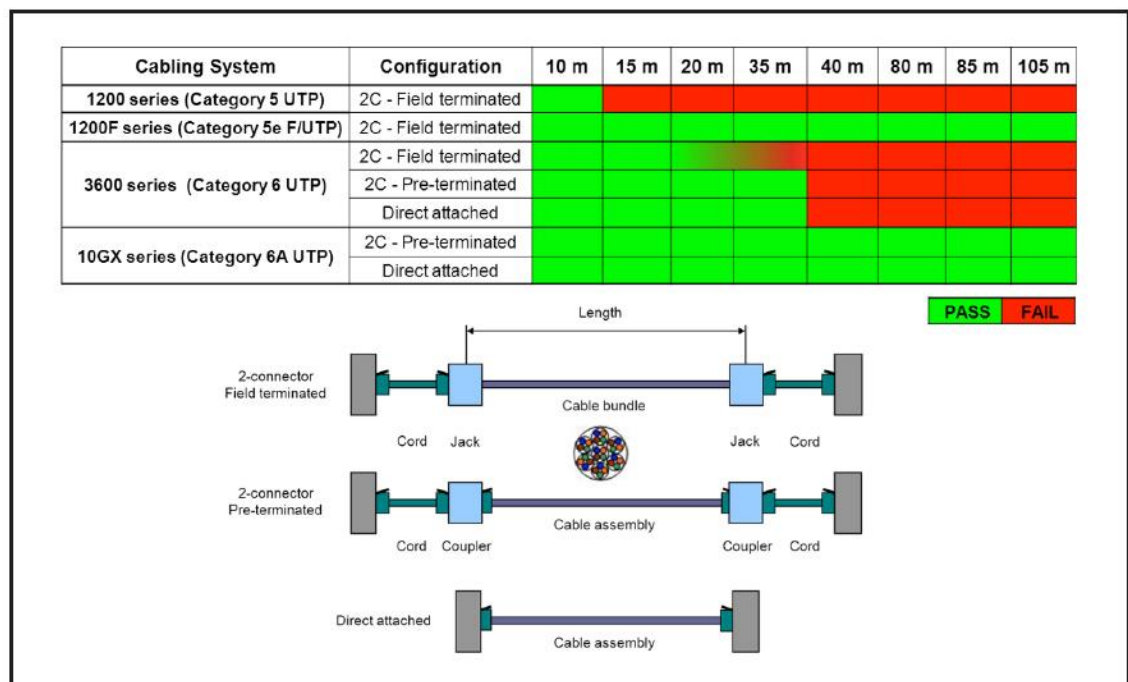
Testitulosten yhteenveto, kun käytetään useita HDBaseT-kanavia niputetussa kaapelilympäristössä.

Yhteenveto koetuloksista on esitetty kuvassa 16. Suojaamattomat (UTP) parikaapelit ja suojatut (F/UTP) kaapelit, joissa on kiedottu metallifolio UTP-kaapelin ytimen ylle. Kaapelityyppejä, joita testattiin niputetussa kokoonpanossa, olivat:

- Belden 1200-sarjan (luokka 5e) UTP ja F/UTP-kaapelit
- Belden 3600-sarja (luokka 6 +) UTP-kaapelit
- Belden 10GX sarja (luokka 6A) UTP-kaapelit

Kaapeleiden pituus testauksessa vaihteli 10 metrin ja enintään 105 metrin välillä. Lyhyemmät kaapelipituudet tarjosivat voimakkaamman signaalin HDBaseT-vastaanottoimeen ja sietivät enemmän ylikuuluvuuskohinaa kaapelinippujen välillä. Tulokset usean häiritäjän testijärjestelmissä osoittavat, että kategorian 5e UTP -kaapelit tukivat etäisyyksiä vain 10 metriin asti ilman yhteysvirhettä viereisien kanavien HDBaseT-signaalien häiriöiden takia. (Belden 2012, 2.)

Luokan 6 UTP -kaapelit tukivat etäisyyksiä 30-40 metriin asti ilman yhteysvirhettä testattaessa samoissa olosuhteissa. Belden 10GX UTP (luokka 6A) -kaapelit tukivat etäisyyksiä jopa 105 metriin asti ilman yhteysvirhettä. Nämä kaapelit ovat suunniteltu erityisesti tarjoamaan noin 15 dB tai 32 kertaa vähemmän "ylikuulumisen" häiriötä verrattuna muihin luokan 6 kaapeleihin verrattuna. Testitulokset osoittavat myös, että suojatut F/UTP-kaapelit voivat tukea etäisyyksiä jopa 105 metriin asti ilman yhteysvirheitä, jotka johtuvat kanavien välisestä ylikuulumisesta. (Belden 2012, 2.)



KUVA 16. Hyväksytyt/hylätyt tulokset eri kaapelikokoonpanoissa, kaapelien tyypit ja pituudet (Belden 2012, 2)

9 POHDINTA

Työssä tutkittiin HDBaseT-tekniikan osa-alueita tekniseltä näkökulmalta. Uudet teknologiat kilpailevat keskenään markkinoilla, ja uusien tekniikoiden luominen on iso riski yrityksille. Kustannustehokkaan ja teknisesti toimivan kokonaisuuden luominen nykypäivänä on haastavaa. HDBaseT-tekniikan tekee kilpailukykyiseksi sen ominaisuus integroida jo olemassa olevia tekniikoita ja standardeja. Tällöin virheiden määrä vähenee, ja sen toiminnan luotettavuus kasvaa.

HDBaseT-allianssi pyrkii avoimesti luomaan maailmanlaajuisen standardin digitaalisen median jakeluun. Allianssin standardointitoiminta kattaa koko digitaalisen median jakeluketjun ekosysteemin ja niiden eri toimialat: televisiot, projektorit, ammatti A/V-laitteet, tietokoneet, kannettavat laitteet, kotiteatterit ja sisällöntuottajat. Tavoitteena allianssilla on uusien yritysten lisääminen jakelu- ja tuotantoketjuun, ja varmistaa uusien laitteiden sertifiointi HDBaseT-tekniikalle. Näin voidaan luoda ekosysteemit projektorille, näytöille, A/V-vastaanottimille ja muille tuotteille, joita asentajat ja järjestelmäintegraattorit voivat valita laajasta valikoimasta yhteensopivista ja kustannustehokkaista HDBaseT-tuotteista.

Yhtenä suurimmista haasteista allianssilla on edullisten laitteistokokonaisuuksien tuominen kuluttajamarkkinoille. Tekniikan lisääminen olemassa oleviin komponentteihin luo lisäkustannuksia. Nykypäivän markkinoilla kilpaillaan hinnasta, eikä niinkään laadusta. Ammattikäyttöön kehitetyt laitteistot ovat kalliita, joten niiden markkinointi ei ylety kuluttajalle asti. Tämä tulee varmasti kehittymään tulevien vuosien aikana, kun HDBaseT-tekniikka saa jalansijaa maailmanlaajuisilla markkinoilla ja sen tunnettavuus paranee.

Kulutuselektroniikan valmistajien ja sisällöntuottajien tuella HDBaseT mullistaa pakkaamattoman HD-multimediasisällön jakelun kodin viihdekeskuksille yhdellä LAN-kaapelilla. Tästä syystä HDBaseT-tekniikka on alan kehittynein, kustannustehokkain ja helppokäyttöisin all-in-one-ratkaisu.

LÄHTEET

Adler, D. markkinointipäällikkö. 2013. Technical data of HDBaseT. Sähköpostiviesti. daniel.adler@valens.com. Luettu 20.2.2013.

AfterDawn. RS-232. 5.2.2013. Luettu 5.4.2013.
<http://fin.afterdawn.com/sanasto/selitys.cfm/rs-232>

Belden. 2012. HDBaseT Signals over Bundled Cables. Luettu 13.3.2013.
http://www.belden.com/docs/upload/HDBaseT-Signals-White-Paper_Final.pdf

Clearing up the HDBaseT Technical FUD. 2010. CEPro Magazine. Luettu 15.2.2013.
http://www.valens.com/assets/docs/10_0710%20ClearingUpTheHDBaseTTechnicalFUD-1.pdf

Consumer IR. 17.1.2013. Luettu 7.3.2013.
http://en.wikipedia.org/wiki/Consumer_IR

ENERGY STAR. 2012. Program Requirements, Product Specification for Televisions. Eligibility Criteria Final Draft Version 6.0. Luettu 6.3.2013.
http://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/revisions/downloads/television/FinalDraft_Version_6_TV_Specification.pdf?9140-ea3f

Ethernet. 15.3.2013. Luettu 12.4.2013.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Ethernet>

HDBaseT Alliance. 2011a. The Need For Uncompressed Home Networking. Luettu 5.3.2013.
<http://hdbaset.emergebeta.com/files/Static%20Page%20Files/Uncompressed%20Network%20White%20Paper.pdf>

HDBaseT Alliance. 2011b. Introduction to Power over HDBaseT. Luettu 12.4.2013.
http://hdbaset.emergebeta.com/files/Static%20Page%20Files/Introduction%20to%20Power%20over%20HDBaseT_Whitepaper.pdf

HDMI. 2013. Luettu 12.3.2013.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/HDMI>

Lähiverkot. Luettu 13.3.2013.
http://www.tlu.ee/~matsak/telecom/lasse/Data_networks/lhiverkot.html

Media Independent Interface. 3.3.2013. Luettu 13.4.2013.
http://en.wikipedia.org/wiki/Media_Independent_Interface

Modulaatio (elektroniikka). 4.3.2013. Modulointimenetelmät. Luettu 12.4.2013.
[http://fi.wikipedia.org/wiki/Modulaatio_\(elektroniikka\)](http://fi.wikipedia.org/wiki/Modulaatio_(elektroniikka))

Power over Ethernet. Standard development. 7.2.2013. Luettu 4.3.2013.
http://en.wikipedia.org/wiki/Power_over_Ethernet

Power over Ethernet. 10.2.2013. Luettu 4.3.2013.
http://fi.wikipedia.org/wiki/Power_over_Ethernet

Pulse amplitude modulation pam. 2011. Luettu 8.3.2013.
<http://vsagar.com/2011/12/17/applications-of-ic-555-pulse-amplitude-modulation-pam/>

TCP/IP. 7.3.2013. Luettu 11.4.2013.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/TCP/IP>

Valens. Consumer Electronics. Luettu 5.4.2013.
<http://www.valens.com/solutions>

Valens. Custom Installations. HDBaseT in Action. Luettu 10.3.2013.
http://www.valens.com/solutions/custom_installations

Valens. HDBaseT Alliance. Luettu 5.4.2013.
<http://www.valens.com/technology/alliance>

Valens. Introducing HDBaseT. Luettu 5.4.2013.
<http://www.valens.com/technology>

Valens. Projectors. HDBaseT in Action. Luettu 10.3.2013.
<http://www.valens.com/solutions/projectors>

Valens. Solutions. HDBaseT in action. Luettu 10.3.2013.
http://www.valens.com/solutions/consumer_electronics

Valens. VS 100 Product Family Datasheet. Version 2.3. 2012. Salainen asiakirja.

Web-opas. 6.10.2011. Mikä on Ethernet? Luettu 10.3.2013.
http://www.webopas.net/mika_ethernet.html

LIITTEET

Liite 1. Non-Disclosure Agreement

1(2)

CONFIDENTIALITY AGREEMENT

This Confidentiality Agreement ("Agreement") is entered into on this [13th] day of [February], 2013 ("Effective Date") by and between Valens Semiconductor Ltd. an Israeli company with principal place of business at 8 Hanagar St. Hod Hasharon, Israel ("Discloser") and [Antti Filppu], with an address at [Ritakatu 3 L 15, 33530, Tampere FINLAND] ("Recipient").

Whereas Discloser may, from time to time, disclose Confidential Information (as such term is defined hereunder) to Recipient, pertaining to Discloser' activities, whether financial, technological or other for the purpose of a possible cooperation between the Parties ("Purpose"), and Whereas Discloser would like to protect the confidentiality of, maintain its rights in, and prevent the unauthorised use and disclosure of such Confidential Information, Now therefore the parties hereby agree as follows:

1. **Confidential Information.** Recipient agrees that any and all information which is now or in the future disclosed by Discloser to Recipient, whether oral, visual or in writing, including by way of illustration but not limitation, data, technology, know-how, inventions, discoveries, designs, processes, formulations, models, equipment, algorithms, software programs, interfaces, documents, specifications, information concerning research and development work, and/or trade and business secrets, information disclosed by the Discloser which relates to current, planned or proposed products, marketing and business plans, forecasts, projections and analyses, financial information, and customer information, the terms and conditions of this Agreement, will be considered and referred to collectively in this Agreement as "Confidential Information". Notwithstanding, Confidential Information, shall not include information that: (i) is now or subsequently becomes generally available in the public domain through no fault or breach on the part of Recipient; (ii) Recipient can demonstrate in its records to have had rightfully in its possession prior to disclosure of the Confidential Information by Discloser to Recipient; (iii) Recipient rightfully obtains from a third party, who has the right to transfer or disclose it, without default or breach of an obligation of confidentiality or nondisclosure; or (iv) is disclosed pursuant to the order or requirement of a court, administrative agency, or other governmental body; provided, however, that Recipient shall provide prompt notice of such court order or requirement to Discloser to enable Discloser to seek a protective order or otherwise prevent or restrict such disclosure.
2. **Non-disclosure and Non-use of Confidential Information.** The Recipient agrees to accept and use Confidential Information solely for the Purpose. The Recipient will not disclose, publish, or disseminate Confidential Information to a third party other than those of its employees on a strictly need to know basis, and further agrees to take reasonable precautions to prevent any unauthorised use, disclosure, publication, or dissemination of Confidential Information and ensure that such Recipient's employees fully perform the duties and obligations hereunder, and the Recipient shall remain liable at all times for any acts and/or omissions of its employees with respect to the Discloser's Confidential Information. The Recipient agrees not to use Confidential Information otherwise for its own or any third party's benefit without the prior written approval of an authorised representative of the Discloser in each instance. In performing its duties and obligations hereunder, the Recipient agrees to use at least the same degree of care as it does with respect to its own confidential information of like importance but, in any event, at least reasonable care. Further, the Recipient agrees that it shall not make any copies of the Confidential Information on any type of media, without the prior express written permission of the authorised representative of the Discloser.
3. **No License or Joint Venture.** All Confidential Information, and any derivatives thereof are and shall remain the property of Discloser and no license or other rights to Confidential Information is granted or implied hereby to have been granted to Recipient, now or in the future. Further, this Agreement is not a joint venture or other such business arrangement; and any agreement, if at all, between the parties hereto will be set forth in subsequent written agreements, at the absolute discretion of the parties hereto. For avoidance of doubt, it is hereby clarified that disclosure of Confidential Information shall be at the sole discretion of the Discloser.
4. **No Warranty.** THE CONFIDENTIAL INFORMATION AND ANY OTHER INFORMATION IS PROVIDED BY DISCLOSER "AS IS", WITHOUT ANY WARRANTY, WHETHER EXPRESS OR IMPLIED, AS TO ITS ACCURACY OR COMPLETENESS, OPERABILITY, USE OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, INCLUDING, WITHOUT

A

LIMITATION, WITH RESPECT TO THE NON-INFRINGEMENT OF TRADEMARKS, PATENTS, COPYRIGHTS OR ANY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS OR OTHER RIGHTS OF THIRD PERSONS.

- 5. **Return of Confidential Information.** Upon expiration or termination of this Agreement, or upon request of Discloser, Recipient shall forthwith (i) return to Discloser any information disclosed in any tangible form, and all copies thereof (on whatever physical, electronic or other media such information may be stored) containing any of the Confidential Information, if such Confidential Information is stored in electronic form, it is to be immediately deleted; and (ii) provide a certification, in writing, that Recipient has complied with all of the terms of this Agreement, that it has retained no copies of the Confidential Information on any media and that it has retained no notes or other embodiments of the information contained in the Confidential Information. The obligations set forth herein regarding confidentiality and use of Confidential Information shall survive any expiration or termination of this Agreement.
- 6. **Equitable Relief.** Recipient hereby acknowledges that unauthorised disclosure or use of Confidential Information could cause irreparable harm and significant injury to Discloser that may be difficult to ascertain. Accordingly, Recipient agrees that Discloser, in addition to any other right or remedy that it may have available to it at law or in equity, will have the right to seek and obtain immediate injunctive relief to enforce obligations under this Agreement without the necessity of proving actual damages and without the necessity of posting bond or making any undertaking in connection therewith.
- 7. **Entire Agreement and Governing Law.** This Agreement constitutes the entire agreement with respect to the Confidential Information disclosed herein and supersedes all prior or contemporaneous oral or written agreements concerning such Confidential Information. This Agreement may not be amended except by the written agreement signed by authorised representatives of both parties. This Agreement shall be governed and construed solely in accordance with the laws of The State of Israel without giving effect to conflicts of law principles thereof, and only the courts in Tel Aviv, Israel shall have jurisdiction in any conflict or dispute arising out of this Agreement, except for the right of the Discloser, at its sole discretion to apply to any court of a competent jurisdiction, no matter where such court is located, for a temporary restraining order, preliminary injunction, or other equitable relief, including without limitation to prevent irreparable harm, as set forth in Section 6 to this Agreement.
- 8. **Term.** This Agreement shall govern the communications relating to Confidential Information between Discloser on the one part, and Recipient on the other part, until such time as the present Agreement is expressly superseded by a subsequent agreement between the parties hereto, or the Agreement has been terminated as set forth in Section 5 above, whichever is earlier. The obligations of confidentiality set forth in this Agreement shall bind the Recipient for a period of five (5) years from the date of expiration or termination of this Agreement, and such obligations shall survive the termination or earlier expiration of this Agreement.
- 9. **Assignment.** This Agreement shall not be assignable by Recipient without the written consent of Discloser, and any purported assignment not permitted hereunder shall be construed null and void.

IN WITNESS WHEREOF, the parties have caused this Agreement to be executed by their duly authorised representatives.

Valens Semiconductor Ltd.
By: *ZVIKE LIFCHITZ CFO*

[Recipient]

By:

[Name and Title]

[Signature]
[Antti Filpus, Expert]

Valens Semiconductor Ltd.
H.P. 51-38870-42

Liite 2. Confidentiality agreement

1(2)



TAMPERE UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

Vice president Marja Sutela

Confidentiality agreement

1 (2)

12.6.2012

CONFIDENTIALITY AGREEMENT REGARDING THE BACKGROUND MATERIAL OF A FINAL THESIS

We the undersigned have today 24.4.2013 drawn two copies of the following agreement regarding the confidentiality of the background material of a final thesis:

1. Parties:

TAMK University of Applied Sciences
Teiskontie 33
FIN-33521 Tampere

Company:

Writers of the Final Thesis:

Antti-Juhani Filpus

2. Name of the Final Thesis:

HDBaseT

3. Conditions of the Confidentiality:

Contract period: 1 2 3 4 5 years

The confidential background material of the final thesis is sealed and filed for the contract period.

The Final Thesis, which does not contain confidential data, will be published as defined in separate instructions.

TAMK University of Applied Sciences and the TAMK officials who have participated in the final thesis and who have signed this contract will not in their part reveal or in any other way submit the information contained in the background material to a party outside of this contract, use the background material or store it non-sealed outside an archive until the contract period has ended. Other written material, drawings etc. which have been submitted to TAMK are returned to the company when the final thesis is complete.

The writers of the thesis commit in their part to keep the confidential background material of the final thesis secret.

If asked to do so, the company in question must clarify the information regarding the classification to the other parties who have signed this agreement.



TAMPERE UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Vice president Marja Sutela

Confidentiality agreement

2 (2)

12.6.2012

4. Dissolving the contract:

The company may dissolve this agreement through a written notification. TAMK University of Applied Sciences may, if needed, request the dissolving of the contract but has no right for a unilateral dissolving of the agreement.

5. Signatures:

Place Tampere, FIN, date 24.4.2013

[Signature]

Representative of TAMK (Head of the Degree Programme)

ARI RANTALA

Name in Block Letters

Mauri Juh

Instructor of the final thesis

Mauri Juh

Name in Block Letters

Valens Semiconductor Ltd.
H.P. 51-38870-42

[Signature]
Representative of the company

Zviika Lehtola

Name in Block Letters

Other examiner of the work

Name in Block Letters

[Signature]
Writer of the thesis

Antti-Juhani Filpu

Name in Block Letters

Writer of the thesis

Name in Block Letters

Writer of the thesis

Name in Block Letters

Two copies of the agreement are made. The company in question keeps one copy; the other copy goes to TAMK (the study secretary of the Degree Programme). Other parties receive photocopies of the agreement.