

Niko Vesamäki

Kameravalvontajärjestelmien tiedonsiirtomahdollisuudet

Ethernet over Coax -muuntimet ja yleiskaapelointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

1.4.2014

Tekijä Otsikko	Niko Vesamäki Kameravalvontajärjestelmien tiedonsiirtomahdollisuudet
Sivumäärä Aika	37 sivua + 1 liite 1.4.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	elektroniikka
Ohjaajat	tekninen asiantuntija Mikko Laiso yliopettaja Matti Fischer
<p>Suomessa on tuhansia analogisia kamerajärjestelmiä, joiden tiedonsiirto on toteutettu koaksiaalikaapeleilla. Analogisista järjestelmistä ollaan siirtymässä IP-pohjaisiin järjestelmiin, ja nämä toteutetaan usein kaapeloimalla kohteet uudelleen CAT6-tyypin yleiskaapeloinnilla.</p> <p>Kuitenkin useilla eri valmistajilla on markkinoilla muuntimia, joilla olemassa olevat koaksiaalikaapelit voidaan hyödyntää IP-pohjaiseen kamerajärjestelmään siirryttäessä. Muuntimilla koaksiaalikaapeliin voidaan syöttää Ethernet-pakettidata ja myös PoE-virransyöttö kameralle.</p> <p>Loppukäyttäjillä on halu selvittää, saadaanko muuntimia käyttämällä kustannussäästöjä CAT6-tyypin yleiskaapelointiin verrattuna. Tämä työ vastaa loppukäyttäjien ongelmaan ja selvittämään mitä järjestelmää missäkin tapauksessa on järkevää käyttää.</p> <p>Työssä selvitettiin, myös miten eri valmistajien tarjoamat Ethernet over Coax -muuntimet toimivat yleisellä tasolla ja millaisiin käyttökohteisiin ne soveltuvat. Kustannustehokkuutta vertailtiin yleiskaapelointiin, josta saatiin selville, millaisiin kohteisiin muuntimia on kannattavaa asentaa.</p> <p>Työn tulokseksi saatiin kuva siitä, minkä kokoisiin ja minkälaisiin kohteisiin kamerajärjestelmän uusinta on kannattavaa toteuttaa muuntimilla. Työtä varten kerätystä tiedosta voitiin myös päätellä, millaisia ongelmia muuntimien käyttö saattaa aiheuttaa. Muuntimien käyttö todettiin olevan edullista joissakin kohteissa, joissa uudelleenkaapelointi on hankalaa.</p>	
Avainsanat	kameravalvonta, tiedonsiirto, turvallisuusjärjestelmä

Author Title	Niko Vesamäki Camera Surveillance Systems Communication Options
Number of Pages Date	37 pages + 1 appendix 1 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electronics
Instructors	Mikko Laiso, Technical Expert Matti Fischer, Principal Lecturer
<p>In Finland there are still thousands of analog camera systems, in which data transmission is carried out via coaxial cables. Analogue systems are switching over to use IP based systems and this is implemented in most cases by re-cabling locations with CAT6 type universal cabling.</p> <p>However, many different manufacturers do have converters on the market which enables the usage of the coaxial cables when switching to IP based camera systems. Converters could feed coaxial cable with Ethernet package data and also PoE power supply for the camera.</p> <p>End users have a wish to clarify whether cost savings can be obtained by using converters instead of CAT6 type universal cabling. This work answers this end users problem and clarifies which system is the best for each case.</p> <p>This thesis also clarifies how different manufacturers Ethernet over Coax converters operate at general level and for which applications they are suitable. Cost effectiveness was compared to universal cabling, which revealed in which kind of locations converters are profitable to install.</p> <p>As a result, this thesis explains of what size and in what kind of locations the updating of camera system is profitable by using converters. From the information that was collected for the thesis, it was also possible to deduce what kind of problems converters may cause. Based on the results, it can be said that the usage of converters appears to be advantageous in some locations where renewing of cabling is difficult.</p>	
Keywords	camera surveillance, communication, security system

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Kamerajärjestelmissä käytettävät tiedonsiirtokaapelit	2
2.1	Symmetrinen parikaapeli	2
2.1.1	Nelikierrekaapeli	2
2.1.2	Cat6-kaapeli	3
2.2	Koaksiaalikaapeli	4
3	Kiinteistön yleiskaapelointi	7
3.1	Yleiskaapeloinnin pääperiaatteet	7
3.2	Yleiskaapeloinnin standardit	7
3.3	Yleiskaapeloinnin rakenne	8
3.4	Yleiskaapeloinnissa käytettävät kaapelit	10
4	Ethernet over COAX/UTP-muuntimet	11
4.1	Muuntimen toimintaperiaate	12
4.2	Muuntimien ominaisuudet	13
4.2.1	Muuntimien kotelointi	13
4.2.2	Power over Ethernet -virransyöttöjärjestelmä	13
4.2.3	Muuntimien tehonkulutus	14
4.2.4	Muuntimien verkko-ominaisuudet	14
4.3	Muuntimien valmistajat	15
4.4	Muuntimien ominaisuudet	17
4.5	Muuntimien nettohinnastot	20
5	Kustannustehokkuuden esimerkkikohteet	22
5.1	Kustannusvertailu	23
5.1.1	Kohde 1: Sikala	23
5.1.2	Kohde 2: Autokorjaamo	27
5.2	Kustannusvertailun lopputulokset	33
5.2.1	Sikala	33
5.2.2	Autokorjaamo	33

5.3	Kustannusvertailun päätelmät	34
6	Yhteenveto	35
	Lähteet	36
	Liite: Sikalan pohjakuva	

Lyhenteet ja käsitteet

1000Base-T	1 000 Mbit/s tiedonsiirtonopeuteen kykenevä standardoitu Ethernet-lähiverkko
10GBase-T	10 Gbit/s tiedonsiirtonopeuteen kykenevä standardoitu Ethernet-lähiverkko
BNC	koaksiaalikaapelin liittämiseen käytetty liitintyyppi
CAT3-kaapeli	lankapuhelinverkossa käytetty standardoitu parikierretty kaapeli
CAT5-kaapeli	Fast Ethernet -verkkoja varten tarkoitettu standardoitu parikierretty kaapeli
CAT6-kaapeli	Gigabit Ethernet -verkkoja varten tarkoitettu standardoitu parikierretty kaapeli
CENELEC	<i>Comité Européen de Normalisation Electrotechnique</i> ; eurooppalainen sähköalan standardiointijärjestö
COAX	koaksiaalikaapeli, videokäyttöön tarkoitettu kaksijohtiminen kaapeli
EN 50173	eurooppalainen vuonna 2002 valmistunut yleiskaapelointi-standardiryhmä
EN	<i>Norme Européenne</i> ; eurooppalainen standardi
EoC	<i>Ethernet over Coax</i> ; Ethernet-tiedonsiirto koaksiaalikaapelia pitkin
<i>Full Duplex</i>	molempiin suuntiin samanaikaisesti kommunikoiva tiedonsiirtojärjestelmä
FTP	<i>Foiled Twisted Pair</i> , parisuojattu symmetrinen kaapeli

IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> ; kansainvälinen sähkötekniikan alan järjestö
IEEE 802.3ab	1000Base-T Ethernet-lähiverkkostandardi
IEEE 802.3an	10GBase-T Ethernet-lähiverkkostandardi
IP	<i>Internet Protocol</i> ; tiedonsiirtoprotokolla joka huolehtii IP-tietoliikennepakettien perilletoimituksesta
Koaksiaalikaapeli	videotekniikan käyttöön kehitetty kaksijohtiminen kaapeli
Kytkin	Ethernet-verkon rakenneosia, jolla yhdistetään paikallisverkon osia
PoE	<i>Power over Ethernet</i> ; IEEE 802.3af standardissa määritelty sähkönsyöttötekniikka tiedonsiirtokaapelissa
PoE-kytkin	PoE-virransyötöllä varustettu kytkin
RJ45	Ethernet-kaapeleiden kytkentään käytettävä liitintyyppi
UTP	<i>Unshielded Twisted Pair</i> ; suojaamaton symmetrinen kaapeli
SFS	Suomen standardisoimisliitto
STP	Shielded Twisted Pair; suojattu symmetrinen kaapeli

1 Johdanto

Nykyään suomalaiset kameravalvontajärjestelmät ovat vielä suurelta osin analogisia, ja niiden tiedonsiirto perustuu koaksiaalikaapelointiin. Käyttäjillä on kuitenkin tarve siirtyä IP-pohjaisiin järjestelmiin mahdollisimman edullisesti, koska vanhat järjestelmät eivät välttämättä enää toimi kunnollisesti ja halutaan parempilaatuista kuvaa valvottavista kohteista. Kokonaan uuden yleiskaapeloinnin asentaminen kiinteistöön on kallista ja joissain tapauksissa myös erittäin vaativaa. Vanhat kaapeloinnit voivat olla vaikeissa paikoissa ja uusien kaapelireittien tekeminen voi vaatia isoja töitä kiinteistön rakenteisiin, kuten esimerkiksi läpivientejä seiniin. Tästä syystä käyttäjillä on tarve etsiä muita ratkaisuja kamerajärjestelmiensä uusimiseen. Tähän on tarjolla eri valmistajien muuntimia, joiden avulla vanhat koaksiaalikaapelit voidaan säilyttää ja joita voidaan samalla käyttää myös IP-kamerajärjestelmän tiedonsiirtoon.

Uudiskohteita rakennettaessa yleiskaapeloinnin toteutus on helppoa, sillä kaapelikourut ovat hyvin esillä ja kaapelointi tehdään samalla kaikille kiinteistön laitteistoille. Vanhoissa kiinteistöissä uuden kaapeloinnin toteuttaminen kamerajärjestelmää varten ei välttämättä ole järkevää, jollei muuta muutostarvetta kaapeloinnille ole. Joissain kriittisissä kohteissa, kuten ydinvoimalaitoksissa, yhden kaapelin uusinta saattaa olla erittäin kallista. Tällöin muunlaiselle ratkaisulle on olemassa selkeä tarve.

Työn tavoitteena on selvittää, miten eri valmistajien Ethernet over Coax/UTP-muuntimet toimivat yleisellä tasolla, sekä mihin käyttötarkoituksiin ja kohteisiin ne soveltuvat. Lisäksi vertaillaan muuntimien kustannustehokkuutta, kun vaihtoehtona on siirtyä kokonaan yleiskaapelointijärjestelmän mukaiseen järjestelmään.

2 Kamerajärjestelmissä käytettävät tiedonsiirtokaapelit

Nykyisissä kamerajärjestelmissä langalliset siirtotiet ovat pääasiallinen tiedonsiirtotapa. Tieto siirretään kaapelia pitkin joko sähköisesti tai optisesti. Siirtomateriaalina käytetään yleisesti kuparia, lasia tai muovia. Lasi ja muovi ovat käytössä valokaapeleissa, joita käytetään myös kuvansiirtoon pidemmällä matkoilla. Tässä työssä keskitytään kuitenkin kuparikaapeleihin, sillä ne ovat yleisin kaapelityyppi kiinteistöjen kamerajärjestelmien tiedonsiirrossa.

Vanhoissa kiinteistöissä olevissa analogisissa kamerajärjestelmissä kaapelointi on toteutettu yleisesti koaksiaalikaapelein tai symmetrisin nelikierrekaapelein. Uudiskohteissa käytetään symmetrisen nelikierrekaapelin sijasta nykyään useammin Cat6-kaapeleita, joilla mahdollistetaan 10 Gbit/s:n lähiverkko, tai Cat5e-kaapeleita, mikäli hitaampi 1 000 Mbit/s:n lähiverkko on riittävä. Kaapelityyppien ominaisuuksissa on kameran ohjauksen ja kuvansiirron kannalta merkittäviä eroja.

2.1 Symmetrinen parikaapeli

2.1.1 Nelikierrekaapeli

Symmetrinen kaapeli tunnetaan paremmin nimellä parikaapeli. Parikaapeleista nelikierrekaapeli, eli Cat3-kaapeli, on kehitetty puhelinverkkokäyttöön, eikä sen käyttö kameratekniikassa ole sen vuoksi ihanteellista. Puhelinkaapelia käytettäessä kaapelin molempiin päihin tarvitaan vahvistimet, jotka sovittavat epäsymmetrisen videosignaalin parikaapeliin. Vanhat kaapelit eivät myöskään vastaa uusien kaapeleiden laatuvaatimuksia, joten pitemmällä siirtomatkoilla siirrossa voi esiintyä häiriöitä ja vaimennusta. Väli vahvistimilla voidaan korjata tilannetta, mutta jokainen lisäkomponentti siirtolinjalla on ylimääräinen huoltokohde.

Useista vanhoista kiinteistöistä kuitenkin löytyy nelikierrekaapelein toteutettuja kaapelointeja, joita joissain tapauksissa on mahdollista käyttää hyväksi myös kameravalvonnan tiedonsiirrossa. Tiedonsiirtotarve uudemmilla kameramalleilla on kuitenkin niin suuri, ettei vanha nelikierrekaapeli kykene tarvittavaan häiriöttömään tiedonsiirtonopeuteen pitkillä matkoilla.

Nelikierrekaapelin etu koaksiaalikaapeliin verrattuna on sen edullinen hinta ja mahdollisuus käyttää toista kaapeliparia kameran ohjaukseen [1, s. 54]. Myös mahdollinen heikkovirta kameran toiminnoille, kuten liikuttamiselle ja lämmittämiselle, on mahdollista siirtää tätä ylimääräistä kaapeliparia pitkin.

2.1.2 Cat6-kaapeli

Uudet kohteet kaapeloidaan lähes poikkeuksetta yleiskaapelointistandardin mukaisesti Cat6-kaapeleilla. Näiden uudempien parikaapeleiden laatu on huomattavasti parempi verrattuna vanhoihin neliparikaapeleihin, ja näin ollen ne soveltuvat nopeampaan sekä korkeataajuisempaan tiedonsiirtoon. Taajuuden kasvaessa sähkövirta alkaa kulkea enimmäkseen kaapelin pinnassa, jolloin pinnan tasaisuus ja materiaali ovat merkittäviä ominaisuuksia tiedonsiirron onnistumiselle. Vanhemmissa nelikierteisissä puhelinkaapeleissa on liitettävyyden helpottamiseksi käytetty tinattuja johtimia, mutta tällöin tinaus heikentää suurtaajuisen signaalin välittymistä.

Kategorian 6 kaapeleita on tarjolla useita eri suojausmalleja. UTP eli *Unshielded Twisted Pair* on suojaamaton kaapeli, jossa sähkömagneettiset häiriöt estetään vain parien riittävän tiheällä ja symmetrisellä kierteytyksellä. Tällaisissa symmetrisesti kierteytetysissä kaapelissa ulkopuoliset häiriösignaalit välittyvät parin molempiin kaapeleihin samansuuntaisina, jolloin kokonaisvaikutus on nolla.

FTP eli *Foiled Twisted Pair* on kaapelityyppi, jossa koko johdinnippu on foliosuojattu. Paras suojaustaso saavutetaan, kun foliosuojauksen lisäksi myös jokainen pari suojataan foliolla. Tällaisesta kaapelityypistä käytetään lyhennettä STP *Shielded Twisted Pair*. STP-suojausta ei yleisesti käytetä vielä kategorian 6 kaapeleissa, mutta tulossa olevan standardin mukaisissa kategorian 7 kaapeleissa se on jo vaatimus.

Usein erillistä suojausta ei kuitenkaan tarvita, vaan kaapeloinnissa käytetään edullisinta UTP-kaapelia. Tämä on yleisin käytäntö uudisrakentamisessa silloin, kun voidaan toteuttaa yleiskaapelointistandardin mukainen kaapelointi. Vanhoissa kiinteistöissä voi kuitenkin olla tarve suojatun kaapelin käyttöön, mikäli kaapelireitit joudutaan asentamaan häiriölähteiden läheisyyteen.

Liitinten asennukseen tulee häiriösuojausjärjestelmän kannalta kiinnittää erityistä huomiota. Asennettaessa symmetrisesti kierrettyä kaapelia liittimeen tulee parien kierteytystä

avata mahdollisimman vähän. Myös mahdollista foliosuojausta ei saa purkaa kaapelin päältä. Liitosten tekemiseen tulee myös käyttää siihen sopivia työkaluja, jotta liitoksista tulee häiriöttömät. [2, s. 44, 45.]

2.2 Koaksiaalikaapeli

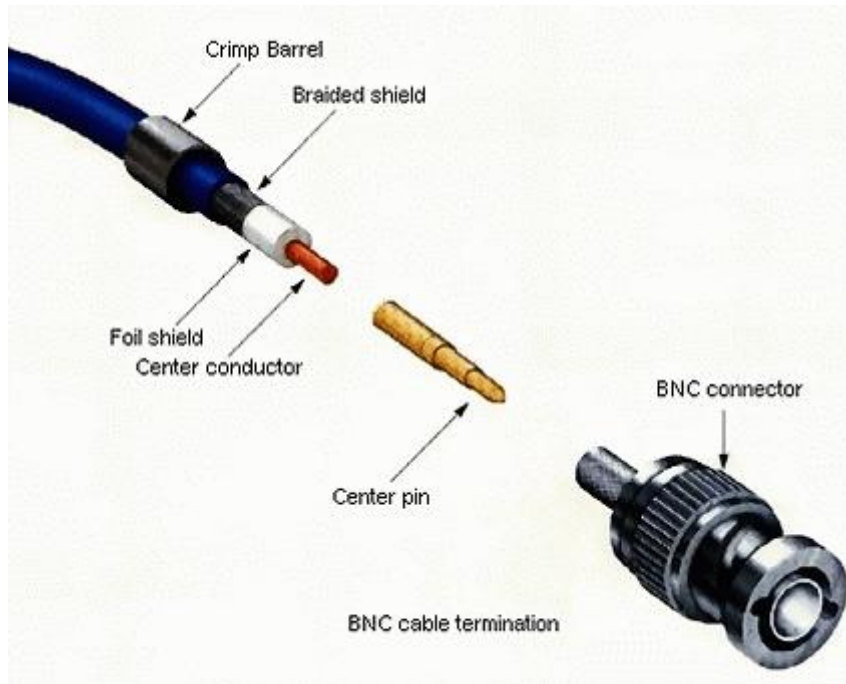
Koaksiaalikaapeli on kehitetty videojärjestelmiä varten, joten sen ominaisuudet vastaavat symmetrisiä kaapeleita paremmin kameravalvonnan tarpeita. Koaksiaalikaapelin rakenne, jossa keskijohtimen ympärillä oleva kupariverkko toimii toisena johtimena, antaa hyvä sähkömagneettisen suojan. Johtimien välillä on eristekerros ja ulkojohtimen päällä voi olla lisäksi folio parantamassa häiriösuojausta. Sisäjohdin voi olla säikeinen tai lankamainen riippuen siitä, halutaanko kaapelilta hyviä taivutusominaisuuksia vai pienempää vaimennusta. Myös ulkojohdin voi samasta syystä olla joko palmikoitu tai putkimainen.

Kuten edellä todettiin, suuritaajuinen signaali kulkee enimmäkseen kaapelin pinnassa, jolloin säikeinen johdin aiheuttaa enemmän vaimennusta sileään lankamaiseen johtimeen verrattuna. Sisä- ja ulkojohtimen välinen eristeaine vaikuttaa myös kaapelin siirto-ominaisuuksiin, kuten ominaisimpedanssiin, vaimennukseen ja heijastusvaimennukseen. [3, s. 20, 21.]

Koska koaksiaalikaapelin rakenne on tiivis, se sietää hyvin taivuttelua verrattuna parikaapeliin, sillä parikaapelin ominaisuudet heikkenevät, jos sen johdinparit kiertyvät auki tai niiden välinen symmetria muuttuu. Koaksiaalikaapeli on kuitenkin kalliimpi vaihtoehto verrattuna parikaapeliin sen monimutkaisemman ja vaikeammin valmistettavan rakenteen takia. Paksummilla maa-asenteisilla koaksiaalikaapeleilla voidaan siirtää jopa 2 Gbit/s dataa yli kilometrin matkan. Sisäasennukseen tarkoitetuilla koaksiaalikaapeleilla taas suurin siirtomatka on 400 m:n luokkaa, kun sallitaan 6 dB vaimennus. 6 dB vaimennus signaalissa tarkoittaa signaalin jännitteen putoamista puoleen. Tätä pidetään kuitenkin hyväksyttävänä vaimenemisena, jolloin signaalin välittämä data on vielä hyvin havaittavissa. [1, s. 49, 50; 2, s. 46.]

Koaksiaalikaapeli on yleisin kaapelityyppi vanhoissa analogiakamerajärjestelmissä. Se vaatii käytettäväksi point-to-point -kytkentätapaa, jossa kaapeli liitetään suoraan kameran ja keskuslaitteen välille. Kytkentään käytetään BNC-liittintä, joka kiinnitetään

kaapeliin puristusliitoksella. Koaksiaalikaapeli vaatii molempiin päihin pätevästukset, jotta vältetään vastaanotetun signaalin laatua huonontavilta takaisinheijastumilta. Koaksiaalikaapelin ja BNC-liittimen rakenne selviävät kuvasta 1, jossa näkyvät järjestyksessä vasemmalta oikealle puristuskiinnitysrengas, ulompi verkkojohdin, foliosuoja, keskijohdin, liittimen keskipinni ja BNC-naarasliitin.



Kuva 1. Koaksiaalikaapelin ja BNC-liittimen rakenne [4]

Koaksiaalikaapelin vaimennus on symmetristä kaapelia pienempi, joten se mahdollistaa pidemmät yhtenäiset siirrot. Pitkän tiedonsiirtomatkan päässä olevan kameran koaksiaalikaapeloinnin muutos yleiskaapelointijärjestelmän mukaiseksi saattaa olla haasteellista ja vaatia mahdollisesti useita kytkimiä matkan varrelle, sillä yleiskaapeloinnin kaapelinpituus on maksimissaan 100 m. [5, s. 51.]

Koaksiaalikaapelia valittaessa tulee ottaa huomioon niin rakenteelliset kuin sähköisetkin ominaisuudet. Kaapelin päähän kiinnitettävän kameran ominaisimpedanssin on vastattava kaapelin ominaisimpedanssia. Ominaisimpedanssiltaan 75Ω kaapelit soveltuvat parhaiten kamerajärjestelmien videokuvansiirtoon. Kun siirtolinjan ja päätelaitteen ominaisimpedanssit vastaavat toisiaan, vältetään haitallisilta takaisinheijastumilta signaalissa.

Taulukossa 1 esitetään yleisimpien 75 Ω koaksiaalikaapeleiden ominaisuuksia. Siitä voidaan nähdä ulko- ja sisäjohtimen sekä niiden välisen eristeen resistanssit millimetriä kohden, ulkojohtimen rakenne, pienin taivutussäde, massa kilometriä kohden, kapasitanssi metriä kohden, silmukkaresistanssi kilometriä kohden sekä vaimennus 5 MHz:n ja 10 MHz:n taajuuksilla 100 m kohden. Kaapeleista RG59 ja RG11 on tarkoitettu sisäasennuksiin, Tellu13 putkiasennuksiin ja muut paksummat Tellu-kaapelit maa-asennuksiin. [1, s. 49, 52.]

Taulukko 1. 75 Ω koaksiaalikaapeleiden teknisiä tietoja [1, s. 52]

Kaapelityyppi	Sisäjohtin Ω/mm	Eristeen Ω/m	Ulko Ω/m	Ulkojohtin	Pienin taivutus säde	Massa kg/km	Kapasitanssi pF/m	Silmukka-ka-resistanssi Ω/km	Vaimennus $\text{dB}/100 \text{ m}$	
									5 MHz	10 MHz
RG59 B/U	0,58	3,7	6,1	Cu-palmikko	30	53	67	81	2,8	3,8
Tellu 13	1,0	4,8	7,0	CU-folio+palmikko	15	56	56	34	1,3	1,8
RG11 A/U	1,2	7,25	10,3	Cu-palmikko	50	150	67	26	1,5	2,0
Tellu 7	1,7	8,2	11,0	Cu-putki	85	140	51	10,1	0,7	1,0
Tellu 5	2,8	13,1	16,5	Cu-putki	125	260	51	4,7	0,5	0,65
Tellu 3	4,2	19,1	23,0	Cu-putki	180	510	51	2,3	0,3	0,45

Taulukosta 1 voitiin havaita, että paksummissa maakaapeleissa vaimennus on huomattavasti ohuempia sisäasennuskaapeleita pienempi, jolloin niillä voidaan rakentaa pidempiä siirtolinjoja. Paksummat kaapelit eivät kuitenkaan sovellu sisäasennuksiin, koska ne ovat painavia eikä niitä suuren pienimmän taivutussäteen takia saa taipumaan sisätilojen tiukkoihin mutkiin. Sisäasennuksiin tarkoitettujen kaapeleiden käsittely on helpompaa, koska ne ovat kevyitä ja ohuita. Tellu 13 soveltuu hyvin putkiasennuksiin, koska sen liukas eriste vaippa helpottaa kaapelin vetämistä putkeen.

3 Kiinteistön yleiskaapelointi

3.1 Yleiskaapeloinnin pääperiaatteet

Yleiskaapeloinnin pääperiaatteena on määrämuotoisen tietoliikennekaapeloinnin toteuttaminen kaikkien kiinteistön laitteistojen toimintaa varten. Aiemmin jokaisella sovelluksella on ollut oma kaapelointiverkkonsa, jota ei ole voitu hyödyntää muissa järjestelmissä. Yleiskaapeloinnin tarkoituksena on luoda joustava ja helposti muunneltava kaapelointijärjestelmä, jota pystytään hyödyntämään kaikissa kiinteistön sovelluksissa. Yleiskaapelointi on helposti muokattavissa kaapelointitarpeen muuttuessa, jolloin se luo jo rakennettaessa kustannustehokkaan järjestelmän.

Yleiskaapeloinnissa käytettävät komponentit ja kaapelit on standardoitu, jolloin liitettävyys eri valmistajien laitteiden välillä on mahdollista. Standardointi takaa myös tasaisen suorituskyvyn ja laadun kaikille komponenteille. Kilpailu komponenttimarkkinoilla on avointa, joka taas takaa kohtuullisen hintatason.

Yleiskaapelointia on jo pitempään käytetty tietoliikennekaapelointiin, missä se on hyvin osoittanut toimivuutensa. Tästä syystä sen käyttöönotto turvatekniikan tiedonsiirtoon on luotettavaa ja edullista. Yleiskaapelointi on myös yleistymässä kaikissa kiinteistöjen järjestelmien tiedonsiirrossa, joten sen kehitys ja tulevaisuuden käyttö on erittäin todennäköistä. [6, s. 8, 9, 27.]

3.2 Yleiskaapeloinnin standardit

Eurooppalaisia EN-standardeja yleiskaapelointia varten laatii CENELEC-järjestö. EN-standardit on muutettava Suomessa kansallisiksi SFS-standardeiksi. Standardien muutos on veloitettava, sillä Suomi on CENELEC:n jäsenmaa. Käännös kansallisiksi standardeiksi mahdollistaa standardien helpon käytön ja laajan tuntemuksen. Käytössä ei saa olla ristiriitaisia EN- ja SFS-standardeja.

Yleiskaapelointistandardisarjaan EN 50173 kuuluvat standardit määrittävät yleiskaapeloinnin Euroopan unionin alueella. Standardi SFS-EN 50173 on suomennettu versio kyseisestä standardista. Sarjan standardit toimivat työkaluina kaapeloinnin suunnittelun, asennuksen ja käytön kanssa työskenteleville henkilöille.

Standardi SFS-EN 50173-1 sisältää yleiskaapelointijärjestelmien yleiset vaatimukset. Standardi koskee parikaapelointia ja optista kaapelointia lähtökohdaltaan alle 2 000 m kaapeliulottuvuudella. Standardissa määritellään myös kaapeloinnin toiminnalliset osat: perusmitoitus, kaapeloinnin rakenne, siirtoteiden suorituskyky sekä kaapeloinnin ja rakenneosien suorituskyky.

Standardissa SFS-EN 50173-2 määritellään yleiskaapelointi toimistotiloissa ja standardissa SFS-EN 50173-3 yleiskaapelointi asuinkiinteistöjen osalta. Standardeja noudattaen tehtyjä asennuksia ei välttämättä tarvitse testata, koska voidaan olettaa, että asennus täyttää tällöin kaikki vaatimukset. [5, s. 25, 26, 27, 41.]

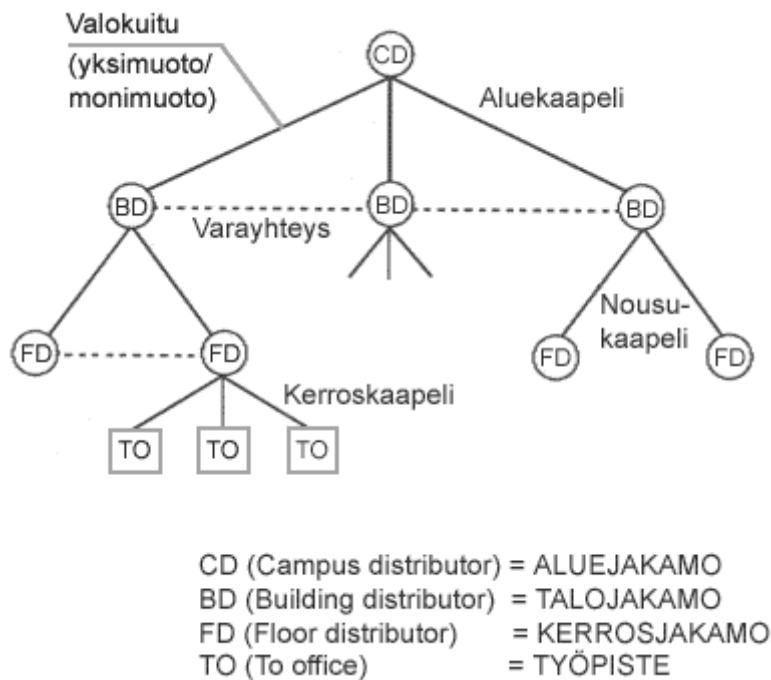
3.3 Yleiskaapeloinnin rakenne

Yleiskaapeloinnin ollessa standardoitu se noudattaa aina tiettyä perusrakennetta. Kaapelointi on tällöin tähtimuotoinen ja siinä on aina samat toiminnalliset osat, kuten jakamot, kaapelit ja liitántärsiat. Kaikenlaisiin kiinteistöihin asennetaan kiinteistötyypistä riippumatta standardissa SFS-EN 50173 määritelty runkokaapelointi. [5, s. 26, 27.]

Runkokaapelointiin kuuluvat seuraavat toiminnalliset osat:

- aluejakamo, CD (Campus Distributor)
- aluekaapeli
- talojakamo, BD (Building Distributor)
- nousukaapeli
- kerrosjakamo, FD (Floor Distributor). [6, s. 29.]

Kuvassa 2 esitetään runkokaapeloinnin perusrakenne, mistä löytyvät kaikki runkokaapeloinnin toiminnalliset osat sekä työpisteet, joita voidaan tämän työn osalta pitää kameroina.



Kuva 2. Runkokaapeloinnin perusrakenne ja kaapelointitopologia [6, s. 31]

Kuten kuvasta 2 havaittiin, kamerakäyttöön toteutettuna kaapelointi on aina tähtimäinen, jossa jokaiselle kameralle tuodaan oma kaapeli kerrosjakamosta eli kytkimeltä. Tiedonsiirtovälien ylittäessä yleiskaapelointistandardin maksimijohdonpituuden, joka on 100 m, välille tulee asentaa uusi kytkin.

Kuvassa 2 esitetyt työpisteet ovat RJ45-liitäntärasioita, joihin asennettavat kamerat kytketään työpistekaapelilla. Työpistekaapeleiden ominaisuuksia ei ole määritelty standardeissa, joten niistä voi löytyä merkittäviä laatueroja. Tästä syystä hyvän tiedonkulun varmistamiseksi on syytä käyttää vain luotettavan valmistajan komponentteja.

3.4 Yleiskaapeloinnissa käytettävät kaapelit

Viestintäviraston vuonna 2008 antaman määräyksen mukaan yleiskaapelointi tulee toteuttaa vähintään kategorian 6 kaapeleilla. Tästä syystä uudet yleiskaapeloinnit toteutetaan lähes poikkeuksetta Cat6-kaapeleilla [7, s. 3]. Kategorian 6 kaapeleilla päästään 10 Gbit/s:n tiedonsiirtonopeuteen lähiverkossa, mutta sitä voidaan tietysti käyttää myös hitaampien lähiverkkojen kaapelointiin. Cat6-kaapelin maksimisignaalityajuus on 250 MHz. Kun Cat6-kaapelia käytetään 10GBase-T-lähiverkossa, sen maksimipituus on rajoittunut. Tällöin voidaan asentaa vain 55 m pituisia kaapeleita. Kategoriassa 6 on myös kaksi laajennusta, Cat6e ja Cat6a. Cat6e-kaapelin suurin taajuus on 500 MHz, mutta tälle luokalle ei ole olemassa omaa standardia. Cat6a-kaapelilla taas maksimisignaalityajuus on 525 MHz ja sillä voidaan kaapeloida 10GBase-T-lähiverkko ilman pituusrajoitusta aina 100 m:iin asti. Jotta tavoiteltuun lähiverkon nopeuteen päästäisiin, se vaatii kaapeleiden lisäksi sen, että yleiskaapeloinnin kaikki rakenneosat ovat vastaavaa kategorialuokkaa. [3, s. 43, 44; 5, s. 44.]

Viestintäviraston määräyksestä huolimatta voidaan tietysti haluttaessa käyttää alemmakin kategorialuokkaa yleiskaapeloinnissa, kuten esimerkiksi Cat5e. Tällaisella ratkaisulla saadaan mahdollisesti säästöjä rakenneosien hinnassa, mutta toisaalta tällöin lähiverkon laatu kärsii. Ennen määräyksen voimaantuloa on yleiskaapelointi toteutettu useissa kohteissa Cat5e-kaapelilla. Kategorian 6 komponentteja voidaan kuitenkin tarvittaessa käyttää alemman luokan kokoonpanoissa. [7, s. 3.]

4 Ethernet over COAX/UTP-muuntimet

Useat valmistajat tarjoavat vanhoja koaksiaalikaapeleita hyödyntäviä muuntimia, jotka syöttävät Ethernet-kaapelia pitkin tulevan tiedon kulkemaan koaksiaalikaapeliin. Muuntimet mahdollistavat vanhan analogikameran korvaamisen uudemmalla IP-kameralla ilman, että kaapelointia tarvitsisi vaihtaa Cat-kaapeliin. Ajatuksena on, että kameran uusintatöissä päästäisiin mahdollisimman vähäisellä työllä, ja tämän avulla saavutettaisiin säästöjä sekä ajallisesti että rahallisesti.

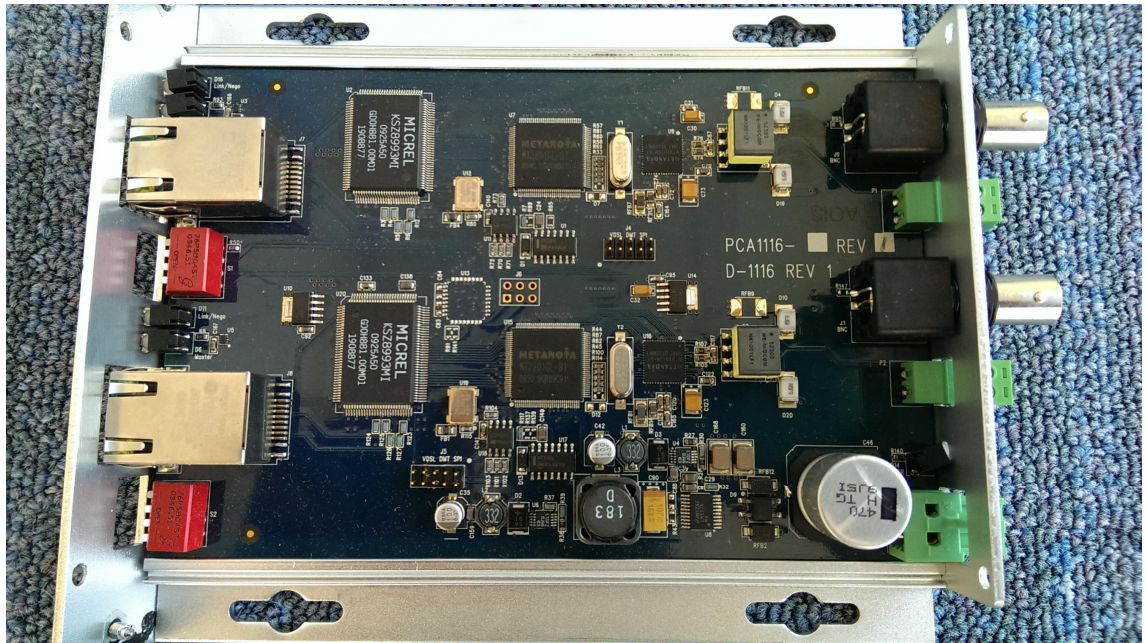
Eräät valmistajat tarjoavat myös parikaapeleita hyödyntäviä muuntimia, joissa saadaan sama Ethernet-data siirrettyä jo olemassa olevaa puhelinkaapelia pitkin. Tällainen kaapeli on esimerkiksi kategorian 3 kaapeli.

Koaksiaalikaapelia pitkin tapahtuva tiedonsiirto on määritelty IEEE 802.3- ja IEEE 802.3a-standardeissa. Koaksiaalikaapelia ei kuitenkaan normaalisti käytetä Ethernet-kaapeloinnissa sen korkean hinnan takia.

Ennen parikaapelien käytön yleistymistä ja standardointia vuonna 1990 koaksiaalikaapelointia on käytetty lähiverkon rakentamiseen. Tästä syystä joissain vanhoissa kiinteistöissä voi vielä olla tämäntyyppisiä kaapelointeja.

4.1 Muuntimen toimintaperiaate

Valmistajilta ei työn aikana saatu kunnollista tietoa laitteiden toiminnasta, vaikka sitä koskien lähetettiin useita kyselyitä. Ainoa saatu vastaus oli Comnetiltä, joka lähetti kuvan 3, missä on CNFE2EOC-muunnin kotelo avattuna.



Kuva 3. Comnetin CNFE2EOC-muunnin kotelo avattuna

Kuvasta 3 voitiin havaita laitteen joidenkin komponenttien mallinumerot, joista ei kuitenkaan löytynyt mitään datalehtiä tai muita tietoja. Samassa viestissä kerrottiin muuntimen käyttävän VDSL2-tekniikkaa, mikä on alun perin kiinteistöjen tilaajaliittymien jatkamiseen kehitetty DSL tekniikka, silloin kun valokuidun jatkaminen ei ole tarkoituksenmukaista. VDSL on lyhenne sanoista *Very high speed Digital Subscriber Line* ja se on DSL-tekniikka, joihin kuuluu myös ADSL, HDSL ja SDSL. VDSL2:n siirtonopeus on 100/100 Mb/s ja se käyttää taajuusalueelta 25 kHz - 12 MHz kahta taajuuskanavaa ylävirtaan ja kahta alavirtaan. Taajuuskanavat 3,73 - 5,25 MHz ja 8,5 - 12 MHz ovat ylävirtaan, sekä 1,1 - 3,75 MHz ja 5,2 - 8,5 MHz alavirtaan. Lisäksi ylävirtaan suuntautuvaa liikennettä varten on taajuuskanava 25 - 138 kHz. Taajuuksien kanavajako voi olla joko 4,3125 kHz tai 8,625 kHz. Muiden valmistajien laitteiden toiminnasta ei ole tietoa mutta ne voivat todennäköisesti käyttää kaikki tätä samaa tekniikkaa. [2, s. 387 - 389.]

4.2 Muuntimien ominaisuudet

4.2.1 Muuntimien kotelointi

Valmistajilla on tarjolla erilaisiin käyttökohteisiin tarkoitettuja laitteita. Laitteen kotelointi on voitu toteuttaa koviin olosuhteisiin sopivaksi (*hardened*), mikäli asennuspaikan olosuhteet ovat vaativat ja laitesuojan asentaminen paikalle ei ole mahdollista. Yleisesti laitteet on koteloitu toimimaan 0 °C - 50 °C lämpötilassa ja maksimissaan 85 % - 95 % kosteudessa.

Kevyemmin koteloidut laitteet eivät välttämättä kestä teollisuuden tiloissa, jos lämpötila on korkea ja ilmassa on pölyä tai muita epäpuhtauksia. Liittimet ovat kaikkien valmistajien laitteissa avoimia, joten ne sekä johtimet ovat alttiina vaurioille muuntimen koteloinnista huolimatta.

4.2.2 Power over Ethernet -virransyöttöjärjestelmä

Power over Ethernet eli PoE on tarjolla usean valmistajan laitteissa. Power over Ethernet on järjestelmä, jolla kameralle voidaan syöttää heikkovirtaa signaalikaapelia pitkin. Power over Ethernet poistaa erillisen virtalähteen tarpeen kameran asennuspaikalla, kun kameran virransyöttö voidaan toteuttaa suoraan signaalikaapelilla. Tämä pienentää asennus- ja laitekustannuksia. Kameran voivat tarvita lisävirtaa myös mm. linssin ja kotelon sulana pitoon ulkotiloissa. Myös toiminnalliset kupukamerat eli liikkuvapäiset kamerat tarvitsevat lisävirtaa servomoottorien pyörittämiseen.

PoE on määritelty IEEE 802.3af-standardissa ja se mahdollistaa enimmillään 15,4 W tehon 48 V jännitteellä syötettävän tiedonsiirtokaapeliin. Lisäksi standardin vaatimusten mukaan kaapelin on oltava vähintään Cat3-luokkaa. [8, s. 41.]

PoE+ on määritelty standardissa IEEE 802.3at ja se mahdollistaa enimmillään 25,5 W ja 48 V syötön tiedonsiirtokaapelissa. PoE+ on siis kehittyneempi versio PoE:sta ja sillä saadaan siirrettyä käyttöjännite suuremman tehontarpeen omaavalle kameralle. Kaapelivaatimus PoE+ yhteydessä on Cat5. [9, s. 62.]

Ulkokamerat vaativat usein lämmityksen, jotta niiden linssit ja kotelot pysyvät sulina. PoE-virransyöttö vaatii myös virransyöttöön soveltuvan kytkimen. Mikäli kameran tehontarve on suuri tai siirtomatka pitkä, vaaditaan lisäksi erillinen virtalähde syöttämään *Ethernet over Coax*-muuntajaa. PoE-syöttö on tasavirtaa, ja sen häviöt ovat sen takia suuret pitkillä siirtomatoilla. Asennettavien kaapeleiden ja laitteiden määrä on kuitenkin pienempi, jolloin PoE:n aiheuttamat häviöt ovat hyväksyttäviä. Valmistajien tarjoamat muuntimet siirtävät Ethernet-kaapelilla syötettävän jännitteen koaksiaalikaapeliin ja päinvastoin.

4.2.3 Muuntimien tehonkulutus

Muuntimet ovat pienitehoisia, ja niiden tehonkulutus on 1 W - 2 W. Muuntimet vaativat taakseen PoE-kytkimen niiden tehonsyöttöä varten. Joidenkin valmistajien muuntimiin voidaan liittää myös erillinen virtalähde, mutta tämä on kuitenkin vähemmän käytetty ominaisuus. Vaikka muuntimet ovat pienitehoisia, muodostuu niistä suuri kuorma kytkimelle, jos kytkimen jokaiseen porttiin on liitetty kaksi muunninta. PoE-kytkimen tehobudjetti tulee siis olla tiedossa, ja se tulee ottaa huomioon laitteistoa suunniteltaessa varsinkin, jos on tarkoitus hyödyntää vanhoja koaksiaalikaapeleita ja EoC-muuntimia.

Joissain kiinteistöissä voi olla asennettuna suuria kytkinjärjestelmiä, joissa ei ole PoE-ominaisuutta. Tällaisissa tapauksessa PoE-syöttö toteuttaa midspan-kytkimen avulla joka välittää tietosignaalin eteenpäin ja liittää siihen PoE-syötön.

4.2.4 Muuntimien verkko-ominaisuudet

Muuntajat ovat verkossa läpinäkyviä, eli niihin ei tarvitse asennuksen jälkeen tehdä asetuksia, kuten määrittää osoitteita. Uudelle kameralle tuleva osoite näkyy suoraan reitittimelle, kuten yleiskaapelointia käytettäessä. Muuntimille luvataan yleisesti 100BaseTX Full Duplex -tiedonsiirtokapasiteetti, eli uutta yleiskaapelointijärjestelmää vastaavaan 10GBase-T-tiedonsiirtonopeuden tasolle ei näillä muuntajilla päästä. Kameroiden tiedonsiirtotarve ei kuitenkaan ole niin suuri, ettei 100 Mb/s:n tiedonsiirtonopeus riittäisi niiden käyttöön.

4.3 Muuntimien valmistajat

Markkinoilla on usean valmistajan samantyyppisiä laitteita, joissa on kuitenkin eroja niin suurimpien siirtomatkojen kuin koteloinninkin osalta. Seuraavassa vertaillaan eri valmistajien malleja ja selvitetään, millaisiin olosuhteisiin ja järjestelmiin ne parhaiten soveltuvat.

Axis

Axisella on mallistossaan vain yksi *Ethernet over Coax*-muunnin T8640. Laitteessa on PoE+ -ominaisuus, ja kotelointi on toteutettu sisäasennuksiin sopivaksi. Laite on koteloinniltaan, mitoiltaan ja ominaisuuksiltaan lähes identtinen Veracityn Highwire Powersstar laitteen kanssa. Voidaan olettaa, että kyseessä on sama laite lisensoituna eri valmistajalle. Nettohinnaltaan Axisin laite on kalliimpi kuin Veracityn vastaava. Axis lupaa muuntimelleen vain vuoden takuun, joka on huomattavan lyhyt.

Comnet

Comnet tarjoaa valmistajista laajimman valikoiman erilaisia muuntajia. Valikoimista löytyy vaativiin oloihin koteloituja laitteita ja valmistajan kaikki laitteet on koteloitu huomattavasti vahvempiin koteloihin kuin muilla vertailtavilla valmistajilla. Kaikissa laitteissa on mahdollisuus koaksiaali- ja parikaapelitiedonsiirtoon, eli molemmille kaapelityypeille löytyy liittimet. Comnet lupaa tuotteilleen laitteesta riippuen joko viisivuotisen tai elinikäisen takuun, joka on parempi kuin millään muulla valmistajalla. Comnetin tuotteille voidaan näin ollen laskea pidempi elinikä, joka tulee huomioida kustannuslaskennassa. Elinikäinen takuu on rajoitettu ja loppuu viiden vuoden kuluttua tuotteen myynnin eli eliniän päättymisestä.

Nitek

Nitekillä on tarjolla kuusi erilaista muunninta. Yksiporttisia muuntimia on tarjolla PoE:lla ja ilman sekä neliporttinen laite PoE:lla. Kaikki muuntimet ovat tarjolla joko COAX tai UTP-liittimillä, mutta kumpaakin liittintä laitteisiin ei saada samanaikaisesti kuten Comnetin tuotteissa. Laitteet on koteloitu metallikoteloihin, mutta niitä ei ole tarkoitettu asennettavaksi vaativiin olosuhteisiin. Nitek myöntää laitteilleen 2 vuoden takuun.

Veracity

Veracityllä on tarjolla neljä eri muunninta: Highwire, Highwire PoE, Highwire Powerstar ja Highwire Quad. Highwire on sisäasennuksiin koteloitu muunnin ilman PoE-ominaisuutta, jolloin kameralle ja molemmille muuntimille tarvitaan omat erilliset virransyötöt. Highwire PoE-mallissa kameran virransyöttö voidaan ottaa muuntimesta, eikä sille tarvita omaa virtalähdettä. Veracityn kaikille laitteille luvataan samat tiedonsiirtoetäisyydet mallista riippumatta. Laitteista Highwire ja Highwire Powerstar on koteloitu muovikoteloihin ja Highwire PoE sekä Highwire Quad metallikoteloihin. Veracity myöntää laitteilleen Nitekin tapaan 2 vuoden takuun.

4.4 Muuntimien ominaisuudet

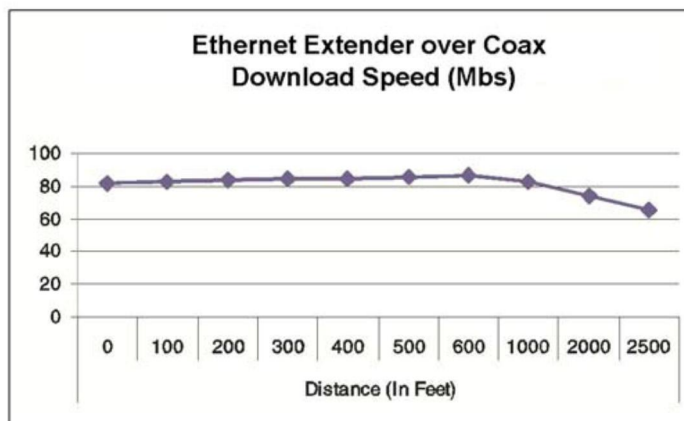
Taulukossa 2 on koottu valmistajien omilta datalehdiltä muuntimien ominaisuuksia. Valmistajat ilmoittavat laitetietonsa hyvin eriävillä tavoilla, joten niiden suora vertailu ei valitettavasti ole mahdollista. Tärkeimpänä vertailtavana ominaisuutena tämän työn kannalta voidaan pitää maksimaalista siirtomatkaa koaksiaalikaapelissa.

Taulukko 2. EoC-muuntimien ominaisuuksia

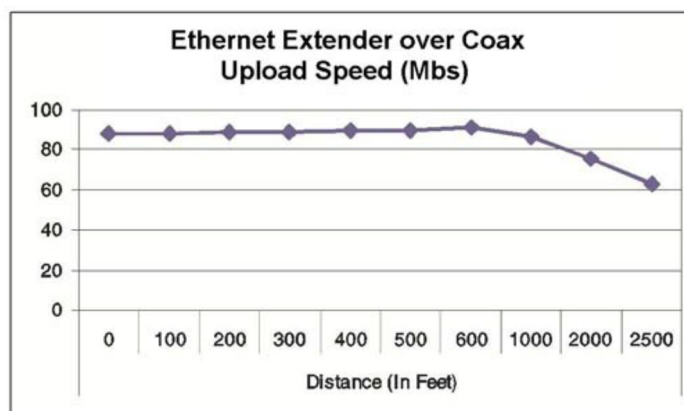
Axis	Chan-nels	Hardened	COAX dist.	PoE	Operating Voltage
T8640 ^[10]	1		350 m @ 100 Mbit/s	25.5 W	44-57 VDC
Comnet					
CNFE1EOC-M ^[11]	1		457 m @ 76 Mbit/s	-	12/27 VAC
CNFE2EOC ^[12]	2		457 m @ 76 Mbit/s	-	12/27 VAC
CNFE1CL1MC(-M) ^[13]	1	x	457 m @ 76 Mbit/s	-	12/27 VAC
CNFE2CL2MC ^[14]	2	x	457 m @ 76 Mbit/s	-	12/27 VAC
CLFE(x)COAX ^[15]	1/4/8/16	x	548 m @ 100BaseT	15.4 W	12 VDC
Nitek					
VR124COAX ^[16]	1		750 m @ 65 Mbit/s	-	24 VAC
VR148COAX ^[17]	1		750 m @ 65 Mbit/s	15.4 W	24 VAC
VR448COAX ^[18]	4		750 m @ 65 Mbit/s	10 W	24 VAC/DC Receiver 48 VDC Transmitter
Veracity					
Highwire ^[19]	1		300 m @ 100 Mbit/s	-	8-57 VDC / 20-28 VAC
Highwire PoE ^[20]	1		300 m @ 100 Mbit/s	15.4 W	8-57 VDC / 20-28 VAC
HW Powerstar ^[21]	1		300 m @ 100 Mbit/s	25 W	40-50 V DC
Highwire Quad ^[22]	1		300 m @ 100 Mbit/s	30.8 W / 15.4 W / port	10-40 VDC / 20-28 VAC

Taulukosta 2 voitiin nähdä että valmistajien PoE-järjestelmien tehon ulostulo eroaa, vaikka PoE on standardoitu järjestelmä. Tämä voi johtua myös valmistajien eri tavoista ilmoittaa laitetietojansa. Kaikissa koaksiaalikaapeliin syöttävissä laitteissa on Ethernet-tiedonsiirtoliittimenä RJ45-portti, mihin Ethernet-kaapeli on helppo liittää. Koaksiaalikaapelin liitäntäpuolella on kaikissa BNC-liitin.

Kaikkien valmistajien laitteet näyttävät mahdollistavan suunnilleen yhtä pitkät siirtomatkat, jos niitä verrataan Nitekin VR124COAX-muuntimen datalehdessä graafeihin. Kuvissa 4 ja 5 esitetään valmistajan antamat taulukot muuntimen suoritusarvoista lataus- ja lähetysnopeuden osalta matkan funktiona. Taulukoissa on pituus annettu jalkoina, joka on 0,3048 m. Graafeissa 600 jalkaa vastaa tällöin n. 180 m, 1 000 jalkaa 300 m ja 2 500 jalkaa 760 m. Vertailussa tulee ottaa huomioon, että valmistajat ilmoittavat siirtomatkinsa eri kaapelityypeille ja eri matkoille. Datalehtien tietojen perusteella muita pidempään tiedonsiirtomatkaan pystyy Comnetin CLFE(x)COAX-sarjan muuntimet.



Kuva 4. Nitek VR124COAX-koaksiaalikaapelin latausnopeus [10]



Kuva 5. Nitek VR124COAX-koaksiaalikaapelin lähetysnopeus [10]

Taulukossa 3 on koottu Comnetin ja Nitekin valmistamien muuntimien symmetrisen kaapelin tiedonsiirto-ominaisuuksia. Taulukon tiedot on koottu valmistajien omilta data-lehdiltä.

Taulukko 3. Ethernet over UTP -muuntimien ominaisuuksia

Comnet	Channels	Hardened	Twisted Pair dist.	PoE	Op Voltage
CNFE1EOC-M ^[11]	1		305 m @ 70 Mbit/s		12/27 VAC
CNFE2EOC ^[12]	2		305 m @ 70 Mbit/s		12/27 VAC
CNFE1CL1MC(-M) ^[13]	1	x	305 m @ 70 Mbit/s		12/27 VAC
CNFE2CL2MC ^[14]	2	x	305 m @ 70 Mbit/s		12/27 VAC
CLFE(x)UTP ^[15]	1/4/8/16	x	548 m @ 100BaseT	15,4 W	12 VDC
Nitek					
VR124UTP ^[23]	1		450 m @ 70 Mbit/s		24 VAC
VR148UTP ^[24]	1		450 m @ 70 Mbit/s	10 W	24 VAC
VR448UTP ^[25]	4		450 m @ 70 Mbit/s	9 W	24V AC/DC

Taulukosta 3 voitiin havaita että käytettäessä siirtomediana UTP-kaapelia päästään samoihin lukemiin koaksiaalikaapelin kanssa. Vanhan kategorian UTP-kaapelien käytössä on kuitenkin huonoja puolia. Näitä ovat lähetys ja vastaanotinvahvistimen tarve, sekä kaapeleiden epätasalaatuisuus. UTP-kaapelilla voidaan hyvissä olosuhteissa päästä hyviinkin tuloksiin, mutta tiedonsiirto ei välttämättä pitkillä matkoilla ole enää luotettavaa johtuen kaapelin sopimattomista ominaisuuksista. (Ks. 2.1)

4.5 Muuntimien nettohinnastot

Esimerkkikohteissa tehtävää kustannusvertailua varten kootut hinnastot on koottu valmistajien omista nettohinnastoista. Kaikki hinnat ovat ALV 0 % ja arvonlisäverotonta hintaa käytetään vertailuissa myös muiden rakenneosien kuten kaapeleiden hinnoissa.

Taulukossa 4 esitetään *Ethernet over Coax* -muuntimien hinnat ja taulukossa 5 *Ethernet over UTP* -muuntimien hinnat. Jotkin valmistajat ovat omissa hinnastoissaan esittäneet hinnat/laittepari, mutta taulukkoon on selvyuden takia laitteiden yksikköhinnat.

Taulukko 4. *Ethernet over Coax* -muuntimien hinnat/laitte

Axis		
T8640	Ethernet over coax Adaptor PoE+	192,00 €
Comnet		
CNFE1EOC-M	Media Converter, Light Industrial 0-60°C, 1 Channel Ethernet to UTP or Coax, 10/100Mbps, Mini	429,00 €
CNFE2EOC	Dual Media Converter, Light Industrial 0-60°C, 2 Channel Ethernet to UTP or Coax, 10/100Mbps	702,00 €
CNFE1CL1MC(-M)	Media Converter, Industrial Grade, 1 Channel Ethernet to UTP or Coax, 10/100Mbps, Mini	507,00 €
CNFE2CL2MC	Dual Media Converter, Industrial Grade, 2 Channel Ethernet to UTP or Coax, 10/100Mbps	780,00 €
CLFE1COAX	Single Channel Ethernet over Coax with Pass-Through PoE, 10/100Mbps, Industrial, Mini	297,00 €
CLFE4COAX	Four Channel Ethernet over Coax with Pass-Through PoE, 10/100Mbps, Industrial, Module	1 053,00 €
CLFE8COAX	Eight Channel Ethernet over Coax with Pass-Through PoE, 10/100Mbps, Industrial, 1U 19inch	1 443,00 €
CLFE16COAX	Sixteen Channel Ethernet over Coax with Pass-Through PoE, 10/100Mbps, Industrial, 1U 19inch	3 042,00 €
Nitek		
VR124COAX	Active IP convertor for Coax up till 500 meter	175,00 €
VR148COAX	High Speed Ethernet Extender w/PoE - up 750	175,00 €
VR448COAX	Active IP converter for COAX cable till 750 meter	375,00 €
Veracity		
Highwire	HIGHWIRE Ethernet over coax device (single unit)	114,50 €
Highwire PoE	HIGHWIRE Ethernet over coax device with POE OUT	150,50 €
HW Powerstar	HIGHWIRE Powerstar Ethernet & PoE over coax BASE/CAMERA unit	135,50 €
Highwire Quad	HIGHWIRE Quad 4-Port with 4 x POE OUT	238,00 €

Taulukko 5. Ethernet over UTP -muuntimien hinnat/laitte

Comnet		
CNFE1EOC-M	Media Converter, Light Industrial 0-60°C, 1 Channel Ethernet to UTP or Coax, 10/100Mbps, Mini	429,00 €
CNFE2EOC	Dual Media Converter, Light Industrial 0-60°C, 2 Channel Ethernet to UTP or Coax, 10/100Mbps	702,00 €
CNFE1CL1MC(-M)	Media Converter, Industrial Grade, 1 Channel Ethernet to UTP or Coax, 10/100Mbps, Mini	507,00 €
CNFE2CL2MC	Dual Media Converter, Industrial Grade, 2 Channel Ethernet to UTP or Coax, 10/100Mbps	780,00 €
CLFE1UTP	Single Channel Ethernet over UTP with Pass-Through PoE, 10/100Mbps, Industrial, Mini*	320,00 €
CLFE4UTP	Four Channel Ethernet over UTP with Pass-Through PoE, 10/100Mbps, Industrial, Module*	1 092,00 €
CLFE8UTP	Eight Channel Ethernet over UTP with Pass-Through PoE, 10/100Mbps, Industrial, 1U 19inch*	1 521,00 €
CLFE16UTP	Sixteen Channel Ethernet over UTP with Pass-Through PoE, 10/100Mbps, Industrial, 1U 19inch*	3 081,00 €
Nitek		
VR124UTP	Active IP convertor for UTP cable up till 1500	175,00 €
VR148UTP	High Speed Ethernet Extender w/PoE - up 750	175,00 €
VR448UTP	Active IP converter for UTP cable till 1600 meter	350,00 €

Taulukoista 4 ja 5 voitiin havaita, että laitteiden hinnoissa on suuriakin eroja eri valmistajien välillä. Veracityn laitteet ovat selvästi halvimpia ja Comnetin kalleimpiin laitteisiin verrattuna. Kuten aiemmin todettiin, on Comnetin laitteilla pidempi takuu, ja ne on suunniteltu toimimaan vaativimmissa oloissa kuin muiden valmistajien laitteet, joka selittää korkeamman hinnan.

5 Kustannustehokkuuden esimerkkikohteet

Kustannustehokkuuden arvioimiseksi lasketaan kahdelle esimerkkikohteelle hinta-arviot hyödyntäen oletettuja vanhoja koaksiaali- tai parikaapeleita, sekä niin, että kohteeseen asennettaisiin kokonaan uusi yleiskaapelointi kamerajärjestelmää varten. Tarkat kustannukset eri loppuratkaisuilla ovat aina kohdekohtaisia, mutta jotta saataisiin jonkinlainen arvio *Ethernet over Coax* -muuntimien käytölle, käytetään kahta erilaista esimerkkikohdetta.

Vanhoja kaapeleita hyödynnettäessä tarvitaan uusia komponentteja huomattavasti vähemmän kuin uutta yleiskaapelointia rakennettaessa, joten voidaan aluksi olettaa, että vanhaa kaapelointia hyödyntämällä ja muuntajia käyttämällä tulevat kustannukset olemaan alhaisempia. Uusi yleiskaapelointi tulee todennäköisimmin kysymykseen, jos kohteeseen on tarve uusien kiinteistön järjestelmien kaapelointeja. Yleiskaapelointi on joka tapauksessa paremmin muunneltavissa myöhempää käyttöä ajatellen. Kamerajärjestelmät ovat kuitenkin analogia-aikana olleet yleisesti täysin itsenäisiä järjestelmiä, joten on olemassa paljon kohteita, missä yleiskaapeloinnin tekemiselle ei ole tarvetta, vaan kamerajärjestelmä on ainoa uusimista vaativa kohde.

Kustannusarvioissa lasketaan arvioidun työajan mukaan työhön menevät kustannukset. Muuntimien hinnat otetaan suoraan valmistajien omista nettohinnastoista. Kategorian 6 kaapelin hinnaksi voidaan riittävällä luotettavuudella määrittää 0,50 € metri, sillä se on keskihinta katsottaessa suoraan kuluttajille myyvien toimittajien hinnastoja. Kaapelikustannukset tulevat olemaan loppukustannuksissa pieni osa, jolloin voidaan hyväksyä pieni lisähinta halvimpaan tukkutoimittajaan verrattuna.

Kohdekohtaisesti voidaan tarvita laitteille myös koteloiteja, jos käyttöolosuhteet ovat vaativat tai vaihtelevat. Siirryttäessä käyttämään uutta järjestelmää tulee myös kamerajärjestelmän tallennus- ja ohjauslaitteita uusia, mutta ne jätetään tämän työn osalta käsittelemättä. Uudet järjestelmät vaativat uusintaa kyseisille laitteille mihin tahansa loppuratkaisuun päädyttäessä, eikä niistä silloin muodostu eriäviä kustannuksia.

5.1 Kustannusvertailu

Kustannusvertailussa käytettävät esimerkkikohteet ovat oikeita rakennuksia, ja niissä olevat valvontajärjestelmät ovat todellisia. Kohteille tehtävät kustannuslaskennat ovat kuitenkin esimerkkejä, eli niitä ei ole välttämättä todellisuudessa toteutettu tai tulla toteuttamaan. Kustannukset ovat silti todellisia, jos kohteiden valvontajärjestelmää alettaisiin muuttaa analogisesta IP-järjestelmään. Yleiskaapeloinnin asennuksen ajan ja kustannusten laskentaa varten on haastateltu Stanley Securityn turvallisuussuunnittelija Anssi Kuvajaa. Työtunnit laskelmissa on laskettu noudattamalla kohtuullisen nopeaa työtahtia, jossa normaalisti asentajat pysyvät. Ihmisen suorittamaan työhön voi aina liittyä inhimillisiä erehdyksistä johtuvia viivästyksiä, mutta näiden huomioiminen ei laskettaessa ole mahdollista.

5.1.1 Kohde 1: Sikala

Ensimmäinen esimerkkikohde on sikala, jossa on ennestään analoginen kamerajärjestelmä. Järjestelmässä on 48 kameraa, jotka on kaapeloitu yhteen keskukseseen. Olosuhteet sisätiloissakin ovat sellaiset, että joudutaan käyttämään ulkokäyttöön tarkoitettuja kameroita. Kiinteitä kameroita on 45 ja ohjattavia kupukameroita on kolme. Kaapelointi on toteutettu sisäasennukseen tarkoitetulla RG59-koaksiaalikaapelilla. Kohteelle lasketaan kaapelointikustannukset uuden yleiskaapeloinnin osalta ja tätä vastaavasti verrataan vanhojen kaapelien hyödyntämiseen, jolloin käytetään *Ethernet over Coax*-muuntimia.

Kohteen valvontajärjestelmä on laaja ja kameroita on tiheässä. Minkään kameran yhteydessä ei ole tarvetta syöttää käyttäjännitettä signaalikaapelia pitkin, eli muuntimilta ei vaadita PoE-ominaisuutta. Kameroiden virransyöttö on helppo toteuttaa suoraan kameraan, koska ne on kiinnitetty kaapelihyllyyn, mihin virtapisteeet on helppo asentaa.

Sikala vastaa asennuskohteena lähes täysin uudisrakennusta, sillä kaapelikouruille on helppo pääsy ja lattiapinnat ovat vapaana kalusteista. Uuden yleiskaapeloinnin asentaminen on siis suhteellisen nopeaa ja helppoa, mikä tulee ottaa huomioon vertailtaessa IP-kamerajärjestelmän toteutusmahdollisuuksia.

Kustannukset vanhoja kaapeleita hyödyntäen

Vanhoja koaksiaalikaapeleita hyödynnettäessä suurin kuluerä muodostuu *Ethernet over Coax* -muuntimista. Jokaista kameraa kohden tarvitaan kaksi muuntajaa, jolloin kokonaismääräksi muodostuu 96 muuntajaa. Yhden muuntimen asennusaika kameran päähän on laskennallisesti 20 minuuttia ja asennuksen tuntihinta 62,50 €. Tekniseen tilaan muuntimet on helpompi asentaa, joten voidaan laskea sen vievän yhtä kauan kuin yleiskaapeloinnin kytkentäpaneelin eli 4 tuntia kahdelta asentajalta. Taulukossa 6 esitetään asennushintalaskelmat muuntimien osalta.

Taulukko 6. Muuntimien asennuskustannukset sikalassa [26]

Työ	Aika
Muuntimet kameran läheisyyteen	8 tuntia
Muuntimet tekniseen tilaan	4 tuntia
Tunnit	12 tuntia
Tunnit x2 hlö	=24 tuntia
Hinta yhteensä	1500,00 €

Taulukkoon 7 on laskettu muuntimien yhteishinta ja asennuskustannukset kun käytetään kunkin valmistajan halvinta laitetta, joka on tässä tapauksessa paras vaihtoehto kun PoE-syöttöä ei tarvita.

Taulukko 7. Sikalaan tarvittavien muuntimien yhteishinta asennettuna

Axis	Hinta
T8640	18 432,00 €
Asennus	1 500,00 €
Asennettuna	19 932,00 €
Comnet	
CNFE1EOC-M	28 512,00 €
Asennus	1 500,00 €
Asennettuna	30 012,00 €
Nitek	
VR124COAX	16 800,00 €
Asennus	1 500,00 €
Asennettuna	18 300,00 €
Veracity	
Highwire	10 992,00 €
Asennus	1 500,00 €
Asennettuna	12 492,00 €

Taulukosta 7 voitiin havaita, että muuntimista muodostuu merkittävä summa, koska kyseessä on suuri järjestelmä. Sen vuoksi voidaan jo tässä vaiheessa epäillä, onko muuntimien käyttö järkevää. Kustannuksia pystyttäisiin laskemaan käyttämällä moniporttisia muuntimia, mutta kameroiden välimatkan ollessa tasaisesti viisi metriä suositeltu viidenmetrin laitekaapelipituus ylittyisi.

Comnetin laitteilla toteutettuna järjestelmä on huomattavasti kalliimpi kuin muiden valmistajien laitteilla. Tulee kuitenkin huomioida Comnetin laitteen elinikäinen takuu, joten niiden eliniän odote on parempi. Esimerkkinä voidaan laskea neljän vuoden käyttökustannukset, joissa Comnetin laitteita ei tarvitse vaihtaa, mutta muiden valmistajien laitteista vaihdetaan 20 % eli 19 laitetta. Asennuskustannuksiksi on laskettu 400 € edeltävän mallin mukaan, joka on mukana lopullisissa kustannuksissa. Taulukossa 8 (ks. seur. s.) esitetään laitekustannukset laitevaihtojen jälkeen.

Taulukko 8. Laitekustannukset neljän vuoden käytön jälkeen

Axis	Hinta
Alkuperäinen hinta	19 932,00 €
T8640 x19	3 648,00 €
Lopulliset kustannukset	23 980,00 €
Comnet	
CNFE1EOC-M	30 012,00 €
Lopulliset kustannukset	30 012,00 €
Nitek	
Alkuperäinen hinta	18 300,00 €
VR124COAX x19	3 325,00 €
Lopulliset kustannukset	22 025,00 €
Veracity	
Alkuperäinen hinta	12 492,00 €
Highwire x19	2 175,50 €
Lopulliset kustannukset	15 067,50 €

Kustannukset yleiskaapeloinnilla

Yleiskaapelointiin siirryttäessä suurimmat kustannukset aiheutuvat uuden kaapeloinnin asennustöistä. Cat6-kaapelit asennetaan kaapelihyllyille, kameran päähän asennetaan liitosrasia ja keskukseen liitäntäpaneeli. Työt on laskettu niin, että kohteessa työskentelee kaksi sähkömiestä, joiden hinta on 500 € henkilöä kohden kahdeksan tunnin päivältä. Yhden työntekijän tuntihinnaksi muodostuu näin 62,5 € tunnilta. Kuvasta mitattuna kaapeleiden pituudeksi muodostuu 1379 m, ja kun liitäntävarat lasketaan mukaan, arvioidaan kaapelia kuluvan 1500 m. Taulukossa 9 (ks. seur. s.) esitetään asennuksiin kuluvat tuntimäärät kahdelta henkilöltä, sekä kaapelihinnat ja niiden perusteella laskettu kokonaishinta asennuksille materiaaleineen.

Taulukko 9. Yleiskaapeloinnin asennus- ja kaapelikustannukset [26]

Työ	Aika
Kaapeleiden asennus	40 tuntia
Liitännäisasiat	8 tuntia
RJ-45 paneeli	4 tuntia
Kaapeloinnin mittaus ja merkintä	4 tuntia
Tunnit	56 tuntia
Tunnit x2hlö	=112 tuntia
Asennuskustannukset	7 000,00 €
Kaapelit	1500 metriä á 0,50 €
Kaapelikustannukset	750 €
Hinta yhteensä	7 750,00 €

Taulukosta 9 voitiin havaita, että uuden kaapeloinnin asennus tässä tapauksessa on huomattavasti halvempaa verrattuna vanhojen kaapeleiden ja muuntimien käyttöön. Vaikka laskettaisiin kaapelointiin kuluva päiväkin enemmän aikaa, joka aiheuttaisi 1 000 € lisäkustannukset, päästään silti huomattavasti edullisempiin kustannuksiin kuin muuntimia käyttäen. Yleiskaapelointiin siirryttäessä saadaan myös tulevaisuutta ajatellen parempi järjestelmä, joka on helposti muunneltavissa.

5.1.2 Kohde 2: Autokorjaamo

Toisessa esimerkkikohteessa on toteutettu autokorjaamon myymälän, sosiaalitulojen ja ulkoalueiden valvontajärjestelmä. Järjestelmässä on yhdeksän kameraa, joista viisi on uudessa järjestelmässä sisälle asennettavia dome-kameroita ja loput neljä koteloituja ulkokameroita. Nykyinen kaapelointi on sikalan tapaan toteutettu RG59-koaksiaalikaapelilla rakennuksen keskellä sijaitsevaan tekniseen tilaan. Kohteelle tehdään vastaavat kustannuslaskennat kuin edellisen esimerkin sikalalle.

Kohteen kaikkien kameroiden virransyöttö on toteutettu PoE:lla. Sisäkameroiden tehontarve on pienempi kuin ulkokameroiden, mutta PoE:n ollessa standardoitu järjestelmä tulee jokaiselle kameralle laskea 15,4 W tehobudjetti PoE-kytkimeltä.

Korjaamo vastaa kohteena yleisesti kiinteistöä, johon kamerajärjestelmän muutos toteutetaan. Teollisuuskiinteistön ollessa kyseessä vanhat kaapelit on todennäköisesti asennettu kaapelihyllyille, mutta niille pääsy voi olla hankalaa kalusteiden takia tai

Kustannukset vanhoja kaapeleita hyödyntäen

Oletetaan, että tässäkin kohteessa jo olemassa olevat koaksiaalikaapelit ovat sellaisissa paikoissa ja kunnossa, että ne eivät vaadi mitään muutostöitä. Kaapelinpituudet ovat maksimissaan 52 m jolloin muuntimien maksimaaliset tiedonsiirtoetäisyydet alittuvat.

Taulukossa 10 esitetään muuntimien lasketut asennuskustannukset. Asennusajat ovat laskettu pidemmiksi kuin sikalan tapauksessa, sillä asennuskohteet ovat vaikeammin tavoitettavissa paikoissa.

Taulukko 10. Muuntimien asennuskustannukset autokorjaamossa [26]

Työ	Aika
Muuntimet kameran päähän	8 tuntia
Muuntimet tekniseen tilaan	4 tuntia
Tunnit	12 tuntia
Tunnit x2 hlö	=24 tuntia
Hinta yhteensä	1500,00 €

Kohteessa on 9 kameraa, jolloin tarvittava muuntimien määrä on yhteensä 18. Kaikkien kameroiden ollessa PoE-syöttöisiä lasketaan yhteishinta kultakin valmistajalta halvimman PoE-syöttöisen muuntimen mukaan. Taulukossa 11 (ks. seur. s.) esitetään muuntimien kokonaishinta.

Taulukko 11. Autokorjaamoon tarvittavien muuntimien yhteishinta asennettuna

Axis	Hinta
T8640	3 456,00 €
Asennus	1 500,00 €
Asennettuna	4 956,00 €
Comnet	
CLFE1COAX	5 643,00 €
Asennus	1 500,00 €
Asennettuna	7 143,00 €
Nitek	
VR148COAX	3 325,00 €
Asennus	1 500,00 €
Asennettuna	4 825,00 €
Veracity	
Highwire Powerstar	2 574,50 €
Asennus	1 500,00 €
Asennettuna	4 074,50 €

Taulukosta 11 voitiin havaita, että pienemmän järjestelmän ollessa kyseessä muuntimien käytölle voi mahdollisesti olla taloudellisia perusteita. Tässäkin kohteessa voidaan arvioida, että 20 % laitteista on vaihtokuntoisia neljän vuoden käytön jälkeen. Tämä tarkoittaisi valmistajasta riippuen noin 300 € - 500 € lisäkustannuksia.

Kolme myymälän sisäkameraa sekä kaksi ulkokameraa ja yksi sisäkamera ovat niin lähellä toisiaan, että voidaan hyödyntää myös valmistajilla tarjolla olevia moniportti-muuntimia. Käytettäessä moniporttimuuntimia viedään muunnin sopivaan paikkaan mahdollisimman lähelle kaikkia kameroita ja kamerat liitetään muuntimeen hieman pidemmällä laitekaapeleilla. Laitekaapelien maksimipituus muuntimen ja kameran välillä on noin viisi metriä, eikä sitä pidempiä kaapeleita suositella käytettäväksi datansiirron sujuvuuden takaamiseksi. Vaikka laitemäärä vähenee, voidaan laskea asennuksiin kuluvan yhtä paljon aikaa, koska isomman laitteen asennus on hankalampaa ja laitekaapelit on kytkettävä joka tapauksessa kameraan. Taulukkoon 12 (ks. seur. s.) on koottu hinnat, kun kuusi kameraa on liitetty kahteen eri neliporttiseen muuntimeen niiden valmistajien osalta joilla neliporttisia muuntimia on tarjolla.

Taulukko 12. Autokorjaamon muuntimien yhteishinta neliporttisia muuntimia hyödyntäen

Comnet	Määrä	Hinta
CLFE1COAX	12	3 564,00 €
CLFE4COAX	2	2 106,00 €
Asennus		1 500,00 €
Hinta yhteensä		7 170,00 €
Nitek		
VR124COAX	12	1 400,00 €
VR448COAX	2	1 400,00 €
Asennus		1 500,00 €
Hinta yhteensä		4 300,00 €
Veracity		
HW Powerstar	12	1 626,00 €
Highwire Quad	2	476,00 €
Asennus		1 500,00 €
Hinta yhteensä		3 602,00 €

Taulukosta 12 voitiin huomata, että joillakin valmistajilla voidaan saavuttaa säästöjä, jos hyödynnetään valmistajien tarjoamia moniporttisia muuntimia. Tässä tapauksessa neliporttisten muuntimien käytöstä ei saada täyttä hyötyä, koska niiden kaikkia portteja ei saada täytettyä. Suurempiin säästöihin päästäisiin tilanteessa, missä neljä kameraa olisi asennettuna alle viiden metrin säteellä neliporttimuuntimesta, jolloin laitekaapeli pysyisi riittävän lyhyenä ja kaikki portit saataisiin muuntimesta käyttöön.

Comnetillä on tarjolla myös kahdeksan- ja kuusitoistaporttisia muuntimia, joilla ihannetilanteessa voidaan saavuttaa suurempikin säästö. Tällaiset kohteet ovat kuitenkin kiinteistövalvonnassa harvinaisia.

Kustannukset yleiskaapeloinnilla

Lasketaan kaapeloinnin kustannukset kuten edellisessä esimerkissä kahden henkilön töille ja asennuksiin kuluville kaapeleilla. Kaapelia kuluu tässä kohteessa huomattavasti vähemmän, kun kameroita on vähemmän ja ne ovat lähempänä keskustilaa. Kuvasta mitattuna kaapelinkulutukseksi saadaan 118 m, johon lisätään jälleen kytkentä- ja hävikkivaraa niin, että kokonaiskulutukseksi arvioidaan 150 m. Työn tuntihinta on tässäkin kohteessa 62,5 € ja kaapelin metrihintana 0,50 €.

Kohteessa on neljä ulkokameraa, jotka vaativat läpiviennit ulkoseinään. Tämä hidastaa kaapelointia merkittävästi, koska vanha kaapeli pitää purkaa läpiviennistä ja uusi kaapeli asentaa paikalleen siten, että rakennuksen ulkoseinään ei jää tarpeettomia tuuletusaukkoja.

Taulukossa on 13 esitetään asennuksiin kuluvat tuntimäärät kahdelta henkilöltä, sekä kaapelihinnat ja niiden perusteella laskettu kokonaishinta asennuksille materiaaleineen.

Taulukko 13. Yleiskaapeloinnin asennus- ja kaapelikustannukset [26]

Työ	Aika
Kaapeleiden asennus	16 tuntia
Liitántärsiat	8 tuntia
RJ-45 paneeli	4 tuntia
Kaapeloinnin mittaus ja merkintä	4 tuntia
Tunnit yhteensä	32 tuntia
Tunnit x2 hlö	=64 tuntia
Asennuskustannukset	4 000,00 €
Kaapelit	150 metriä á 0,50 €
Kaapelikustannukset	75 €
Hinta yhteensä	4 075,00 €

Taulukosta 13 voitiin todeta, että pienemmässä kohteessa muuntimia käyttämällä päästään jopa pienemmin kustannuksiin verrattuna uuden yleiskaapeloinnin toteutuksesta aiheutuviin kustannuksiin. Kaapelointiin kuluvat ajat on laskettu noudattaen nopeahkoa työtahtia, jolloin lisäkustannukset ovat mahdollisia, jos asennettaessa ilmenee työtä hidastavia tekijöitä.

5.2 Kustannusvertailun lopputulokset

5.2.1 Sikala

Sikalassa muuntimia ja vanhoja kaapeleita hyödyntämällä tuli asennuksen kokonaiskustannuksiksi halvimmillaan 12 492,00 €. Neljän vuoden käytön jälkeen, kun osan laitteista oletettiin olevan vaihtokuntoisia, nousivat kokonaiskustannukset 15 067,50 €. Nämä kustannukset muodostuivat käyttäen Veracityn laitteita, jotka olivat halvimpia. Kalleimman Comnetin laitteita käytettäessä voidaan elinikä olettaa pidemmäksi, koska valmistaja lupaa laitteilleen elinikäisen takuun. Comnetin laitteilla saman käyttöjakson hinnaksi muodostui näin hieman alle kaksinkertainen summa 30 012,00 €, kun laitteita ei vaihdettu ollenkaan. Nämä hinnat ovat kuitenkin huomattavasti korkeammat, kuin yleiskaapeloinnilla toteutetun järjestelmän hinta, joka oli 7 750,00 €. Tässä tapauksessa on selvää, että kaapeloidaan koko kiinteistöön uusi yleiskaapelointijärjestelmä, sillä sen hinta ei hitaankaan sähköasentajan työskennellessä nouse lähelle muuntimien hintaa. Näin saadaan tulevaisuuden kannalta kestävämpi järjestelmä ja vältytään mahdollisilta huoltokustannuksilta, joita suuri määrä erillisiä laiteita aiheuttaa.

5.2.2 Autokorjaamo

Autokorjaamossa muuntimilla tai yleiskaapeloinnilla toteutetun järjestelmän kustannukset olivat lähes samat halvimman Veracityn muuntajaratkaisun kustannusten ollessa 3 602,00 €, kun hyödynnettiin neliporttisia muuntimia. Kalleimpaan valmistajaan verrattuna hintaero oli lähes kaksinkertainen, sillä Comnetin laitteilla kustannukset olivat 7 170,00 €. Vastaavasti yleiskaapeloinnilla toteutettuna järjestelmä maksoi 4 075,00 €, johon mahdollisesti tulisi vielä lisäkustannuksia, jos kaapelointiin kuluisi tässä laskettua pidempi aika. Tämän kohteen osalta voidaan siis pitää järkevänä käyttää muuntimia, jos halutaan edullinen ratkaisu, eikä yleiskaapeloinnille ole kiinteistössä sillä hetkellä muuta tarvetta. Tämänkin kohteen osalta muuntimien rikkoontuminen ja kuluminen voi aiheuttaa lisäkustannuksia muutaman vuoden käytön jälkeen. Veracityn laitteilla lisäkustannukset olisivat 350 €:n luokkaa, jolloin kustannukset ovat edelleen alhaisemmat kuin yleiskaapeloinnilla toteutetun järjestelmän kustannukset.

5.3 Kustannusvertailun päätelmät

Kustannusvertailujen pohjalta voidaan todeta, että pienemmän järjestelmän ollessa kyseessä on vanhoja kaapeleita hyödyntävien muuntimien käyttö kannattavaa, mikäli halutaan päästä helposti ja nopeasti hyvään lopputulokseen. Käytettäessä muuntimia kuluu asennuksiin huomattavasti vähemmän aikaa, joka saattaa olla merkittävä asia, jos kiinteistön tilojen käytön rajoituksesta aiheutuu suuria kustannuksia. Tämä voi olla merkityksellinen asia esimerkiksi autokorjaamon myymälässä, jossa asennustyöt saattavat haitata asiakkaiden palvelua.

Vanhojen kaapeleiden ollessa vaikeasti vaihdettavissa paikoissa on muuntimien käyttö myös edullista. Tällaisia kohteita voi löytyä prosessitiloista, joiden suojaus ja seinärakenteet ovat kriittisiä turvallisuuden kannalta. Esimerkiksi jonkin ydinvoimalan suojaseinän läpi menevän johdon uusinta saattaa maksaa useita tuhansia euroja, kun riittävä suojaustaso on taattava kaapelinvaihdon jälkeenkin.

Uuden yleiskaapeloinnin rakentaminen kiinteistöön on taas järkevää silloin, kun kaapeleiden asennus on helppoa. Näin oli esimerkiksi sikalan tapauksessa. Kaapelointi vaikeutuu ja hidastuu huomattavasti, jos useita kaapeleita pitää viedä seinien läpivienneistä huoneesta toiseen tai ulkotiloihin. Myös korkeat huoneet ja epäsäännölliset kaapelireitit vaikeuttavat ja näin myös hidastavat asennusta. Kaapelimäärän lisääminen ei suuremmin lisää työhön kuluvaa aikaa ja kustannuksia.

Yleiskaapeloinnilla on etuja tulevaisuutta ajateltaessa, jos järjestelmä vaatii muokkausta. Yleiskaapelointi on myös todennäköisemmin kannattavaa tehdä, jos kiinteistöön tehdään samalla muitakin kaapelointeja. Tällöin työ nopeutuu ja on siten edullisempaa.

6 Yhteenveto

Tässä työssä oli tavoitteena selvittää, milloin *Ethernet over Coax* -muunninten käyttö on kustannustehokasta verrattuna yleiskaapeloinnin asennukseen. Työssä selvitettiin muuntimien toimintaa ja ominaisuuksia sekä laskettiin kustannustehokkuutta kahden esimerkkikohteen avulla.

Työn tulosten pohjalta voidaan sanoa, että alle 10 kameran järjestelmissä muuntimien käyttö on kannattavaa. Suuremmissa järjestelmissä on kannattavampaa rakentaa yleiskaapelointi.

Tulevaisuudessa työtä voisi jatkaa tutkimalla tarkemmin muuntimien toimintaa ja tekemällä mittauksia niiden tiedonsiirto-ominaisuuksista. Tarkempien kustannuslaskelmien tekeminen toteutettujen kohteiden perusteella olisi myös hyödyllistä.

Lähteet

- 1 Sähkötieto Ry 2003: Videovalvontajärjestelmät. ST-Käsikirja 13. Espoo: Tammer-Paino Oy.
- 2 Granlund, Kaj 2007: Tietoliikenne. Porvoo: WS Bookwell.
- 3 Suhonen, Joonas 2012: Kiinteistöjen telekaapelit. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, Sähkötekniikan koulutusohjelma, Sähköisen talotekniikan suuntautumisvaihtoehto.
- 4 CCTV BNC Connector Installation. 2012. Verkkodokumentti. WECU Surveillance.com. <http://www.wecusurveillance.com/cctvbnc>, luettu 4.3.2014
- 5 Sähkötieto Ry 2003: Yleiskaapelointijärjestelmät. ST-Käsikirja 16. Espoo: Tammer-Paino Oy.
- 6 Onnine Oy 2009: Eurooppalainen yleiskaapelointi - opas standardisarjan EN 50173 soveltamiseen. Helsinki.
- 7 Viestintäviraston määräys 25 E/2008 M. 2008. Määräys kiinteistön sisäjohtoverkosta Helsinki.
- 8 IEEE 802.3af-2003, IEEE Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements
- 9 IEEE 802.3at-2009, IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 3: CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specifications Amendment 3: Data Terminal Equipment (DTE) Power via the Media Dependent Interface (MDI) Enhancements
- 10 Axis, T8640 datalehti, luettu 5.3.2014
http://www.axis.com/files/datasheet/ds_t8640_55134_en_1312_hi.pdf
- 11 Comnet, CNFE1EOC-M datalehti, luettu 5.3.2014
<http://www.comnet.net/products/Copper/CNFE1EOC-M.pdf>
- 12 Comnet, CNFE2EOC datalehti, luettu 5.3.2014
<http://www.comnet.net/products/Copper/CNFE2EOC.pdf>
- 13 Comnet, CNFE1CL1MC(-M) datalehti, luettu 5.3.2014
[http://www.comnet.net/products/Copper/CNFE1CL1MC\(-M\).pdf](http://www.comnet.net/products/Copper/CNFE1CL1MC(-M).pdf)

- 14 Comnet, CNFE2CL2MC datalehti, luettu 5.3.2014
<http://www.comnet.net/products/Copper/CNFE2CL2MC.pdf>
- 15 Comnet, CLFE(x)COAX datalehti, luettu 5.3.2014
[http://www.comnet.net/products/Copper/CLFE\(X\)COAX.pdf](http://www.comnet.net/products/Copper/CLFE(X)COAX.pdf)
- 16 Nitek, VR124COAX datalehti, luettu 5.3.2014
http://www.nitek.net/documents/VR124COAX_Spec.pdf
- 17 Nitek, VR148COAX datalehti, luettu 5.3.2014
http://www.nitek.net/documents/VR148COAX_Spec.pdf
- 18 Nitek, VR448COAX datalehti, luettu 5.3.2014
http://www.nitek.net/documents/VR448COAX_Spec.pdf
- 19 Veracity, Highwire datalehti, luettu 5.3.2014
http://www.veracityglobal.com/media/67898/veracity_highwire_datasheet_wv2.2.pdf
- 20 Veracity, Highwire PoE datalehti, luettu 5.3.2014
http://www.veracityglobal.com/media/67898/veracity_highwire_datasheet_wv2.2.pdf
- 21 Veracity, Highwire Powerstar datalehti, luettu 5.3.2014
http://www.veracityglobal.com/media/53883/veracity_highwire_powerstar_datasheet_wv2.0.pdf
- 22 Veracity, Highwire Quad datalehti, luettu 5.3.2014
http://www.veracityglobal.com/media/67898/veracity_highwire_datasheet_wv2.2.pdf
- 23 Nitek, VR124UTP datalehti, luettu 5.3.2014
http://www.nitek.net/documents/VR124UTP_Spec.pdf
- 24 Nitek, VR148UTP datalehti, luettu 5.3.2014
http://www.nitek.net/documents/VR148UTP_Spec.pdf
- 25 Nitek, VR448UTP datalehti, luettu 5.3.2014
http://www.nitek.net/documents/VR448UTP_Spec.pdf
- 26 Turvallisuussuunnittelija Anssi Kuvajan haastattelu. Stanley Security.
Helsinki 16.2.2014

