

VIDEOVALVONTAJÄRJESTELMIEN MODERNISOINTI

Jouni Peränen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2013

Tietoverkkotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) PERÄNEN, Jouni	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 09.04.2013
	Sivumäärä 91 + 14 = 105	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty
Työn nimi VIDEOALVONTAJÄRJESTELMIEN MODERNISOINTI		
Koulutusohjelma Tietoverkkotekniikka		
Työn ohjaaja(t) HÄKKINEN, Antti KOTIKOSKI, Sampo		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän Tilapalvelu		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä videovalvontajärjestelmien modernisointisuunnitelma Jyväskylän Tilapalvelulle. Työn tavoitteena oli luoda suunnitelma- ja kustannusarviomalli, jolla nykyiset analogiset videovalvontajärjestelmät voidaan modernisoida keskitetyksi IP-videovalvontajärjestelmäksi. Uudessa järjestelmässä oli tarkoitus hyödyntää Jyväskylän kaupungin nykyistä lähiverkkoa. Työn toimeksiantajana toimi Jyväskylän Tilapalvelu, joka on Jyväskylän kaupungin omistama liikelaitos.</p> <p>Opinnäytetyötä varten kerättiin tietoa nykyisistä videovalvontajärjestelmistä sekä Jyväskylän kaupungin eri toimipisteiden WAN-liittymien toteutuksesta. Tämän jälkeen kuvattiin nykyisten videojärjestelmien rakenteet sekä Jyväskylän kaupungin LAN/WAN-verkon toteutus. Lisäksi kuvattiin lyhyesti turvakameroiden toimintaperiaatteet, xDSL-liittymien toiminta, MPLS-verkon toiminta, videosiignaali ja videon pakkausmenetelmät.</p> <p>Modernisointisuunnitelmassa kuvattiin uuden järjestelmän rakenne ja toimenpiteet, joilla voidaan joustavasti siirtyä käyttämään uutta järjestelmää. Lisäksi kuvattiin uudet lisäominaisuudet sekä uuden järjestelmän hyvät ja huonot puolet. Demojärjestelmällä pyrittiin simuloimaan uuden järjestelmän aiheuttamaa verkkokuormitusta.</p> <p>Kustannusarvioinnissa laskettiin järjestelmien investointi- ja elinkaarikustannuksia. Esimerkin avulla pystyttiin osoittamaan uuden järjestelmän elinkaaren kustannustehokkuus verrattuna vanhaan järjestelmään, vaikkakin investointikustannukset olivat kalliimmat.</p> <p>Lopputuloksena saatiin toimeksiantajalle suunnitelma- ja kustannusarviomalli, jonka avulla voidaan tehdä päätöksiä videovalvontajärjestelmien jatkokehityksestä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) videovalvontajärjestelmä, videokuvansiirto, videokuvanpakkaus, IP-verkko, tietoliikenneyhteys, videotallennin, turvakamera, turvallisuus		
Muut tiedot		



Author(s) PERÄNEN, Jouni	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 09042013
	Pages 91 + 14 = 105	Language Finnish
		Permission for web publication
Title MODERNIZATION OF VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS		
Degree Programme Information Technology		
Tutor(s) HÄKKINEN, Antti KOTIKOSKI, Sampo		
Assigned by Jyväskylän Tilapalvelu		
Abstract <p>The purpose of the thesis was to make a modernization plan for video surveillance systems at Jyväskylän Tilapalvelu. The goal was to create a plan and a cost estimate model to illustrate how the existing analogue video surveillance systems can be modernized to a centralized IP-video surveillance system. The goal for the new system was to take advantage of the current local area network of Jyväskylä City. This thesis was assigned by Jyväskylän Tilapalvelu which is an enterprise owned by the City of Jyväskylä.</p> <p>For this thesis information was collected about the existing video surveillance systems, as well as the City of Jyväskylä's WAN link implementations on different sites. After this the existing video systems, structures, and the City of Jyväskylä LAN/WAN network implementations were described. In addition, the operating principles of the security cameras, xDSL-links operating principles, MPLS network operating principles, video signal and the video compression methods were described briefly.</p> <p>The structure of the new system and the actions that can be taken to flexibly switch to the new system were described in the modernization plan. In addition, the new added features of the new system, as well as the pros and cons were described. The demo system was intended to simulate network load of the new system.</p> <p>For the evaluation, the costs were calculated with the investment and life cycle costs. For example, it was possible to demonstrate the new system's life cycle cost compared to the old system, although the investment costs were higher.</p> <p>The end result for Jyväskylän Tilapalvelu was the plan and a costs estimate model that can be used to make decisions on the further development of video surveillance systems.</p>		
Keywords video surveillance, video transmission, video compression, IP network, communication link, video recorder, security camera		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

LYHENTEET	7
1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT	12
1.1 Toimeksiantaja	12
1.2 Videovalvonnan merkitys toimeksiantajalle	13
1.3 Tehtävät ja tavoitteet	13
2 NYKYISTEN JÄRJESTELMIEN KUVAUS	14
2.1 Käytössä olevat videovalvontajärjestelmät	14
2.2 Analoginen videovalvontajärjestelmä	15
2.2.1 Analogisen järjestelmän perusrakenne	15
2.2.2 Videosignaalin koaksiaalisiirto	17
2.2.3 Kameroiden sähkönsyöttö ja kaapelointi.....	18
2.2.4 Videosignaalin parikaapelisiirto	19
2.3 Analogiset turvakamerat	20
2.3.1 Yleistä analogisista turvakameroista	20
2.3.2 Turvakameroiden teknisiä ominaisuuksia	21
2.3.3 Kiinteät sisä- ja ulkokamerat	22
2.3.4 Kiinteät kupukamerat	24
2.3.5 Ohjattavat kupukamerat	25
2.4 IP-videovalvontajärjestelmä.....	26
2.4.1 IP-videovalvontajärjestelmän perusrakenne	26
2.4.2 IP-Kameroiden sähkön syöttö ja kaapelointi	28
2.5 IP-turvakamerat	29
2.5.1 Yleistä IP-turvakameroista	29
2.5.2 IP-Turvakameroiden teknisiä ominaisuuksia.....	29
2.5.3 Kiinteät IP-sisä- ja ulkokamerat.....	30
2.5.4 Kiinteät IP-kupukamerat.....	31
2.5.5 Ohjattavat IP-kupukamerat	33

	2
2.6 Master/slave -toimintamalli	33
2.7 Mirasys Oy ja videovalvontatuotteet	34
2.7.1 Mirasys Oy yrityksenä	34
2.7.2 Mirasys VMS Älykäs videovalvontajärjestelmä	35
2.8 Tilapalvelulla käytössä olevat Mirasys-tuotteet.....	36
2.8.1 Mirasys VMS-ohjelmistot.....	36
2.8.2 V-sarjan tallentimet	38
2.8.3 N-sarjan tallentimet	39
2.9 Nykyjärjestelmien hyvät ja huonot puolet.....	39
3 JYVÄSKYLÄN KAUPUNGIN LÄHIVERKKO	40
3.1 Yleistä lähiverkosta.....	40
3.2 LAN/WAN-verkon rakenne	40
3.3 xDSL-liittymät.....	43
3.3.1 Yleistä DSL-tekniikasta	43
3.3.2 ADSL.....	43
3.3.3 SHDSL	46
3.4 MPLS.....	47
3.4.1 Yleistä MPLS-tekniikasta	47
3.4.2 MPLS-kehys.....	48
3.4.3 MPLS-toiminta	49
3.4.4 MPLS-reititin	50
3.5 MPLS-VPN	51
3.5.1 MPLS-VPN-verkko	51
3.5.2 MPLS-VPN-reitittimet.....	52
3.5.3 RD ja RT	52
3.5.4 MPLS-VPN eri reititysnäkökulmista.....	53
3.5.5 END to END-reititys	55
3.5.6 VPN-leimojen välitys	55

	3
3.5.7 VPN-paketin välitys MPLS-verkossa.....	56
3.6 Kuituliittymät	57
3.7 WAN-liittymien liikenteen kuormitus	57
4 VIDEOSIGNAALI JA PAKKAUSMENETELMÄT	57
4.1 CCIR/PAL–videosignaali	57
4.2 Videosignaalin digitointi	59
4.2.1 PAL D1 -kuvan määrittely	59
4.2.2 Näytteenotto.....	60
4.2.3 Kvantisointi ja kuvan bittinopeus	60
4.2.4 Kuvan resoluutio	61
4.3 Videosignaalin pakkausmenetelmät	63
4.3.1 Yleistä videosignaalin pakkauksesta.....	63
4.3.2 Häviötön ja häviöllinen pakkaus.....	63
4.3.3 Videokoodekki.....	64
4.3.4 Pakkaustekniikat	65
4.3.5 DCT-muunnos.....	66
4.3.6 Interframe-tekniikka.....	67
4.3.7 MJPEG-pakkaus	68
4.3.8 H.264-pakkaus.....	69
4.3.9 MJPEG vs. H.264.....	69
5 MODERNISOINTISUUNNITELMA	70
5.1 Uuden järjestelmän periaatteellinen rakenne.....	70
5.2 Modernisoitu analoginen järjestelmä	71
5.3 Keskitetty hallinta ja tallennus.....	71
5.4 Etä- ja mobiilikäyttö	72
5.5 Uudet IP-järjestelmät.....	73
5.6 Nykyiset IP-järjestelmät	73
5.7 Uudet lisäominaisuudet	74

	4
5.7.1 Multicast-liikenne.....	74
5.7.2 Multistream-toiminne.....	74
5.7.3 Edge storage –toiminne	75
5.8 Uuden järjestelmän demoympäristö	76
5.8.1 Demojärjestelmän tarkoitus ja rakenne	76
5.8.2 Demojärjestelmän käyttöönotto.....	77
5.8.3 Kuormitusmittaukset.....	80
5.8.4 Mittaustulokset	81
5.9 Verkkokapasiteetin riittävyyden arviointi	82
5.10 Uuden järjestelmän hyvät ja huonot puolet.....	83
6 KUSTANNUSARVIOINTI	84
6.1 Keskitetty hallinta/tallennus	84
6.2 Modernisoitu analoginen järjestelmä	84
6.3 Elinkaarikustannukset.....	85
7 POHDINTA	87
LÄHTEET	90
LIITTEET	92
Liite 1. V-sarjan tallentimen tekniset ominaisuudet.....	92
Liite 2. N-sarjan tallentimen tekniset ominaisuudet	93
Liite 3. Analogiset järjestelmät.....	94
Liite 4. IP-järjestelmät.....	95
Liite 5. Nykyinen kokonaisratkaisu	96
Liite 6. NVR-serverin tekniset ominaisuudet.....	97
Liite 7. Axis Q7404 tekniset ominaisuudet.....	98
Liite 8. Nopeusmittari ja graafi	101
Liite 9. Käyttöraportti	102
Liite 10. Uusi järjestelmä	104

KUVIOT

KUVIO 1. Analogisen järjestelmän perusrakenne	15
KUVIO 2. Koaksiaalikaapelit ja BNC-liitin	17
KUVIO 3. Parikaapelilähettäjiä ja -vastaanottimia	19
KUVIO 4. Kiinteät sisä- ja ulkokamerat	23
KUVIO 5. Vandaalisuojatut kiinteät kupukamerat	24
KUVIO 6. Ohjattavat kupukamerat	25
KUVIO 7. IP-järjestelmän perusrakenne	27
KUVIO 8. PoE-injektorin toimintaperiaate.....	28
KUVIO 9. Kiinteät IP-sisä- ja ulkokamerat	31
KUVIO 10. Kiinteät IP-kupukamerat	32
KUVIO 11. Master/Slave -toimintamalli	34
KUVIO 12. Älykäs videovalvontajärjestelmä (Luukkanen 2012, 2.).....	36
KUVIO 13. Loppukäyttäjän Workstation käyttöliittymä	38
KUVIO 14. LAN/WAN-verkon perusrakenne	41
KUVIO 15. ADSL-arkkitehtuuri	44
KUVIO 16. ADSL-taajuusalueet (Granlund. 2010)	44
KUVIO 17. DMT-alikanavat (Granlund 2010.)	45
KUVIO 18. MPLS-kehys ja datapaketti.....	48
KUVIO 19. MPLS-verkko (Vatanen. 2010.)	49
KUVIO 20. MPLS-reititin.....	50
KUVIO 21. MPLS-VPN-VERKKO.....	51
KUVIO 22. PE-reitittimen rakenne (Vatanen 2010.)	52
KUVIO 23. MPLS-VPN asiakasnäkökulma (Vatanen 2010.)	54
KUVIO 24. MPLS-VPN PE-reititin näkökulma (Vatanen 2010.).....	54
KUVIO 25. End to end-reititys (Vatanen 2010.).....	55
KUVIO 26. VPN-leimojen jako (Vatanen 2010.)	56
KUVIO 27. VPN-paketin välitys (Vatanen 2010.).....	56
KUVIO 28. Videokuvan piirto (Video Basics 2002.)	58
KUVIO 29. Värijuovan rakenne (Keith 2005.)	59
KUVIO 30. CIF-resoluutiot (Technical guide to network video n.d, 72.)	62
KUVIO 31. Megapikselit (Technical guide to network video n.d, 72.)	63
KUVIO 32. Interframe (Technical guide to network video n.d, 77.).....	65
KUVIO 33. Liikevektori (Technical guide to network video n.d, 77.)	66
KUVIO 34. Interframe (Technical guide to network video n.d, 78.).....	68

KUVIO 35. MJPEG vs. H.264 (Storage and Bandwidth Calculator 2012.)	69
KUVIO 36. Uuden järjestelmän perusrakenne.....	70
KUVIO 37. Gateway toimintaperiaate.....	73
KUVIO 38. Multicast-liikenne (Mirasys iVMS ja tietoliikenne.)	74
KUVIO 39. Multistream-toiminne (Mirasys iVMS ja tietoliikenne.)	75
KUVIO 40. Demojärjestelmän rakenne	77
KUVIO 41. Videopalvelimen TCP/IP-asetukset.....	78
KUVIO 42. Laitteistoasetukset.....	79
KUVIO 43. Kamera-asetukset	80
KUVIO 44. Graafi liikkeentunnistus päällä.....	82

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Kiinteät sisä- ja ulkokamerat tekniset ominaisuudet.....	23
TAULUKKO 2. Kiinteiden kupukameroiden tekniset ominaisuudet	24
TAULUKKO 3. Ohjattavien kupukameroiden tekniset ominaisuudet	26
TAULUKKO 4. Kiinteiden IP-sisä- ja ulkokameroiden tekniset ominaisuudet.	31
TAULUKKO 5. Kiinteiden IP-kupukameroiden tekniset ominaisuudet.....	32
TAULUKKO 6. Yritysverkkoliittymien ominaisuudet	42
TAULUKKO 7. Käytössä olevat yritysverkkoliittymät.....	43
TAULUKKO 8. ADSL tekniikat ja maksiminopeudet.....	46
TAULUKKO 9. WAN-liittymien kameramäärät.....	83

LYHENTEET

ANPR	Automatic Number Plate Recognition
A/D	Analog/Digital
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
API	Application program interface
BER	Bit Error Ratio
BGP	Border Gateway Protocol
CCD	Charge Coupled Device
CCIR	Consultative Committee for International Radio
CE	Customer Edge
CIF	Common Interchange Format
CMOS	Complementary Metal Oxide Silicon
CoS	Class Of Service
CRT	Catode Ray Tube
CVBS	Composite Video, Burst and Sync
DCT	Discrete Cosine Transform
DMT	Discrete Multi Tone
DNR	Digital Noise Reduction

DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DSP	Digital Signal Processing
DSS	Digital Slow Shutter
DVI	Digital Visual Interface
DVR	Digital Video Recorder
FEC	Forwarding Equivalence Class
FIB	Forwarding Information Base
FPS	Frames Per Second
IC	Integrated Circuit
IGP	Interior Gateway Protocol
I/O	Input/Output
IP	Internet Protocol
IS-IS	Intermediate System to Intermediate System
JPEG	Joint Photographic Experts Group
LAN	Local Area Network
LCD	Liquid Crystal Display
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
LDP	Label Distribution Protocol
LER	Label Edge Router

LFIB	Label Forwarding Information Base
LSP	Label Switched Path
LSR	Label Switching Router
MJPEG	Motion JPEG
MP BGP	Multiprotocol BGP
MPEG	Moving Picture Experts Group
MPLS	Multiprotocol Label Switching
NVR	Network Video Recorder
OSD	On Screen Display
OSPF	Open Shortest Path First
P	Provider
PAL	Phase Alternate Line
PC	Personal Computer
PCI	Peripheral Component Interconnect
PE	Provider Edge
PHP	Penultimate Hop Popping
POE	Power Over Ethernet
PTZ	Pan, Tilt and Zoom
QAM	Quadrature Amplitude Modulation

QoS	Quality of Service
RD	Route Distinguisher
RIB	Routing Information Base
RS-232	Recommended Standard 232
RS-485	Recommended Standard 485
RT	Route Target
SD	Secure Digital
SHDSL	Symmetric High-Speed Digital Subscriber Line
SMS	Short message service
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SNR	Signal to Noise Ratio
TE	Traffic Engineering
TTL	Time To Live
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
UPS	Uninterruptible Power Supply
USB	Universal Serial Bus
UTP	Unshielded Twisted Pair
VCA	Video Content Analytics

VGA	Video Graphics Array
VLAN	Virtual Local Area Network
VPN	Virtual Private Network
VMS	Video Management System
VRF	Virtual Routing and Forwarding
WAN	Wide Area Network
WM9	Windows Media 9

1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Jyväskylän Tilapalvelu (myöhemmin Tilapalvelu), joka on Jyväskylän kaupungin omistama liikelaitos. Tilapalvelu hallinnoi ja vastaa julkisten kiinteistöjen arvosta, tuottavuudesta sekä niiden tehokkaasta käytöstä. Tilapalvelun tarkoituksena on tarjota Jyväskylän kaupungin palvelutuotannolle turvalliset, tarkoituksenmukaiset ja kilpailukykyiset toimitilat sekä tilapalvelut. Tilapalvelu hallinnoi 569000 m²:n kiinteistöomaisuutta. Näistä tiloista kaupunki omistaa 514000 m². Tämän lisäksi tiloja on vuokrattu vapailta markkinoilta 55000 m². Tilapalvelun tärkeimpiä asiakkaita eli tilojen käyttäjiä ovat Jyväskylän kaupungin eri palveluyksiköt. Käytössä olevat toimitilat jakautuvat eri palveluyksiköiden kesken suurin piirtein seuraavan jaon mukaisesti:

- Koulut 168000 m²
- Päiväkodit 46000 m²
- Kirjastot 17500 m²
- Sosiaalipalvelut 46000 m²
- Terveyspalvelut 82000 m²
- Kulttuuripalvelut 25000 m²
- Liikuntapalvelut 65000 m². (Jyväskylän tilapalvelu 2012).

Tilapalvelun liikevaihto on 69 miljoonaa euroa vuodessa. Tilapalvelu käyttää investointeihin kuten perus- ja vuosikorjauksiin yhteensä 48 miljoonaa euroa vuodessa. Lisäksi Tilapalvelu käyttää 32 miljoonaa euroa vuodessa erilaisiin kiinteistö- ja tilapalveluihin, kuten esimerkiksi kiinteistöhoitoon ja siivoukseen.

Tilapalvelu noudattaa toiminnoissaan hyväksytyä laatu- ja ympäristöjärjestelmää. (Jyväskylän tilapalvelu 2012.)

1.2 Videovalvonnan merkitys toimeksiantajalle

Tilapalvelun hallinnoimiin kiinteistöihin on asennettu vuosien varrella tallentavia videovalvontajärjestelmiä jo yli 80:een eri kohteeseen. Videovalvontajärjestelmät jakautuvat tasaisesti Jyväskylän kaupungin kaikkien eri palveluyksiköiden kesken. Järjestelmiä löytyy esimerkiksi kouluista, päiväkodeista, kirjastoista, terveysasemilta, sosiaalitoimistoista ja liikuntapaikoilta. Asennettujen järjestelmien avulla on saatu parannettua kohteiden kokonaisturvallisuutta. Videovalvonnan avulla on suojattu ja ennalta ehkäisty omaisuuteen sekä henkilöihin kohdistuvia rikoksia. Niiden avulla on myös selvitetty paljon jo tapahtuneita rikoksia. Videovalvonta tulee lisääntymään voimakkaasti myös tulevina vuosina Tilapalvelun kiinteistökohteissa. (Hämäläinen 2013.)

1.3 Tehtävät ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia Jyväskylän Tilapalvelulle vanhojen analogisten videovalvontajärjestelmien modernisointisuunnitelma. Työn tavoitteena oli luoda suunnitelma- ja kustannusarviomalli nykyisten vanhojen analogisten videovalvontajärjestelmien modernisoimiseksi. Tavoitteena oli suunnitella uudenaikainen yhtenäinen ja keskitetty IP-videovalvontajärjestelmä. Suunnitelmassa on tarkoitus esittää modernisoinnin toteutuksen periaatteet sekä modernisoinnissa tarvittavat laitteistot kustannusarviolaskelmineen. Lopputuloksena asiakkaalla olisi budjetointia varten käytössään suunnitelma jolla voidaan modernisoinnin kustannuksia arvioida. Uuden suunnitelman pohjaksi kuvataan nykyisten videovalvontajärjestelmien toteutusperiaatteet. Uuteen IP-videovalvontajärjestelmään on tarkoitus tehdä keskitetty hallinta ja tallennus sekä siirtää vanhat analogiset kamerat tietyiltä osin verkkoon. Tarkoitus on myös arvioida uuden ja vanhan järjestelmän elin-kaarikustannuksia sekä niiden eroja. Työssä kuvataan myös Jyväskylän kau-

pungin eri kohteiden lähiverkkojen yhdistämisessä käytettyjen operaattorilta vuokrattujen tietoliikenneliittymien toteutustapa sekä arvioidaan liittymien verkkokapasiteetin riittävyttä uuden IP-videovalvontajärjestelmän kannalta. Työssä käydään läpi yleisimmät nykyaikaiset videokuvanpakkausmenetelmät ja niiden peruserätykset.

2 NYKYISTEN JÄRJESTELMIEN KUVAUS

2.1 Käytössä olevat videovalvontajärjestelmät

Tilapalvelun kohteissa tällä hetkellä käytössä olevat videovalvontajärjestelmät ovat pääsääntöisesti vielä analogisia tallentavia järjestelmiä, joissa kuvan tallentamiseen käytetään suurimmassa osassa kohteita PC-pohjaisia digitaalisia hybridikovalevytallentimia. Näissä järjestelmissä analogiset turvakamerat liitetään kiinni suoraan tallentimen analogiseen videoliitäntään. Hybriditallentimeen on myös mahdollista liittää IP-kameroita. Tällöin IP-kamerat ja tallennin kytketään kiinni lähiverkkoon. Käyttöjärjestelminä näissä edellä mainituissa tallentimissa käytetään yleensä Microsoftin Windows-pohjaisia tuotteita, kuten esimerkiksi Windows xp ja Windows 7 –käyttöjärjestelmiä.

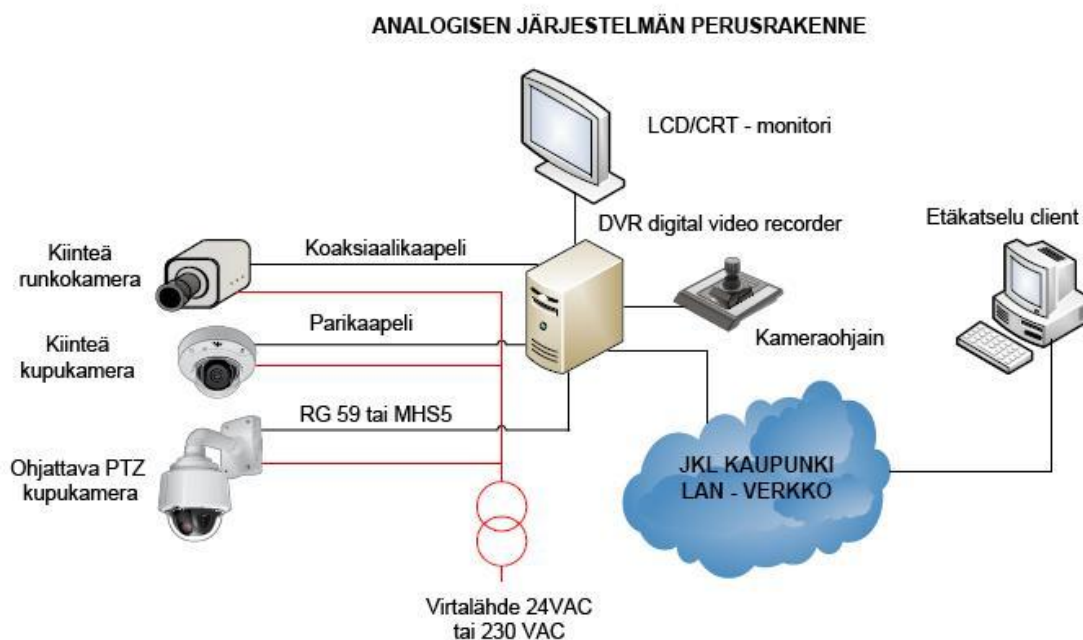
Käytössä on myös joitakin linux-käyttöjärjestelmään pohjautuvia tallentimia. Muutamissa kohteissa on käytössä niin sanottuja valmistajakohtaisia stand alone -mallisia kovalevytallentimia, jotka on valmistettu vain ja ainoastaan videotallennusta varten. Näissä tallentimissa on oma valmistajakohtainen laitteisto sekä oma käyttöjärjestelmä, joka on suunniteltu kyseistä videotallennusta varten. Vanhoja aikaviivenauhuripohjaisia järjestelmiä ei ole enää käytössä. Nämä järjestelmät on modernisoitu aiemmin PC-pohjaisiksi digitaalisiksi kovalevytallentimiksi. Uusimpiin kohteisiin on asennettu paikallisia uudenaikaisia IP-pohjaisia järjestelmiä, joissa tallentimiin ei ole mahdollista liittää suoraan analogisia turvakameroita.

Ylivoimaisesti suosituin tuotemerkki Tilapalvelun käyttämissä tallentimissa on Mirasys, jonka V-sarjan hybriditallentimet ovat käytössä suurimmassa osassa kohteista. Myös Mirasysin vanhemman Dina-sarjan tallentimia on käytössä vielä jonkin verran. Muita käytettyjä merkkejä ovat muun muassa Ksenos, Dallmeier ja Dasys.

2.2 Analoginen videovalvontajärjestelmä

2.2.1 Analogisen järjestelmän perusrakenne

Analogisten videovalvontajärjestelmien periaatteellinen toteutus on esitetty kuviossa 1. Lähes kaikki Tilapalvelun hallinnassa olevat videovalvontajärjestelmät noudattavat näitä samoja periaatteellisia rakenteita.



KUVIO 1. Analogisen järjestelmän perusrakenne

Järjestelmässä keskusyksikkönä toimii digitaalinen kovalevytallennin (DVR, digital video recorder), jonka ympärille koko toiminta on rakennettu. Tallennin on käytännössä joko räkki- tai tornimallinen PC-tietokone, johon on asennettu oma videonhallintaohjelmisto (VMS, video management system) sekä yksi

tai useampi PCI-Express- väyläpohjainen videokaappauskortti. Vanhemmissa tallenninmalleissa on vielä käytössä PCI-väyläisiä videokaappauskortteja. Videokaappauskortille on liitetty kiinni analogiset turvakamerat, jotka lähettävät jatkuvaa CCIR/PAL -standardin mukaista analogista CVBS-muotoista videosignaalia. Kameroiden tuottamalle analogiselle videosignaalille tehdään videokaappauskortilla muunnos analogisesta digitaalseksi A/D-muuntimella. Tämän jälkeen digitaalseksi muunnettu kuvadata pakataan tehokkaalla pakkausmenetelmällä, kuten esimerkiksi WM9:llä pienempään kokoon. Pakkauksen jälkeen kuvadata tallennetaan kovalevylle tai/ja sitä katsotaan tallentimeen liitetyn monitorin kautta.

Suurin osa tallentimista on liitetty Jyväskylän kaupungin lähiverkkoon, jolloin kuvamateriaalia voidaan myös katsoa erillisen etäkäyttöohjelman avulla client-server-periaatteen mukaisesti. Tällöin tallennin toimii palvelimena ja etäkäyttöohjelma toimii asiakaslaitteena. Etäkäyttöohjelma voidaan asentaa yhdelle tai useammalle Jyväskylän kaupungin lähiverkossa toimivalle PC-koneelle. Katsottu kuvamateriaalia voi olla live-kuvaa tai aiemmin tallennettua kuvamateriaalia.

Ohjattavia PTZ-turvakameroita varten tallentimeen on liitetty kameraohjain tai tutummin joystick. Kameraohjaimen avulla saadaan ohjattavia kameroita käännettyä ja zoomattua tarvittaessa. Lisäksi voidaan myös ohjata tai muuttaa kameranäkymiä monitorilla. Kameraohjain liitetään tallentimeen tai etäkäyttö-koneelle joko RS-tyyppisen sarjaportin (RS-232 tai RS-485) tai USB-väylän kautta. Joissain toteutuksissa kameraohjain voi olla liitettynä myös suoraan ohjattavien kameroiden väylään. Tällöin käytetään usein RS-485-sarjaväylää.

Monitoreina käytetään nykyisin erikokoisia LCD-näyttöjä. Monitorit on liitetty kiinni tallentimeen yleensä VGA-liitännän kautta, jos käytössä on vain yksi monitori tallenninta kohden. Tallentimissa on myös usein käytössä vielä erillinen komposiittivideon ulostulo, johon voidaan kytkeä erillisellä komposiittivideon sisääntulolla varustettu lisämonitori. Uudemmissa tallentimissa on myös käytössä DVI-liitäntä, joka on vähitellen korvaamassa vanhan VGA-liitännän. Joissakin kohteissa tallentimeen on lisätty erillinen näytönohjainkortti, jonka avulla VGA/DVI-näyttöjen lukumäärää tallennin kohtaisesti on saatu lisättyä.

Vanhoja CRT-tyyppisiä kuvaputkinäyttöjä on käytössä enää vähän. Nämä näytöt on vähitellen korvattu uusilla LCD-näytöillä.

2.2.2 Videosignaalin koaksiaalisiirto

Videosignaalin siirrossa kameroilta tallentimelle on käytetty pääosin asymmetrisiä 75 ohmin koaksiaalikaapeleita, koska kaikki kameralaitteet on valmiiksi rakennettu CCIR-normin mukaisesti 75 ohmin asymmetrisillä videoliitännöillä. Yleisimmin käytetyt 75 ohmin kaapelityypit ovat RG 59 B/U tai Tellu 13. Näitä samoja suurtaajuuskaapeleita käytetään myös antennijärjestelmissä. Videojärjestelmissä niitä käytetään niiden hyvän saatavuuden, kohtuullisen hinnan ja helpon asennettavuuden vuoksi. Kaapeleissa liittiminä käytetään kullekin kaapelityypille sopivaa yleensä puristettavaa BNC-liitintä. Kuviossa 2 on esitetty edellä mainitut kaapelit sekä BNC-liitin.



KUVIO 2. Koaksiaalikaapelit ja BNC-liitin

RG 59 B/U -kaapelilla päästään -6 desibelin sallitulla maksimi signaalivaimennuksella 210 metrin siirtoetäisyydelle kamerasta tallentimelle. Tellu 13 -kaapelilla päästään vastaavalla maksimivaimennuksella 460 metrin siirtoetäisyydelle. RG 59 B/U -kaapelia on käytetty enemmän Tilapalvelun kohteissa. Tämä johtuu hieman alhaisemmasta hinnasta, paremmista asennusominaisuuksista sekä siitä että yli 200 metrin siirtoetäisyyksiä on tarvittu harvemmin. (Kameravalvontajärjestelmät 2009, 45-48.)

2.2.3 Kameroiden sähkösyöttö ja kaapelointi

Kameroina on käytetty yleisimmin pienjännitesyöttöisiä kameroita. Näiden kameroiden käyttöjännitteenä on pääsääntöisesti joko 24 VAC:n vaihtojännite tai 12 VDC:n tasajännite. Monta kertaa samassa kamerassa on molemmat edellä mainitut käyttöjännitteet valittavissa tilanteen mukaan. Jonkin verran on käytössä vanhempia kameroita, joissa sähkösyöttö on toteutettu suoraan 230 VAC:n vaihtojännitteellä.

Sisäkameroiden sähkösyötöt on toteutettu muutamalla vaihtoehtoisella tavalla. Vanhemmissa asennuksissa yksittäistä kameraa varten sen läheisyyteen on asennettu oma 230 VAC:n pistorasia, josta on otettu erillisellä pistotulppaan kytkettävällä verkkolaitteella (230 VAC/24VAC tai 230VAC/12VDC) sähkösyöttö kameralle. Uudemmissa asennuksissa kameroille on tehty oma keskitetty virtalähde (230VAC/24VAC), joka syöttää kaikille kameroille sähköä yhdestä pisteestä. Tässä tapauksessa keskitetty virtalähde sijaitsee esimerkiksi jossakin sähkökeskuksessa. Jonkin verran on käytössä kiinteästi asennettuja 230VAC/24VAC:n verkkomuuntajia, jotka on asennettu kameroiden sijoituspaikkojen läheisyyteen.

Ulkokameroiden sähkösyöttöissä noudatetaan samoja periaatteita kuin sisäkameroissa sillä erotuksella, että yleensä 230VAC:n pistorasia on korvattu kiinteällä kytkentärasialla. Näissä tapauksissa kameroiden sääsuojakoteloihin asennettu erillinen 230VAC/24VAC:n verkkomuuntaja kameroiden sähkösyöttöä varten.

Asennuskaapeleina 230 VAC:n toteutuksissa on käytetty normaaleja muovieristeisiä asennusjohtoja kuten esimerkiksi MMJ-tyyppin kaapelit. Kun on asennettu keskitettyjä virtalähteitä, on kaapeleina käytetty esimerkiksi KLM-tyyppin merkinantokaapeleita tai MHS-tyyppin telekaapeleita. Keskitetyssä toteutuksessa on etuna muun muassa se, että kaikkien kameroiden sekä tallentimen sähkösyöttö voidaan helposti ja kustannustehokkaasti varmistaa UPS-laitteen avulla. Näin on tehtykin joissakin uusimmissa Tilapalvelun kohteissa.

2.2.4 Videosignaalin parikaapelisiirto

Tilapalvelun uudemmissa kohteissa on käytetty paljon niin sanottua parikaapelisiirtoa, jossa kameralta tulevan videosignaalin siirtoon voidaan käyttää symmetrisiä 2- tai 4-kierteisiä parikaapeleita. Parikaapelisiirtoon tarvitaan erityiset parikaapelilähetin ja -vastaanotin. Kameran puoleisessa päässä lähetin sovitaa asymmetrisen videosignaalin symmetriseen parikaapeliin sopivaksi. Tallentimen puoleisessa vastaanottopäässä vastaanotin muuttaa symmetrisen signaalin takaisin asymmetriseksi sekä korjaa siirtotiellä tapahtuneet signaalihäviöt ja taajuusvääristymät. Kuviossa 3 on esitetty esimerkki passiivisesta lähetin/vastaanottimesta sekä erillisistä aktiivisesta lähettimestä ja aktiivisesta vastaanottimesta.



KUVIO 3. Parikaapelilähettimiä ja -vastaanottimia

Parikaapelisiirron käyttöön liittyy monia hyötyjä ja etuja, minkä vuoksi niitä on käytetty tilapalvelun kohteissa viime vuosina yhä enenevässä määrin. Yhtenä etuna ja ehkä suurimpina on kaapeloinnin yksinkertaistuminen ja sitä kautta kustannuksien säästyminen. Käytettäessä parikaapelisiirtoa voidaan yhtä ja samaa kaapelia pitkin (esimerkiksi MHS 5-kaapeli) siirtää sekä videosignaali kameralta tallentimelle että sähkösyöttö keskitetyltä virtalähteeltä kameralle. Videosignaali voidaan siirtää MHS 5-kaapelin tapauksessa esimerkiksi yhtä johdinparia pitkin ja sähkösyöttöön voidaan käyttää loput neljä paria. Yksittäinen passiivinen lähetin/vastaanotinpari on niin edullinen hankintahinnaltaan,

että ne kannattaa hankkia kutakin kameraa kohti, jotta saadaan vältettyä erilliset sähkösyöttöjen kaapeloinnit. Uutta videovalvontajärjestelmää asennettaessa vaikkapa saneerauskohteeseen voidaan hyödyntää kohteessa olevaa vanhaa parikaapelointia videojärjestelmien käyttöön. Näin säästetään kustannuksia. Toisena etuna ovat pidemmät videosignaalin siirtoetäisyydet verrattuna koaksiaalsiirtoon. Passiivisella lähetin/vastaanotinparilla päästään jopa 400 metrin siirtoetäisyydelle riippuen käytetystä laitteesta. Aktiivisilla lähettimillä ja vastaanottimilla päästään helposti yli yhden kilometrin siirtoetäisyyksille halvemminkin laitteilla. Kolmantena etuna on, että parikaapelisiirto antaa paremman häiriösietoisuuden ulkoisille häiriölähteille kuin koaksiaalsiirto, koska lähetys- ja vastaanottopäässä tapahtuu galvaaninen erotus signaalihohtimessa toisin kuin suorassa koaksiaalsiirrosta. Neljäntenä etuna on se, että joidenkin valmistajien kameroissa on jo valmiiksi sisään rakennettu parikaapelilähetin kameran sisässä. Tällöin tarvitsee hankkia vain vastaanottopäähän erillinen parikaapelivastaanotin. (Kameravalvontajärjestelmät 2009, 50-55.)

2.3 Analogiset turvakamerat

2.3.1 Yleistä analogisista turvakameroista

Tilapalvelun kamerakohteissa on käytetty useita erilaisia, erimerkkisiä ja mallisia analogisia turvakameroita. Tämä johtuu muutamasta eri syystä. Yksi on se että analogisista turvakameroista saatava CVBS-muotoinen videosignaali on hyvin CCIR:n toimesta standardisoitu. Tällöin kaikkien valmistajien laitteet käyvät keskenään yhteen. Toinen syy on se että eri valmistajien kameramallit uusiutuvat erittäin tiuhaan tahtiin, jolloin yhtä kameramallia on saatavilla vain rajoitetun ajan. Kolmantena syynä on se että videovalvontajärjestelmän osana peruskamerat ovat niin sanotusti ”bulkkituotteita”, jolloin usean eri valmistajan kamerat ovat teknisiltä ominaisuuksiltaan ja suorituskyvyltään sopivia tehtävänsä. Seuraavissa luvuissa 2.3.2 - 2.3.5 käydään läpi Tilapalvelun käytössä olevien kameroiden yleisimpiä teknisiä ominaisuuksia sekä esitellään yleisimpiä kameratyyppejä.

2.3.2 Turvakameroiden teknisiä ominaisuuksia

Analogisissa turvakameroissa kuvan muodostamiseen käytetään CCD-kuvakennoja. Kuvakennoja kutsutaan myös CCD-sensoreiksi. CCD-sensori on käytännössä läpinäkyvällä ikkunalla varustettu valoherkkä IC-piiri, jonka sisällä ovat valoherkät kuvaelementit eli pikselit. Nämä pikselit on järjestetty vaakaja pystysuuntaiseksi matriisiksi. Tähän matriisiin ohjataan objektiivin läpi tuleva valo joka tallennetaan sähkövarauksiksi kuvaelementteihin. Tällä tavoin kuva saadaan muodostettua CCD-sensorille. Tämän jälkeen kuva siirretään sensorilta eteenpäin ja siitä muodostetaan analoginen CVBS-muotoinen videosignaali. Kuvansiirtomatriisista voidaan tehdä riveittäin, jolloin puhutaan IT-muotoisesta siirrosta (Interline Transfer), tai sitten siirto voidaan tehdä koko matriisi kerrallaan, jolloin puhutaan FT-muotoisesta siirrosta (Frame Transfer). Nykyisin analogisten turvakameroiden CCD-sensoreissa käytetään pääasiassa IT-muotoista siirtoa. Turvakameroiden kuvakennojen koot ilmoitetaan tuumina. Käytössä olevat tyypillisimmät tuumakoot ovat 1/4", 1/3" ja 1/2", joista 1/3" kuvakenno on kaikkein eniten käytetty. Se on muun muassa eniten käytetty kuvakenno runkokameroissa. (Kruegle 2005, 126-128.)

Nykyään lähes kaikista analogisista kameroista löytyy sisäänrakennettu DSP-prosessori. Näissä kameroissa videosignaali muutetaan väliaikaisesti analogisesta digitaaliseksi ja sen jälkeen takaisin analogiseksi. Digitaalisessa muodossa olevan videosignaalin signaalikohinasuhdetta (SNR), dynamiikkaa, terävyyttä ja valkotasopainoa voidaan parantaa tai muuttaa. Näistä ominaisuuksista on hyötyä eniten ulkokäytössä tai muissa olosuhteissa, joissa valaistuksen laatu vaihtelee. DSP:n ansiosta kameroihin on koko ajan kehitelty lisää kuvaa parantavia lisäominaisuuksia. Yhtenä lisäominaisuutena on kaksiväri-toiminta, jolloin huonossa valaistuksessa kameran toiminta voidaan muuttaa mustavalkoiseksi. Tällöin saadaan kameran herkkyyttä paremmaksi. Toisena lisäominaisuutena on kuvakennon kaksoisvalotus, jolloin kuvasta otetaan lyhyt ja pitkä valotus normaalin kuvajakson sisällä. Lopullinen kuva yhdistetään näistä kahdesta valotuksesta. Tällöin saadaan tasattua kuvan voimakkaita kontrastin vaihteluita. Muita mahdollisia lisäominaisuuksia ovat mm. asetusten valikkomuotoinen käyttöliittymä, asetusten kauko-ohjaus, esiasetukset eri valaistusolosuhteisiin ja tekstitysten lisääminen kuviin. (Kameravalvontajärjestelmät 2009, 69-70.)

Kameroissa käytetään pääsääntöisesti IR-korjauksella varustettuja muuttuvapolttovälisiä DC-ohjattuja autoiirisobjektiiveja. IR-korjaus objektiivissa saadaan aikaiseksi asfäärihiontaisella linssillä. Tämä korjaa hämärissä valaistusolosuhteissa tapahtuvaa kuvan kohdistusvirhettä kuvakennolla ja siitä aiheutuvaa kuvan epätarkkuutta. Runkokameroissa objektiivit ovat yleensä vaihdettavia. Kiinteissä kupukameroissa ja ohjattavissa kupukameroissa objektiivit ovat puolestaan yleensä kiinteästi rakennettu kameran yhteyteen, jolloin ne eivät ole vaihdettavissa. Yleisimmin on käytössä n. 2,8 - 12 mm:n polttovälillä ja n. f1.0 - 1.4:n aukkoluvulla varustettuja objektiiveja. (Kameravalvontajärjestelmät 2009, 82-98.)

2.3.3 Kiinteät sisä- ja ulkokamerat

Kiinteillä kameroilla kuvataan sananmukaisesti aina vakiota kiinteää kuva-alaa, joka ei muutu. Kiinteinä sisä- ja ulkokameroina käytetään runkokameroita, joissa on pääsääntöisesti vaihdettavat objektiivit. Ulkokameroissa käytetään lisäksi termostaatilla varustettuja IP-luokiteltuja lämmitettyjä sääsuojakoteloita. Tällöin kamerarunko ja objektiivi on asennettu sääsuojakotelon sisään. Ulkokameroissa on myös yleensä mekaaninen IR-suodin, joka poistetaan kameran kuvakennon edestä hämärissä valaistusolosuhteissa samaan aikaan, kun kameran kuva muutetaan mustavalkoiseksi. Näin saadaan lisättyä valomäärää kuvakennolla sekä parannettua kameran herkkyyttä. Käytössä on jonkin verran ulkokameroita, joissa on myös sisäänrakennetut IR-ledivalot. Näillä IR-valokameroilla saadaan kuvattua pimeissä olosuhteissa. IR-valokameroilla on tyypillisesti kiinteät objektiivit, joita ei voi vaihtaa. Lisäksi IR-valokamerat ovat valmiita kokonaispaketteja, joissa ei ole erillistä sääsuojakoteloita. Kuviossa 4 on esitetty kolme tavallisinta käytössä olevaa sisä- ja ulkokameramallia



KUVIO 4. Kiinteät sisä- ja ulkokamerat

Kiinteiden sisä- ja ulkokameroiden sekä objektiivien tyypillisimmät tekniset ominaisuudet on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Kiinteät sisä- ja ulkokamerat tekniset ominaisuudet

Kameraominaisuus:	Arvot:
Kuvasensori	1/3" CCD
Mekaaninen IR-suodin	Kyllä
Kaksiväri toiminne (yö/päivä)	Kyllä
Kaksoisvalotustoiminne	Kyllä
Erottelukyky TV-juovaa	600 väri, 700 mv
Minivalontarve	0,15lux (50IRE, F1.2)
Vastavalokorjaus(BLC)	On
DSP-ominaisuudet	OSD,DSS(Sense up),DNR
Objektiivi	Vaihdettava
Objektiivin polttoväli	Varifocal 2,7-12 mm
Objektiivin toiminnot	IR-korjaus, autoiiris, DC-ohjaus
Sääsuojakotelo	IP66 lämmitys, termostaatti
Vandalisuojaus	Ei
Videostream	CCIR/PAL
Virransyöttö	24VAC/12VDC
IR-ledivalokameroiden lisäominaisuudet edellä mainittujen lisäksi:	
IR-valaistusalue	40 m ulkona, 60 m sisällä, 48 lediä
Minivalontarve	0.0003Lux (sense-up), mv 0 lux IR-led on
Objektiivi	Kiinteä
Objektiivin polttoväli	Varifocal 6-50 mm
Objektiivin toiminnot	IR-korjaus, autoiiris, DC-ohjaus

2.3.4 Kiinteät kupukamerat

Kiinteissä kupukameroissa kameraelektronikka ja objektiivi on asennettu joko kirkkaan tai tummennetun akryylimuovista tehdyn suojakuvun alle. Kupukamerat ovat yleensä valmiita kokonaispaketteja, joissa ei ole erillistä sääsuojakoteloä eikä vaihdettavaa objektiivia. Kupukameroita on käytössä useita erilaisia malleja erilaisiin käyttötarkoituksiin. Sisä- ja ulkokäyttöön on omat mallinsa. Molemmista malleista löytyy IR-valoilla varustetut sekä vandaalisuojatut kupukamerat. Kupukameroista löytyvät suurin piirtein samat tekniset ominaisuudet kuin runkokameroistakin. Kuviossa 5 on esitetty kaksi tavallisinta käytössä olevaa ulkokäyttöön sopivaa vandaalisuojattua kupukameramallia.



KUVIO 5. Vandaalisuojatut kiinteät kupukamerat

Kiinteiden kupukameroiden tyypillisimmät tekniset ominaisuudet on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Kiinteiden kupukameroiden tekniset ominaisuudet

Kameraominaisuus:	Arvot:
Kuvasensori	1/3" CCD
Mekaaninen IR-suodin	Kyllä
Kaksiväri toiminne (yö/päivä)	Kyllä
Kaksoisvalotustoiminne	Kyllä
Erottelukyky TV-juovaa	600 väri, 700 mv
Minivalontarve	0,15lux (50IRE, F1.2), mv 0 lux IR-led on

Vastavalokorjaus(BLC)	On
DSP-ominaisuudet	OSD,DSS(Sense up),DNR
Objektiivi	Kiinteä
Objektiivin polttoväli	Varifocal 2,8-11 mm
Objektiivin toiminnot	IR-korjaus, autoiiris, DC-ohjaus
Sääsuojakotelo	Ei
Vandaalisuojaus	Kyllä IP66 kotelointi
Videostream	CCIR/PAL
Virransyöttö	24VAC/12VDC

2.3.5 Ohjattavat kupukamerat

Ohjattavat kupukamerat ovat perusrakenteeltaan samankaltaisia kuin kiinteät kupukamerat eli kameraelektroniikka ja objektiivi on asennettu joko kirkkaan tai tummennetun akryylimuovista tehdyn suojakuvun alle. Suurimpana erona on se että niitä voidaan ohjata etäkäyttöisesti. Kamerat on varustettu moottoroidulla kääntyvällä kamerayksiköllä johon on kiinteästi integroitu moottoroitu zoom-objektiivi. Kameroilla saatava kuvauskulma on noin puolipalloavaruuden suuruinen. Ohjattavia kupukameroita käytetään yleensä kohteissa joissa vaaditaan aktiivinen valvonta esimerkiksi erillisestä valvomosta käsin. Kuviossa 6 on esitetty kaksi tavallisinta käytössä olevaa ulko- ja sisäkäyttöön sopivaa ohjattavaa kupukameramallia



KUVIO 6. Ohjattavat kupukamerat

Ohjattavien kupukameroiden tyypillisimmät tekniset ominaisuudet on esitetty taulukossa 3.

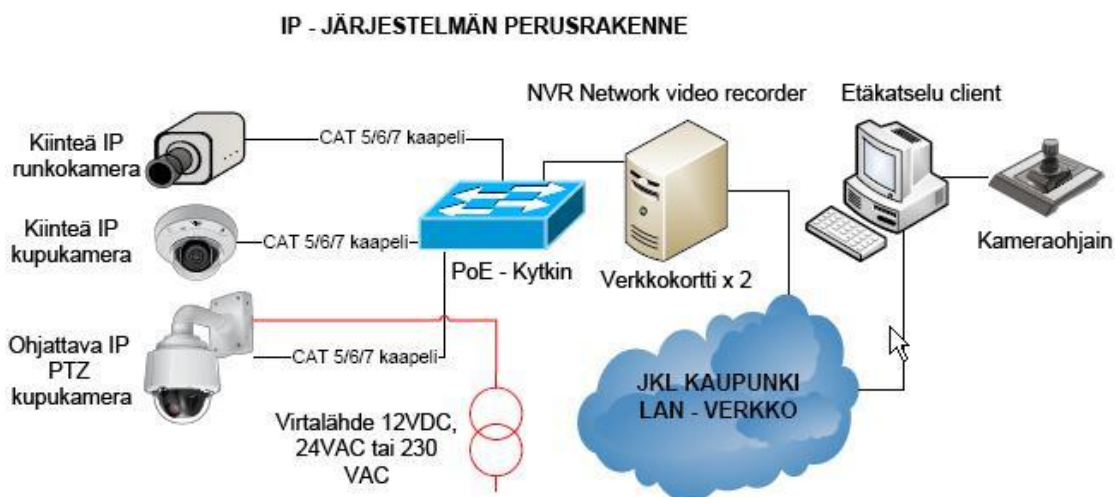
TAULUKKO 3. Ohjattavien kupukameroiden tekniset ominaisuudet

Kameraominaisuus:	Arvot:
Kuvasensori	1/4" CCD
Mekaaninen IR-suodin	Kyllä
Kaksiväri toiminne (yö/päivä)	Kyllä
Kaksoisvalotustoiminne	Kyllä
Erottelukyky TV-juovaa	650 väri, 750 mv
Minivalontarve	0,5 lux väri, 0,2 lux mv
Vastavalokorjaus(BLC)	On
DSP-ominaisuudet	OSD,DSS(Sense up),DNR
Objektiivi	Optical Zoom
Objektiivin polttoväli	Varifocal 36xf= 3,4-122,4mm(F1.4-3.0)
Objektiivin toiminnot	Digital Zoom 12x, IR-korjaus, autoiiris
Sääsuojakotelo	IP66
Videostream	CCIR/PAL
Virransyöttö	24VAC

2.4 IP-videovalvontajärjestelmä

2.4.1 IP-videovalvontajärjestelmän perusrakenne

IP-pohjaisten videovalvontajärjestelmien periaatteellinen toteutus on esitetty kuviossa 7. Kaikki Tilapalvelun hallinnassa olevat IP-pohjaiset videovalvontajärjestelmät noudattavat samoja periaatteellisia rakenteita.



KUVIO 7. IP-järjestelmän perusrakenne

Järjestelmässä keskusyksikkönä toimii verkkopohjainen digitaalinen kovalevytallennin (NVR; network video recorder), jonka ympärille koko toiminta on rakennettu. Tallennin on käytännössä joko räkki- tai tornimallinen PC-tietokone, johon on asennettu oma videonhallintaohjelmisto (VMS; video management system), kuten analogisessakin järjestelmässä. Erona analogiseen järjestelmään on se että tallentimesta puuttuu videokaappauskortit sekä muut analogisen videosignaalin käsittelyyn liittyvät ominaisuudet. Ethernet-verkkoliitännällä varustetut IP-kamerat on liitetty kiinni yhteen tai useampaan verkkokyttimeen riippuen rakennuksen koosta ja IP-kameroiden määrästä. Jos kytkimiä on enemmän kuin yksi niin ne on liitetty yhteen yleensä kuituliitaintöjen kautta verkon muodostamiseksi. Kytkimet on yleensä varustettu PoE-ominaisuudella (Power over Ethernet), jolloin kameroiden sähkösyöttö voidaan tehdä verkkokaapelia pitkin. IP-kamerat lähettävät tallentimelle digitaaliseen muotoon pakattua kuvamateriaalia.

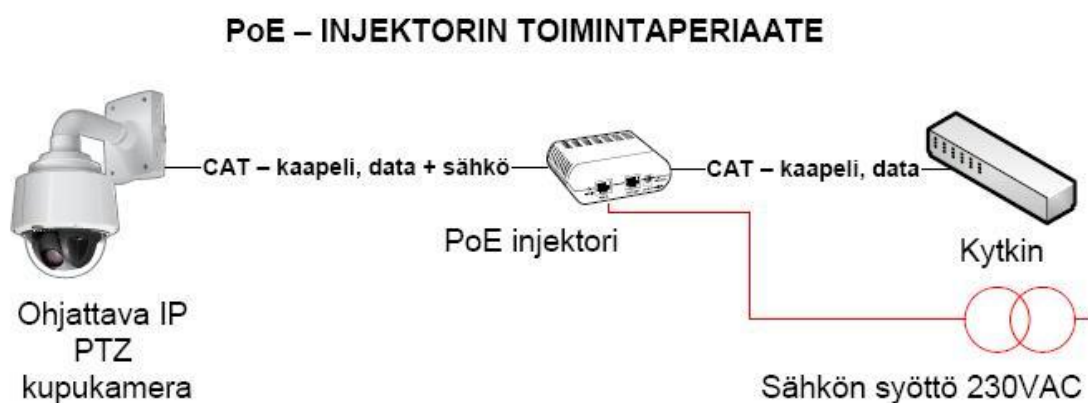
Käytössä pakkausformaateista on MJPEG, MPEG4 ja H264 riippuen kohteesta. H264-pakkaus on eniten käytetty koska se on tehokkain kaikista edellä mainituista pakkausmuodoista. Pakkaustekniikoita käsitellään tarkemmin tämän työn luvussa 4.3. Verkkotallentimet on sijoitettu erilliseen laitetilaan, kuten esimerkiksi palvelintilaan tai tietoliikennetilaan. Tämä tarkoittaa sitä että tallenninta käytetään ainoastaan etäyhteyden yli. Verkkotallentimissa on kaksi

verkkokorttia, joista toista käytetään kaupungin LAN-verkkoon liittymiseen eli itse kameravalvonnalle on aina tehty oma verkko kiinteistöön. Kameraohjain on liitetty etäkoneeseen. PTZ-kameroiden ohjauksen komennot siirretään verkon yli suoraan kameroille.

2.4.2 IP-Kameroiden sähkön syöttö ja kaapelointi

IP-kameroina on pääsääntöisesti käytetty PoE-standardin (IEEE 802.3af) tai PoE+-standardin (IEEE 802.3at) mukaisilla sähkönsyötöillä varustettuja kameroita. Näissä kameroissa on myös vaihtoehtoisena sähkönsyöttönä joko 24 VAC:n vaihtojännite tai 12 VDC:n tasajännite. Usein samassa kamerassa on molemmat edellä mainitut käyttöjännitteet valittavissa tilanteen mukaan. Ulkokameroissa on käytössä jonkin verran kameroita joissa sähkönsyöttö on toteutettu suoraan 230 VAC:n vaihtojännitteellä.

Kameroiden sähkönsyöttö on suurimmassa osassa kohteita toteutettu suoraan PoE-kytkimen kautta, jolloin ei tarvita erillisiä kameravirtalähteitä. Käytössä on myös niin sanottuja PoE-injektoreita, joiden avulla voidaan syöttää sähkö kameroihin niissä tapauksissa joissa ei ole PoE-kytkimen käyttö mahdollista. Esimerkkinä tilanne, jossa ohjattavan PTZ-ulkokameran tehon syöttöön ei riitä normaalin PoE-standardin mukainen verkkokytkin. Tällöin voidaan käyttää PoE+-injektoria, jolla saadaan tarvittava lisäteho kameralle. Kuviossa 8 on esitetty PoE-injektoria toimintaperiaate. (Technical guide to network video n.d., 92-95.)



KUVIO 8. PoE-injektoria toimintaperiaate

Tilapalvelun kohteissa, joissa on IP-pohjainen videovalvontajärjestelmä käytetään IP-kameroille kiinteistön normaalia yleiskaapelointia. Yleiskaapeloinnit on toteutettu yleiseurooppalaisen EN-SFS-50173 -yleiskaapelointistandardin mukaisesti. Kaapeloinnissa käytetään yleisimmin UTP-tyyppisiä parikaapeleita, jotka on luokiteltu eri kategorioihin tarvittavien vaatimusten mukaisesti. Nykyisin käytetään vähintään luokan E kategorian 6 yleiskaapelointia. Lisätietoa yleiskaapeloinnista ja sen rakenteesta löytyy Kalevi Väänäsen opinnäytetyöstä: Yleiskaapeloinnin toteuttaminen kerrostaloissa. Tapaustutkimus Laajasalon Kiinteistöt Oy:n Reiherintie 7-9 kerrostalot. (Väänänen 2009, 14-39.)

2.5 IP-turvakamerat

2.5.1 Yleistä IP-turvakameroista

Tilapalvelulle on toteutettu IP-kameroihin perustuvia järjestelmiä vasta parin viime vuoden ajan. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että analogiset turvakamerat ovat olleet aiempia vuosina huomattavasti halvempia kuin vastaavat IP-turvakamerat. Nykyään hintaero ei ole enää niin merkittävä tekijä kuin ennen. Tämä johtunee siitä, että kaikki suuret laitevalmistajat ovat nykyään niin sanotusti täysillä mukana IP-kameroiden valmistuksessa. Lisäksi IP-kameroiden tekniset ominaisuudet ovat parantuneet huomasti viime vuosina. Seuraavissa luvuissa 2.5.2 - 2.5.5 käydään läpi Tilapalvelun käytössä olevien IP-kameroiden yleisimpiä teknisiä ominaisuuksia sekä esitellään yleisimpiä kameratyyppejä.

2.5.2 IP-Turvakameroiden teknisiä ominaisuuksia

IP-pohjaisissa turvakameroissa kuvan muodostamiseen käytetään pääasiassa uudemman aikaisia CMOS-kuvakennoja. CMOS-kenno poikkeaa CCD-kennosta siten, että samalle IC-piirille on myös integroitu tyypillisesti kaikki kuvankäsittelyyn liittyvät DSP-toiminnot. Tällöin kamerassa ei tarvita erillistä DSP-prosessoria. DSP-toimintoja on käsitelty tämän työn luvussa 2.3.2. Tällä ratkaisulla voidaan toteuttaa niin sanottu "camera-on-a-chip" eli yhden IC-piirin

sisään integroitu kamera. CMOS-kennoissa kuvan pikselit muunnetaan digitaaliseksi yksi kerrallaan toisin kuin CCD-kennossa, jossa ne siirretään käsiteltäväksi erilliselle A/D-muuntimelle riveittäin tai koko kuva kerrallaan. Periaatteessa jokainen kennon pikseli muodostaa oman pienen kamerayksikön. Kuvansiirtokennosta tehdään yleensä koko matriisi kerrallaan progressiivisella kuvan skannauksella. CMOS-kenno ei ole aivan yhtä valoherkkä kuin CCD-kenno, mutta se kuluttaa vähemmän tehoa ja on pienempi kokoinen kuin vastaava CCD-kenno. CMOS-kenno on halvempi valmistaa kuin vastaava CCD-kenno. Viime vuosina kuvakennojen kehitys on painottunut enemmän CMOS-kennoihin ja näin ollen niiden tekniset ominaisuudet ovat parantuneet enemmän kuin CCD-kennojen. Käytössä olevien kennojen tuumakoot ovat yleisimmin 1/4" ja 1/3". (Kruegle 2005, 129-130.)

IP-kameroissa käytetään samanlaisia objektiiveja kuin analogisissa kameroissa. Objektiivien ominaisuuksista on kerrottu tämän työn luvussa 2.3.2. Megapikselikameroissa käytetään varta vasten näihin kameroihin suunniteltuja objektiiveja. Megapikselikameroiden objektiivit on valmistettu siten että niiden lineaarisuus ja tarkkuus on sovitettu tietyn kokoiselle ja tietyn pikselimäärän omaavalle kuvakennolle. (Kameravalvontajärjestelmät 2009, 82-98.)

2.5.3 Kiinteät IP-sisä- ja ulkokamerat

Kiinteiden IP-kameroiden perusominaisuudet ovat samankaltaisia kuin analogisilla kameroilla. Kiinteitä IR-ledivalokameroita ei ole Tilapalvelun kohteisiin vielä asennettu tätä työtä kirjoitettaessa. Luvussa 2.3.2 on kuvattu analogisten kameroiden perusominaisuudet, jotka sopivat hyvin myös IP-kameroihin. Kuviossa 9 on esitetty kaksi esimerkkiä käytössä olevista kiinteistä IP-sisä- ja ulkokameramalleista



KUVIO 9. Kiinteät IP-sisä- ja ulkokamerat

Kiinteiden IP-sisä- ja ulkokameroiden sekä objektiivien tyypillisimmät tekniset ominaisuudet on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Kiinteiden IP-sisä- ja ulkokameroiden tekniset ominaisuudet

Kameraominaisuus:	Arvot:
Kuvasensori	1/3" CMOS progressiivinen skannaus
Mekaaninen IR-suodin	Kyllä
Kaksiväri toiminne (yö/päivä)	Kyllä
Kaksoisvalotustoiminne	Kyllä
Erottelukyky TV-juovaa	SVGA 800x600, 0,48Mpix (yö/päivä)
Minivalontarve	0,1 lux väri, 0,05 lux mv F1.4
Vastavalokorjaus(BLC)	On
Objektiivi	Vaihdeettava
Objektiivin polttoväli	Varifocal 3-8 mm
Objektiivin toiminnot	IR-korjaus, autoiiris, DC-ohjaus
Sääsuojakotelo	IP66 lämmitys, termostaatti, alumiinirakenne
Vandaalisuojaus	Ei
Videostream	MJPEG, H264
Virransyöttö	8-20VDC tai PoE

2.5.4 Kiinteät IP-kupukamerat

Kiinteiden IP-kupukameroiden perusominaisuudet ovat samankaltaisia kuin analogisilla kupukameroilla. Luvussa 2.3.3 on kuvattu kiinteiden analogisten kupukameroiden perusominaisuudet, jotka sopivat hyvin myös IP-kameroihin.

Kuviossa 10 on esitetty kaksi esimerkkiä käytössä olevista kiinteistä IP-kupukameramalleista



KUVIO 10. Kiinteät IP-kupukamerat

Kiinteiden IP-kupukameroiden sekä objektiivien tyypillisimmät tekniset ominaisuudet on esitetty taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Kiinteiden IP-kupukameroiden tekniset ominaisuudet

Kameraominaisuus:	Arvot:
Kuvasensori	1/3” CMOS progressiivinen skannaus
Mekaaninen IR-suodin	Kyllä
Kaksiväri toiminne (yö/päivä)	Kyllä
Kaksoisvalotustoiminne	Kyllä
Erottelukyky TV-juovaa	SD480p, 720x480,(yö/päivä)
Minivalontarve	0,1 lux väri, 0,05 lux mv F1.4
Vastavalokorjaus(BLC)	On
DSP-ominaisuudet	OSD,DSS(Sense up),DNR
Objektiivi	Kiinteä
Objektiivin polttoväli	Varifocal 3-13 mm
Objektiivin toiminnot	IR-korjaus, autoiiris, DC-ohjaus
Sääsuojakotelo	Ei
Vandalisuojaus	Kyllä IP66 kotelointi
Videostream	MJPEG, H264
Virransyöttö	12VDC/24VAC tai PoE

2.5.5 Ohjattavat IP-kupukamerat

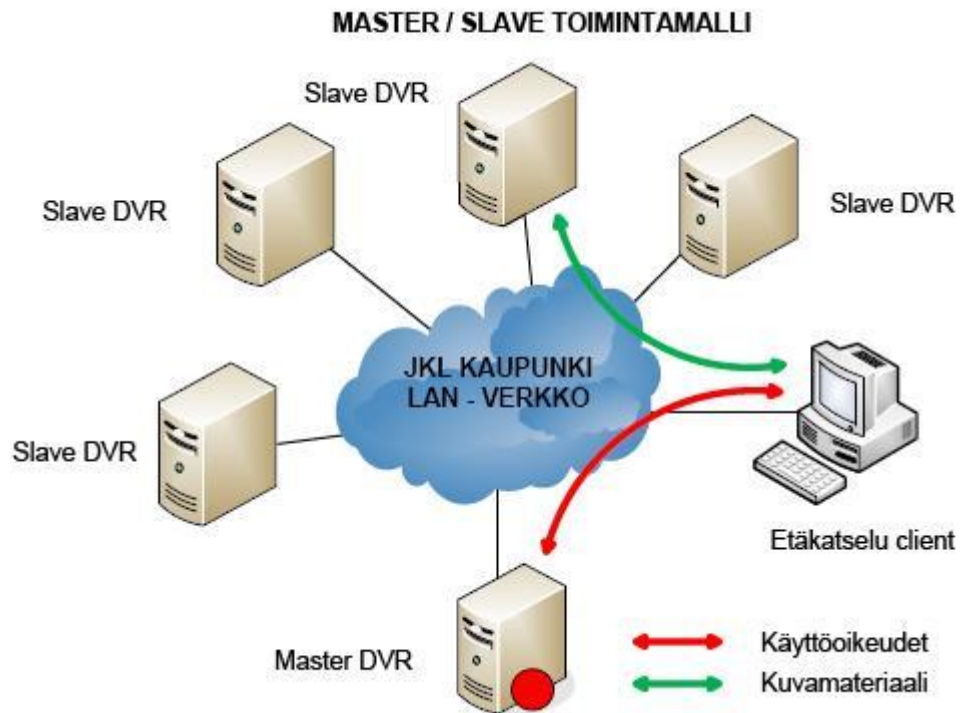
Ohjattavien IP-kupukameroiden perusominaisuudet ovat samanlaisia kuin analogisilla ohjattavilla kupukameroilla. Luvussa 2.3.5 on kuvattu ohjattavien analogisten kupukameroiden perusominaisuudet, jotka sopivat hyvin vastaviin IP-kameroihin. Ohjattavia IP-kupukameroita ei ole Tilapalvelun kohteisiin vielä asennettu tätä työtä kirjoitettaessa.

2.6 Master/slave -toimintamalli

Kaikki Tilapalvelun hallinnassa olevat ja Jyväskylän kaupungin LAN-verkkoon kytketyt Mirasys-merkkiset (V- ja N-sarja) tallentimet on liitetty yhteiseen käyttäjähallintaan niin sanotun master/slave -toimintamallin mukaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että yksi tallennin on järjestelmän hallintapalvelin eli master. Muut verkossa olevat tallentimet toimivat slave-tilassa. Master-tallentimella on seuraavanlaisia toimintoja:

- Tallentimiin kirjautuvien käyttäjien ja ohjelmien identiteetin tarkistus eli käyttäjähallinta kaikille järjestelmän tallentimille
- Sisältää kaikkien järjestelmän tallentimien kokoonpanotiedot
- Valvoo kaikkien tallentimien toimintaa
- Tahdistaa kaikkien tallentimien kellot
- Luo raportteja kokonaisuuden toiminnasta

Kuviossa 11 on esitetty master/slave -toimintamallin periaate (Mirasys NVR 6.1 Järjestelmävalvojan ohje 2012, 12–13.)



KUVIO 11. Master/Slave -toimintamalli

Etäkatselukäyttäjän kirjautuessa client-ohjelmalla haluttuun tallentimeen kuvamateriaalin katselua varten client-ohjelmisto käy ensin master-tallentimelta tarkistamassa etäkatselukäyttäjän profiilin mukaiset käyttöoikeudet tallentimeen. Tämän jälkeen haluttu kuvamateriaali siirretään tallentimelta suoraan etäkäyttäjän client-ohjelmistolle.

2.7 Mirasys Oy ja videovalvontatuotteet

2.7.1 Mirasys Oy yrityksenä

Mirasys Oy (jäljempänä Mirasys) on vuonna 1997 perustettu kotimainen älykäden videovalvontaohjelmistojen kehittäjä ja toimittaja. Ohjelmistojen tuotekehitys tapahtuu Suomessa. Mirasysin pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Mirasysilla on myös toimistoja ympäri maailmaa isoissa kaupungeissa kuten esimerkiksi Amsterdamissa, Bangalossa, Bangkokissa, Barcelonassa,

Frankfurtissa, Johannesburgissa, Lontoossa, Milanossa, Pariisissa, Tukholmassa, Tallinnassa ja Washingtonissa.

Mirasys on ainoa videovalvontaohjelmistojen valmistaja maailmassa, jonka ohjelmistot tukevat yli 1000:tta erilaista IP-kameraa analogisten kameroiden lisäksi. Mirasys tekee yhteistyötä maailman johtavien kameravalmistajien kanssa. Mirasysin kanssa yhteistyötä tekeviä isoja kameravalmistajia ovat mm. Axis, Arecont, Basler, Honeywell, LG, Samsung, Sony, Acti, UDP, Bosch, ja HikVision. Aina kun markkinoille ilmestyy edellä mainituilta toimijoilta uusi IP-kamera niin se on heti liitettävissä Mirasysin ohjelmistoihin. Mirasysin videovalvontaohjelmistoihin on liitetty lähes miljoona kameraa ympäri maailman. Mirasysin toimittamilla ratkaisuilla valvotaan pankkeja, vähittäismyyntipisteitä kioskeista kauppakeskuksiin, kouluja, teollisuuskohteita, arvo- ja muita suoje-lukohteita, kriittistä infrastruktuuria ja julkishallintoa. (Luukkanen 2012, 2-3.)

2.7.2 Mirasys VMS Älykäs videovalvontajärjestelmä

Mirasysin videovalvontaohjelmistoissa on monipuolisia toimintoja, kuten esimerkiksi videon tallennus, videon reititys, videon analysointi, raportointi, keskitetty ja/tai hajautettu hallinta, verkotus, erilaisten hälytysten käsittely ja niiden edelleenohjaus, I/O-liitännät (fyysiset ja loogiset), ANPR-tunnistus (automaattinen rekisterinumeron tunnistus) ja erilaiset käyttöliittymät (mobiili, tabletti, www-selain, työasema, IP-videoseinä, valvontakeskus). Kuviossa 12 on havainnollistettu älykkään videovalvontajärjestelmän periaatetta. (Luukkanen 2012, 2-3.)

Älykäs videovalvontajärjestelmä



KUVIO 12. Älykäs videovalvontajärjestelmä (Luukkanen 2012, 2.)

2.8 Tilapalvelulla käytössä olevat Mirasys-tuotteet

2.8.1 Mirasys VMS-ohjelmistot

Tilapalvelun käytössä on Mirasys NVR Enterprise-version VMS-ohjelmistot jotka mahdollistavat yhden master-tallentimen järjestelmään sadan slave-tallentimen liittämisen. Tämän hetkinen Enterprise-lisenssi mahdollistaa sadan käyttäjän profiilit master-tallentimella, joka on myös maksimimäärä nykyisessä lisenssissä. Järjestelmään voi kokonaisuudessaan liittää 5000 kameraa, jotka voivat olla joko analogisia kameroita tai IP-kameroita. Yhtä tallenninta kohden maksimikameramäärä on 64 kappaletta. Analogisten kameroiden lukumäärä tallenninta kohden on rajoitettu maksimissaan 32:een kappaleeseen. VMS-ohjelmistot toimivat standardilla microsoftin .NET-alustalla. Käyttöjärjestelminä vanhemmissa tallentimissa on Windows xp ja uudemmissa tallennissa Windows 7 Pro. Nykyinen ohjelmistoversio master-tallentimella on 5.12.6. Slave-tallentimien ohjelmaversiot voivat maksimissaan olla samalla tasolla kuin mas-

terilla tai alempia versioita. Lisätietoja master/slave -toiminnasta löytyy tämän työn luvusta 2.6. (Mirasys NVR Enterprise datasheet, 1-2.)

VMS-ohjelmistot koostuvat useista eri toiminnallisista ohjelmistokomponenteista. Ohjelmistot voidaan jakaa kahteen eri pääryhmään eli palvelinohjelmistoihin ja asiakasohjelmistoihin (client-ohjelmistot). Lisäksi yhtenä ohjelmistokomponenttina on API-sovellus integraatioiden tekemiseksi muihin järjestelmiin.

Palvelinohjelmistoja ovat seuraavat ohjelmistokomponentit:

- recorder
- system management
- gateway

Asiakasohjelmistoja (client) ovat seuraavat ohjelmistokomponentit:

- Loppukäyttäjä (workstation)
- System management
- Selainpohjainen
- Mobiili

Lisätietoja ohjelmistoista ja niiden toiminnoista löytyy tämän työn lähteenä käytetystä Mirasys VMS System Architect & Engineer Specifications -dokumentista, jossa on kuvattu tarkemmin eri ohjelmistokomponenttien tehtäviä. Kuviossa 13 on esitetty asiakasohjelmiston käyttöliittymän (workstation) näkymä. (Mirasys VMS System Architect & Engineer Specifications, 5–8.)



KUVIO 13. Loppukäyttäjän Workstation käyttöliittymä

2.8.2 V-sarjan tallentimet

Tilapalvelun analogisissa videovalvontakohteissa on käytössä pääosin V-sarjan hybridikovallevyttallentimia. Eniten on käytetty V3000-sarjan tallentimia noin 40:ssä kohteessa. Seuraavaksi eniten on V1000-sarjan tallentimia noin 20:ssä kohteessa. V1000-sarja on kevyemmällä raudalla varustettu ja se on tarkoitettu pienempiin valvontakohteisiin joissa tarvittavat ominaisuudet eivät ole suuret, kuten esimerkiksi päiväkodit. V3000-sarjassa on enemmän ominaisuuksia ja se on tarkoitettu keskikokoisiin kohteisiin, kuten esimerkiksi kouluihin. Järeän V5000-sarjan tallentimia ei ole käytössä Tilapalvelun kohteissa. Tallentimien valintaan on vaikuttanut valvontakohteen kameroiden lukumäärä, kameroiden käyttötarkoitus, tallennettavien tapahtumien määrä sekä tarvittava kuvamateriaalin laatu. Liitteessä 1 on lueteltu V-sarjan tallentimien tärkeimmät tekniset ominaisuudet. (Mirasys V series recorders datasheet, 1-2.)

2.8.3 N-sarjan tallentimet

Tilapalvelun uusia IP-videovalvontajärjestelmällä varustettuja kohteita on tehty viisi kappaletta. Näissä kaikissa kohteissa on käytetty N5000-sarjan tallentimia. N5000-sarjan tallentimet on tarkoitettu kohteisiin joissa tarvitaan enemmän ominaisuuksia tallentimilta, kuten esimerkiksi isot koulukeskukset. Tallentimien valintaan on vaikuttanut valvontakohteen kameroiden lukumäärä, kameroiden käyttötarkoitus, tallennettavien tapahtumien määrä sekä tarvittava kuvamateriaalin laatu. Liitteessä 2 lueteltu N-sarjan tallentimien tärkeimmät tekniset ominaisuudet. (Mirasys N series recorders datasheet, 1-2.)

2.9 Nykyjärjestelmien hyvät ja huonot puolet

Tilapalvelun nykyisissä videovalvontajärjestelmissä on sekä hyviä että huonoja puolia. Tässä työssä arvioidaan analogisia ja IP-pohjaisia järjestelmiä siten että ne ajatellaan yksittäisiksi järjestelmiksi kohdekohtaisesti. Lisäksi arvioidaan kaikkien nykyisten analogisten ja IP-pohjaisten järjestelmien muodostama kokonaisratkaisua.

Analogisten järjestelmien yhtenä parhaimpana puolena voidaan pitää sitä että eri valmistajien laitteet ovat hyvin yhteensopivia keskenään toistensa kanssa. Yhtenä huonoimpana puolena voidaan pitää sitä että kuvanlaatua joudutaan nykyään rajoittamaan standardien mukaiseksi. Tällöin mm. kuvan resoluutiota joudutaan pienentämään vaikka nykytekniikalla olisi mahdollista saavuttaa helpostikin suurempia resoluutioita. Liitteessä 3 on arvioitu analogisten järjestelmien hyvät ja huonot puolet.

IP-järjestelmien parhaimmat ja huonoimmat puolet ovat päinvastoin jos niitä verrataan analogisiin kameroihin. Parhaana puolena voidaan pitää kuvanlaatua. Tällöin resoluutioille ja kuva-alat ei asetettu mitään rajoituksia. Käytäntö tietenkin sanelee tiettyjä rajoituksia, mutta standardit eivät niitä rajoita. Liitteessä 4 on arvioitu IP-järjestelmien hyvät ja huonot puolet.

Nykyisen kokonaisratkaisun parhaimpana puolena voidaan pitää sitä että yksittäisen järjestelmän kaatuminen ei vaikuta muiden toiminnassa olevien järjestelmien toimintaan. Huonoimpana puolena voidaan taas pitää sitä että yksittäisten järjestelmien tallentimien ylläpito ja huoltaminen on kallista johtuen tallentimien suurta lukumäärästä. Liitteessä 5 on arvioitu nykyisen kokonaisratkaisun hyvät ja huonot puolet.

3 JYVÄSKYLÄN KAUPUNGIN LÄHIVERKKO

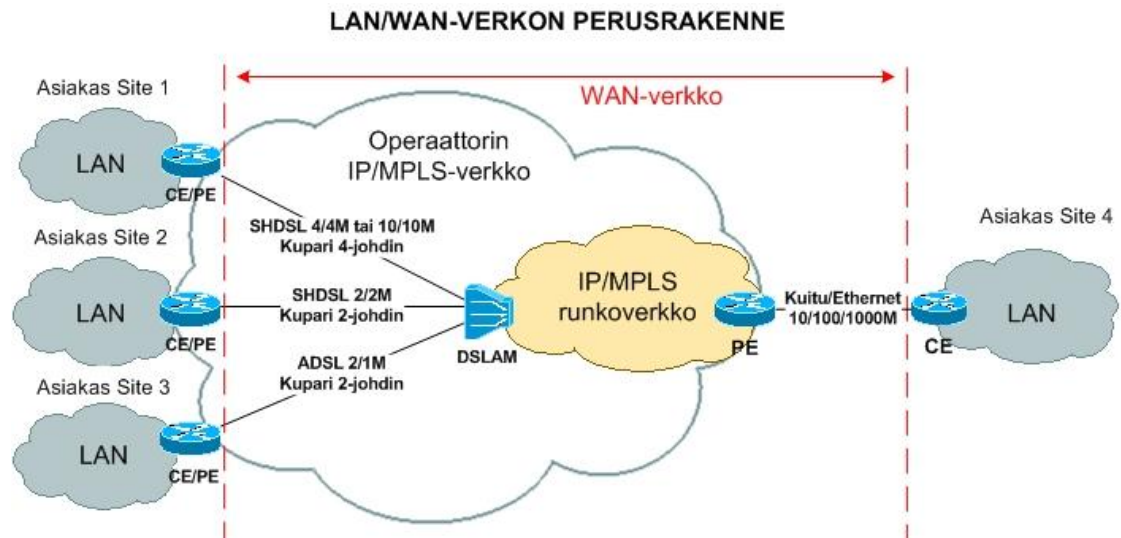
3.1 Yleistä lähiverkosta

Jyväskylän kaupungin lähiverkko ulottuu yli 300:aan eri toimipisteeseen. Näissä toimipisteissä toimivat luvussa 1.1 mainitut Jyväskylän kaupungin eri palveluyksiköt. Jokaisessa eri toimipisteessä on oma kiinteistökohtainen sisäinen LAN-verkko, jonka kokoonpano vaihtelee riippuen toimipisteen koosta, käyttäjämäärästä sekä käyttötarkoituksesta. Tässä työssä ei käsitellä kiinteistökohtaisia sisäisiä LAN-ratkaisuja, vaan keskitytään eri toimipisteitä yhdistävän WAN-verkon tietoliikenneliittymiin sekä niiden toteutustapoihin. Tämä siksi että kiinteistökohtaisten LAN-verkkojen liikennöintikapasiteetit ovat riittäviä IP-kameravalvontajärjestelmiä varten. Mahdolliset pullonkaulat muodostuvat tämän hetkisen WAN-verkon tietoliikenneliittymistä. Jyväskylän kaupungille LAN-verkkojen yhdistämispalvelut toimittaa teleoperaattori Elisa Oyj. Kiinteistökohtaisten operaattoriliittymien taso vaihtelee riippuen kunkin palveluyksikön koosta, käyttäjämäärästä ja käyttötarkoituksesta. Seuraavissa luvuissa 3.2 - 3.5 käydään läpi Elisa Oyj:n WAN-verkkoa sekä sen liityntäyhteyksien toteutustapaa. (Mäkinen 2013.)

3.2 LAN/WAN-verkon rakenne

Jyväskylän kaupungilla on käytössä Elisa Oyj:n yritysverkko-niminen palveluratkaisu eri toimipisteiden välisten LAN-verkkojen yhdistämiseen. Palvelu pe-

rustuu Elisa Oyj:n valtakunnalliseen ja kansainväliseen IP/MPLS-verkkoon. Ratkaisussa asiakkaalle on määritelty omat suljetut virtuaaliverkot IP/MPLS-verkkoon. Kuviossa 14 on esitelty LAN/WAN verkon perusrakenne. (Elisa yritysverkko 2012.)



KUVIO 14. LAN/WAN-verkon perusrakenne

Palveluun kuuluu kuituyhteyksillä Elisa Oyj:n omistama ja hallinnoima PE-reititin johon asiakkaan hallinnoima CE-reititin liikennöi staattisella reitityksellä. Käytännössä asiakkaan CE-reititin on reitittävä kytkin. Ainoa liikenteen välityksessä tuettu protokolla on IP-protokolla. Palveluun kuuluu myös multi-VPN-tuotenimellä oleva lisäominaisuus, jonka avulla on luotu asiakkaan toimipisteiden välille useita virtuaaliverkkoja eri käyttötarkoituksia varten. Asiakkaiden toimipisteissä nämä edellä mainitut VPN-yhteydet on reititetty aina kuhunkin paikalliseen VLAN-verkkoon. xDSL-yhteys kytketään aina operaattorin laitteissa sijaitsevaan DSLAM:iin. Kullakin puhelinkeskuksalueella on yleensä oma DSLAM. Kooltaan pienet palveluyksiköt on liitetty yleensä xDSL-yhteyksien perään. Tällöin Elisa Oyj:n asiakkaan tiloihin toimittama reititin toimii sekä PE-laitteena että CE-laitteena. (Elisa yritysverkko 2012; Kukkonen 2013.)

Eri käyttötarkoituksia varten VLAN-verkot on luotu seuraaville kohteille:

- julkinen verkko
- hallintoverkko

- oppilasverkko
- kiinteistöverkko
- WLAN-verkko
- pelastuslaitoksen verkko
- sekä muutama muu erikoisverkko

Verkossa käytetään privaattiosoitteita. Elisa Oyj ei reititä virtuaaliverkkojen välistä liikennettä vaan mahdollisesti tarvittavat reititykset hoidetaan asiakkaan toimesta. Eri toimipisteissä tarvittavien liittymien nopeudet ja tekniikat on sovittu yhdessä asiakkaan kanssa. (Mäkinen 2013.)

Yritysverkkoliittymien tyypillisimmät ominaisuudet on lueteltu taulukossa 6. (Elisa yritysverkko 2012.)

TAULUKKO 6. Yritysverkkoliittymien ominaisuudet

Ominaisuus:	Arvot:
Nopeusvalikoima	512 kbit/s – 10 Gbit/s
Symmetrisyys	Symmetrinen tai epäsymmetrinen, liittymätyypin mukaan
Loogisten verkkojen määrä	Yksi, lisäpalveluna saatavana useita (Multi-VPN).
IP-liikenteen palvelun laatu (QoS)	Saatavana lisäpalveluna
Asiakasreitittimen toimintamoodi	Reititys, IP Layer-3
Maantieteellinen saatavuus	Valtakunnallinen ja kansainvälinen. Kansainvälisten palveluiden tekniset ominaisuudet määritellään tapauskohtaisesti erikseen.
IP-osoitteet	Privaatit tai julkiset. Useat aliverkot ovat mahdollisia. Julkisia IP-osoitteita voidaan allokoida asiakkaan perustellun tarpeen mukaan.

Jyväskylän kaupungin käytössä olevien yritysverkkoliittymien eri nopeus-, media- ja tekniikkavaihtoehdot on lueteltu taulukossa 7. ADSL-liittymät ovat toiminnaltaan epäsymmetrisiä. Muut liittymät ovat symmetrisiä. (Elisa yritysverkko 2012.)

TAULUKKO 7. Käytössä olevat yritysverkkoliittymät

Nopeus	Siirtomedia	Liittymän tekniikka
2Mbit/s / 1Mbit/s	Kupari	ADSL 2-johdin
2Mbit/s / 2Mbit/s	Kupari	SHDSL 2-johdin
4Mbit/s / 4Mbit/s	Kupari	SHDSL 4-johdin
10Mbit/s / 10Mbit/s	Kupari	SHDSL 4-johdin
10 Mbit/s	Yksimuotokuitu	Ethernet
100 Mbit/s	Yksimuotokuitu	Ethernet
1 Gbit/s	Yksimuotokuitu	Ethernet

3.3 xDSL-liittymät

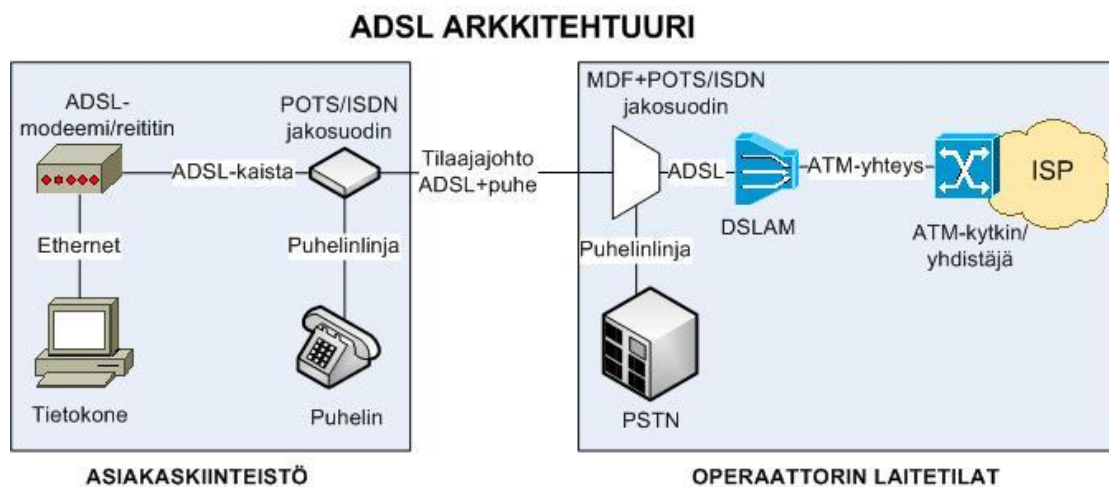
3.3.1 Yleistä DSL-tekniikasta

Erilaisia DSL-tekniikoita on aikoinaan alettu kehittämään vaihtoehdoksi optisille kuiduille, koska suora siirtyminen optisten kuitujen käyttöön olisi ollut liian suuri yhteiskunnallinen investointi. Nykyään on olemassa useita erilaisia DSL-tekniikoita, kuten esimerkiksi ADSL-, IDSL-, HSDL-, SDSL-, SHDSL-, RADSL- ja VDSL-tekniikat. Yhteinen tekijä näille kaikille on se että yhteyksien tekoon voidaan käyttää vanhoja analogisia puhelinkaapeleita. Nämä kaapelit täyttävät kategoria 3:n vaatimukset. DSL-yhteydet jaetaan symmetrisiin ja asymmetrisiin. Tässä työssä käydään läpi vain Jyväskylän kaupungin käytössä olevia tekniikoita, joita ovat ADSL ja SHDSL. (Granlund 2007.)

3.3.2 ADSL

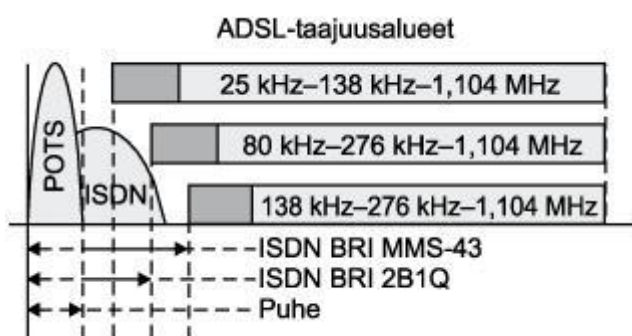
Nykyisin käytössä olevat ADSL-yhteydet perustuvat ITU-standardeihin G.992.X. ADSL-yhteydet ovat epäsymmetrisiä ja ne toimivat yhdellä tilaajajohdtoparilla. ADSL-yhteyttä voidaan käyttää samalla tilaajajohdolla kuin perinteistä analogista puhelinliittymää. ADSL-yhteyttä voidaan käyttää yhdessä myös ISDN-liittymän kanssa. Edellä mainituissa tapauksissa tarvitaan erillinen jakosuodin yhteyden lähetys- ja vastaanottopäissä erottamaan puhe ja data toisistaan. Jos perinteistä puhelinliittymää ei tarvita, jakosuotimien tarve molemmissa päissä poistuu. ADSL-yhteyden maksimipituus asiakaskiinteistöstä operaattorin tiloihin on noin 6 km käytettäessä 0,5 mm² kategorian 3 puhelinka-

pelia. Kuviossa 15 on esitetty ADSL-yhteyden arkkitehtuuri käytettäessä tilaajajohtoa yhdessä puhelinliittymän kanssa. (Granlund 2007; Koho 2010.)



KUVIO 15. ASDL-arkkitehtuuri

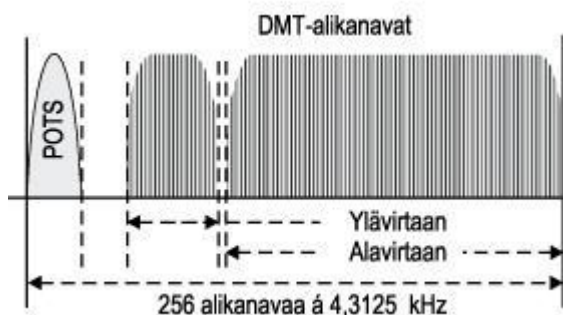
Analoginen puhelinliittymä varaa taajuuskaistan 0 - 4 kHz käyttöönsä. Se käyttää alle yhden prosentin saatavilla olevasta taajuuskaistasta. ISDN-varaa taajuuskaistan 80 - 120 kHz eli noin 10% saatavilla olevasta taajuuskaistasta. ADSL:n taajuusalue alkaa väliltä 25,875 - 138 khz riippuen sen kanssa yhdessä käytettävästä järjestelmästä ja kanavakoodauksesta. Kuviossa 16 on esitetty ADSL:n käyttämät taajuusalueet. (Koho 2010.)



KUVIO 16. ADSL-taajuusalueet (Granlund. 2010)

ADSL-tekniikassa Suomessa ja Euroopassa käytetään DMT-modulointitekniikkaa ITU-T G992.1 standardin mukaisesti. Taajuusalue on

jaettu yhteensä 256:een alikanavaan, joista 32 kappaletta on ylävirtaan. Ylävirran kanavat voivat toimia myös kaksisuuntaisesti tarvittaessa. Alikanava 64 on niin sanottu pilot-kanava ja alikanavalla 256 on niin sanottu Nyquist-taajuus. Näillä kanavilla ei siirretä dataa. Yksittäisen alikanavan taajuus on 4 khz ja kaistan väli on 4,3125 kHz. Tällöin kanavien väliin jää 0,3125 khz: suoja-alue. Kuviossa 17 on esitetty DMT-alikanavat. (Granlund 2007.)



KUVIO 17. DMT-alikanavat (Granlund 2010.)

Yhteyttä käyttöön otettaessa alikanavan SNR-suhde lasketaan. Tämän perusteella määräytyy siirrettävien bittien määrä ja yhteydellä käytettävä QAM-moduloinnin muoto. Tällä tavoin voidaan optimoida siirrettävien bittien määrä huomioiden kunkin alikanavan laatu. Käyttämällä tarvittaessa Trellis-koodausta voidaan BER-suhdetta edelleen parantaa. Yksittäinen alikanava voidaan poistaa käytöstä, jos sen laatu on huono. (Granlund 2007.)

ADSL-yhteys toimii sillattuna, kun ADSL-liittymää käytetään esimerkiksi kotikäytössä Internet-yhteytenä. Tällöin kotikäyttäjä on samassa aliverkossa useiden muiden kotikäyttäjien kanssa. ADSL-yhteys toimii reitittynä, kun ADSL-liittymää käytetään esimerkiksi yrityksen eri toimipisteiden yhdistämiseen. Tällöin kukin ADSL-liittymä on oman aliverkon takana. Siirtoyhteykskerroksella ADSL-yhteyksillä käytetään informaation siirtoon ATM-kehystä. Kehystyksessä voidaan käyttää mm. seuraavia vaihtoehtoja

- RFC2684: Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer5
- RFC2364: Point to Point Protocol over ATM
- RFC 2516: A Method for Transmitting PPP Over Ethernet (PPPoE). (Koho 2010.)

Käytettäessä ITU-standardin G.992.5 Annex M:n mukaista ADSL2+-tekniikkaa voidaan saavuttaa suurin mahdollinen ADSL:n tiedonsiirtonopeus 28 Mbit/s downstream suuntaan ja upstream suuntaan 3,5 Mbit/s. ADSL-yhteyksien helppo toteuttaminen on johtanut siihen että ADSL-yhteys on yleisin käytössä oleva laajakaistayhteys. Taulukossa 8 on esitetty eri ADSL-tekniikoiden vaihtoehdot, standardit ja maksiminopeudet (Granlund 2007.)

TAULUKKO 8. ADSL tekniikat ja maksiminopeudet

Tyyppi	Standardi	downstream	upstream
ADSL	ITU-T G.992.1	8 Mbit/s	1 Mbit/s
ADSL Lite	ITU-T G.992.2	1,5 Mbit/s	0,5 Mbit/s
ADSL2	ITU-T G.992.3	12 Mbit/s	3,5 Mbit/s
ADSL2	ITU-T G.992.3 Annex J	12 Mbit/s	1 Mbit/s
ADSL2+	ITU-T G.992.5	24 Mbit/s	1 Mbit/s
ADSL2+	ITU-T G.992.5 Annex M	28 Mbit/s	3,5 Mbit/s

3.3.3 SHDSL

Symmetristä siirtotapaa käyttävä SHDSL-tekniikka on kehitetty SDSL-tekniikan pohjalta. SDSL puolestaan perustuu HDSL-tekniikkaan. SHDSL on määritelty ITU-T:n G.991.2-standardilla. SHDSL:n tiedonsiirtonopeus tilaajayhteydellä on 192 Kbit/s - 2,312 Mbit/s yhtä johdinparia käytettäessä. Kahta johdinparia käytettäessä tiedonsiirtonopeus on välillä 384 Kbit/s - 4,624 Mbit/s. SHDSL käyttää TC-PAM linjakoodausta. Se on huomattavasti tehokkaampi koodaustapa kuin 2B1Q jota käytettiin SDSL- ja HSDL-tekniikoissa. TC-PAM käyttää taajuuspektrin paremmin hyväkseen kuin 2B1Q-koodaus. Tämä onkin suurin syy siihen miksi SHDSL-tekniikka on kehitetty. (Symmetric DSL White Paper. 2002.)

Vuonna 2003 joulukuussa ITU-T G991.2-standardia päivitettiin Annex F-laajennuksella. Päivityksen jälkeen yhdellä johdinparilla voitiin siirtää maksimissaan 5,696 Mbit/s. Kahdella johdinparilla tiedonsiirtonopeudeksi saatiin maksimissaan 11,392 Mbit/s. Tämä laajennus tunnetaan paremmin G.SHDSL.bis-tekniikkana. (ITU-T G.991.2 2003)

Yksi SHDSL-tekniikan suurimmista eduista verrattuna vanhempaan SDSL-tekniikka on standardin G994.1 (Handshake procedures for DSL transceivers) käyttö. Standardi määrittelee automaattisen kättelytietojen välityksen DSL-laitteiden välillä. Tämä mahdollistaa dynaamisen ominaisuuksien määrittelyn tiedonsiirtoyhteydelle ennen tiedonsiirron käynnistymistä. (Symmetric DSL White Paper 2002.)

3.4 MPLS

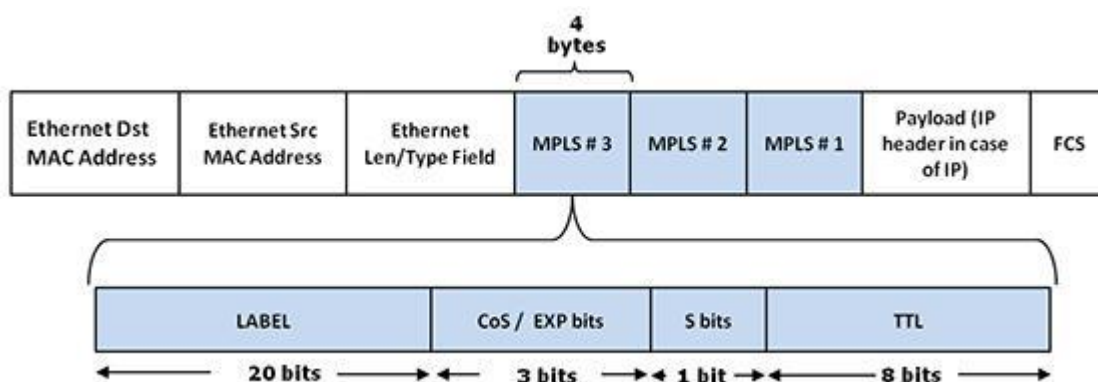
3.4.1 Yleistä MPLS-tekniikasta

MPLS on tekniikka jolla voidaan tehostaa liikenteen välitystä erityisesti operaattorien käyttämissä runkoverkoissa. MPLS on määritelty IETF:n RFC 3031 –dokumentissa. MPLS:n käyttämän leimakytkentätekniikan avulla voidaan pakettiliikennettä välittää reititinverkkojen läpi L2-tasolla siten että L3-tason reititystä tarvitsee tehdä vain MPLS-verkon reunareitittimillä. MPLS:n avulla voidaan verkkoon toteuttaa hyödyllisiä lisäpalveluita, kuten esimerkiksi MPLS TE, MPLS-VPN ja QoS. Luvussa 3.5 käsitellään MPLS-VPN koska tämä palvelu on käytössä myös Jyväskylän kaupungin LAN/WAN-verkon toteutuksessa. (Vatanen 2010.)

MPLS-protokolla sisältää toiminnot joiden avulla voidaan suorittaa leimakytkentää reititinverkossa. MPLS yhdistää siirtoyhteyserroksen (L2-taso) kytkennän ja verkkokerroksen (L3-taso) reitityksen. Toimiakseen MPLS tarvitsee IGP-reititysprotokollan, joka voi olla esimerkiksi OSPF tai IS-IS. Lisäksi tarvitaan jokin leimanvaihtoprotokolla kuten esimerkiksi LDP. Ethernetiä siirtomediaanä käyttävässä MPLS-verkossa datapaketteihin liitetään IP-otsikon ja Ethernet-kehyyksen väliin reititinlinkkikohtainen leima (label). Leiman avulla reititimet tekevät liikenteen kytkentää reitittimeltä toiselle. Tällöin liikenteen eteenpäinkytkennässä ei tutkita IP-otsikon tietoja, vaan kytkentä tapahtuu L2-tasolla. IP-otsikon tiedot tutkitaan vain MPLS-verkon reunareitittimillä tilanteissa, joissa IP-paketit ovat joko poistumassa tai tulossa MPLS-verkkoon. IP-paketin poistuessa MPLS-verkosta siirrytään tavallisen reitityksen käyttöön. (Vatanen 2010.)

3.4.2 MPLS-kehys

MPLS-kehys on 32-bittinen paketti, josta 20 bittiä käytetään itse liikenteen välitykselle. CoS-kenttää käytetään liikenteenluokitteluun. Yhdellä stack-bitillä (S) osoitetaan onko kyseinen leima leimapinon alin leima vai ei. Kun S-bitin arvo on 1, niin se tarkoittaa että kyseessä on alin leima. TTL-kenttä on leiman elinaika MPLS-verkossa. Jokaisella hypyllä kenttää vähennetään yhdellä jolloin estetään ikuisen silmukan muodostuminen MPLS-verkkoon. Leimanumerot 0 - 15 on varattu MPLS:n omaan käyttöön. MPLS-kehyyksiä voi olla useampia päällekkäin saman datapaketin sisässä. Tällöin puhutaan niin sanotusta leimapinosta. Kuviossa 18 on esitetty useamman MPLS-kehyyksen sijoittuminen Ethernet-kehyyksen ja IP-otsikon väliin. (Vatanen 2010.)

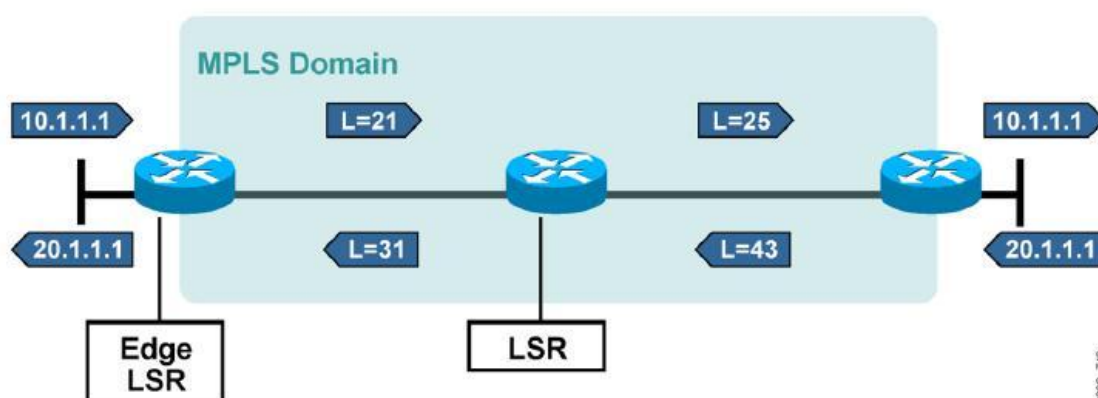


KUVIO 18. MPLS-kehys ja datapaketti

Leimassa on kaikki pakettien kytkentään tarvittava olennainen tieto, kuten kohdeosoite, liikenneluokka ja VPN-jäsenyys. Leimapinon ulointa leimaa (ks.kuvio 18 MPLS 3) käytetään paketin kytkennässä eteenpäin MPLS-verkossa. Pinon sisempiä leimoja käytetään osoittamaan ulosmenopaikka MPLS-verkosta sekä osoittamaan käytetty VPN. Leima on aina kiinteän pituinen ja sillä on vain linkkikohtainen merkitys. Leimalla erotetaan kulloinkin käytetty datan tietovuo eli FEC. Toisin sanoen kaikki datapaketit välitetään eteenpäin MPLS-verkossa ennalta määritellyä reittiä pitkin. FEC on määritelty RFC 3031 –dokumenteissa. (Vatanen 2010.)

3.4.3 MPLS-toiminta

MPLS-verkon reitittimet toimivat joko LSR- tai LER-reitittiminä. LER-reititin tunnetaan myös nimellä Edge LSR -reititin. LSR välittää leimattuja datapaketteja MPLS-verkon sisällä, kun taas LER välittää datapaketit sisään tai ulos MPLS-verkosta. Reitittimillä on kolme eri toimintoa datapaketien käsittelyyn. Push-toiminnolla asetetaan leima tai leimapino, swap-toiminnolla vaihdetaan leima tai leimapino ja pop-toiminnolla poistetaan leima tai leimapino. Kuviossa 19 on esitetty MPLS-verkon toiminta. (Vatanen 2010.)

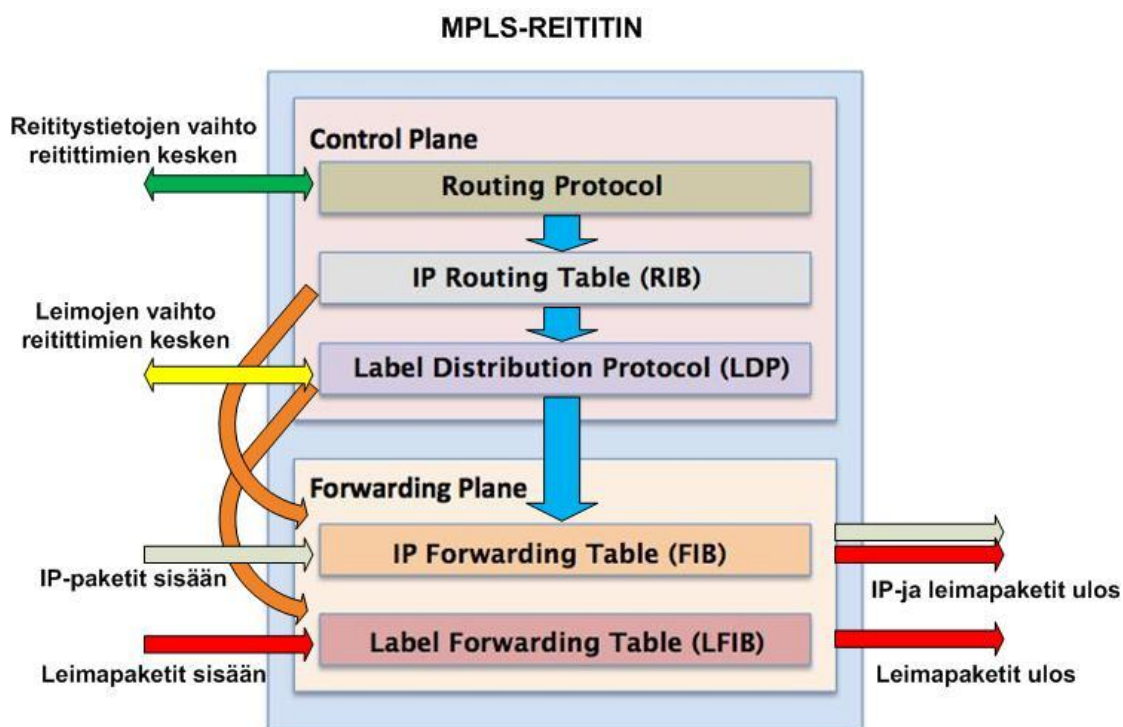


KUVIO 19. MPLS-verkko (Vatanen. 2010.)

IP-paketin saapuessa LER-reitittimelle sen IP-osoite tutkitaan normaalin reitityksen mukaisesti ja sitä verrataan reititystaulun sisältöön. Tämän jälkeen push-toiminnolla lisätään Ethernet-kehiksen ja IP-otsikon väliin MPLS-kehys. Lisätty MPLS-kehys sisältää LDP-protokollan avulla ennalta määrätyt arvot kyseiselle tietovuolle, kuten esimerkiksi leimanumeron ja CoS-bitit. Edellä mainitut toiminnot luovat leimakytkentäisen polun (LSP) MPLS-verkkoon. Datapaketin saapuessa LSR-reitittimeen leima vaihdetaan toiseksi swap-toiminnolla, jolloin lähtevä leima saa yleensä eri arvon. Datapaketin poistues- sa MPLS-verkosta tehdään pop-toiminto, jolla poistetaan leima datapaketista. Tämän jälkeen siirrytään käyttämään jälleen normaalia reititystä. (Vatanen 2010.)

3.4.4 MPLS-reititin

MPLS-verkon reititin tarvitsee toimiakseen RIB-reititystaulun, FIB-kytkentätaulun ja LFIB-leimakytkentätaulun. MPLS-reititin koostuu hallintatasosta (control plane) ja välitystasosta (forwarding plane). Kuviossa 19 on esitetty MPLS-reitittimien arkkitehtuuri. (Vatanen 2010.)



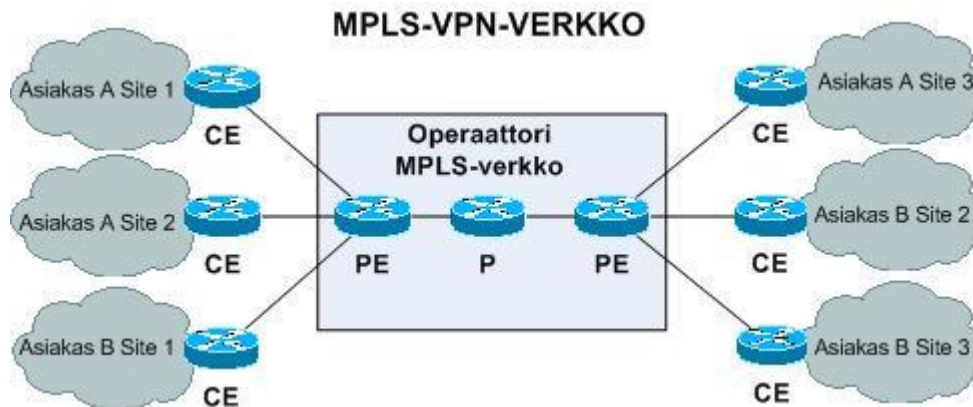
KUVIO 20. MPLS-reititin

Hallintatasolla reititin vaihtaa reititystietoja toisten reitittimien kanssa IGP-protokollalla. Tietoja säilytetään RIB-taulussa. Reititin vaihtaa myös leimatietoja LDP-protokollalla toisten MPLS-reitittimien kanssa. Välitystasolla reititin välittää datapaketteja eteenpäin joko IP-osoitteiden tai leimatietojen perusteella. (Vatanen 2010.)

3.5 MPLS-VPN

3.5.1 MPLS-VPN-verkko

MPLS-VPN on tekniikka jota käytetään yleisesti operaattoriverkoissa luomaan VPN-yhteyksiä asiakkaiden eri toimipisteiden välille. Sen toiminta perustuu virtuaalisten reititystaulujen (VRF) käyttöön. MPLS-VPN:ssä yhdistyvät overlay VPN:n ja Peer-to-Peer VPN:n parhaat ominaisuudet. PE-reitittimet osallistuvat asiakasreititykseen, jolloin on mahdollista luoda optimaalinen reititys eri toimipisteiden välille. PE-reitittimillä luodaan tarvittavat VPN-yhteydet kullekin asiakkaalle eri toimipisteisiin ja niiden välille. Eri asiakkaat voivat käyttää samoja privaattialueen IP-osoitteita. Kuviossa 21 on esitetty MPLS-VPN-verkon rakenne. (Vatanen 2010)

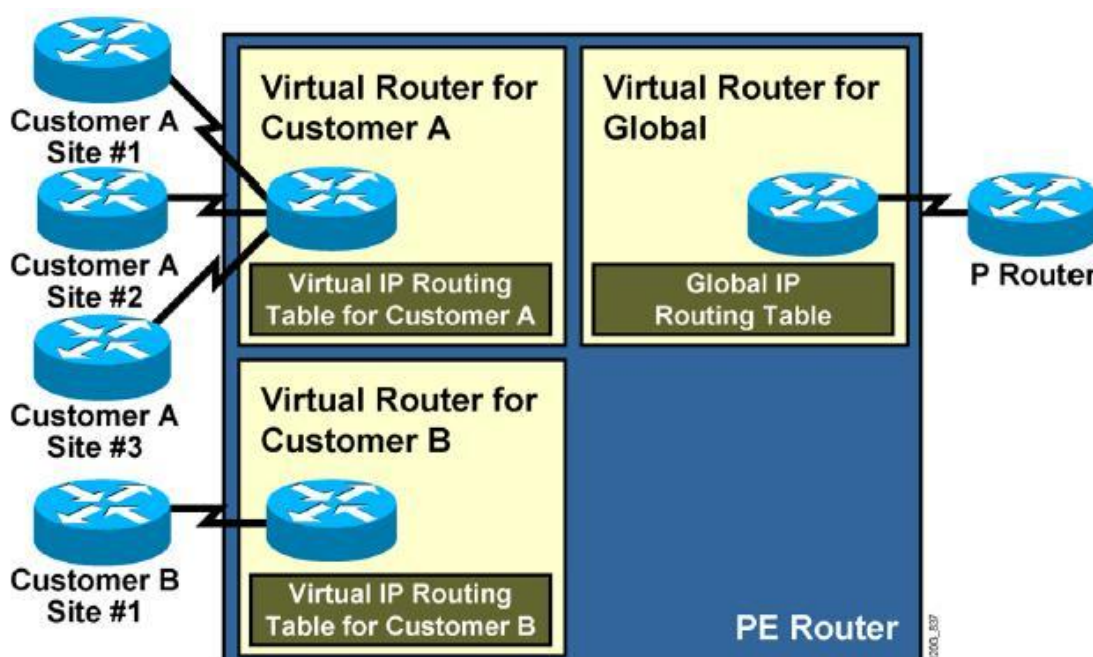


KUVIO 21. MPLS-VPN-VERKKO

CE-reititin on asiakkaan verkon reunalaitte, joka on liitetty operaattorin MPLS-verkon reunalaitteeseen eli PE-reitittimeen. CE-reititin käyttää perinteistä reititystä sen ja PE-reitittimen välisellä yhteydellä. CE-reitittimen tehtävänä on reitittää IP-paketit asiakkaan verkosta PE-reitittimelle ja päinvastoin. PE-reitittimet pitävät huolta VPN-yhteyksistä VRF-taulujensa avulla siten että eri asiakasverkkojen VPN:t eivät sekoitu keskenään. Jos verkossa oleva reititin ei ylläpidä VRF-tauluja se luokitellaan P-reitittimeksi eli toisin sanoen vain PE-reitittimet sisältävät VRF-tauluja. Yksi PE-reititin voi ylläpitää useita eri VRF-tauluja. Normaalisti yksi VPN-yhteys ylläpidetään yhden VRF-taulun avulla, mutta samaan VPN:ään voi kuulua myös useita VRF-tauluja. (Vatanen 2010)

3.5.2 MPLS-VPN-reitittimet

VPN-yhteyksien ylläpito tapahtuu kokonaisuudessaan PE-reitittimillä. P-reitittimet eivät tiedä VPN-yhteyksien olemassa olosta mitään, joten ne eivät osallistu VPN:ien ylläpitoon. P-reitittimet suorittavat ainoastaan leimakytkentää ja välittävät eteenpäin VPN-leimattuja MPLS-kehysiä. PE-reitittimet mainostavat reititystietoja toisten PE-reitittimien kanssa MP-iBGP-päivitysten avulla. Nämä päivitykset sisältävät VPN-IPv4-osoitteet ja leimat. BGP-protokolla on käytössä kaikilla verkon PE-reitittimillä ja näin ne ovat myös keskenään naapureita. BGP:llä määritellään mitä asiakasliittymän verkkoja mainostetaan muille PE-reitittimille. Tällä tavoin asiakasliittymän verkkojen ei tarvitse kuulua yhteen VPN:ään tai vaihtoehtoisesti niiden ei tarvitse kuulua mihinkään VPN:ään. Kuviossa 22 on esitetty PE-reitittimen rakenne. (Vatanen. 2010.)



KUVIO 22. PE-reitittimen rakenne (Vatanen 2010.)

3.5.3 RD ja RT

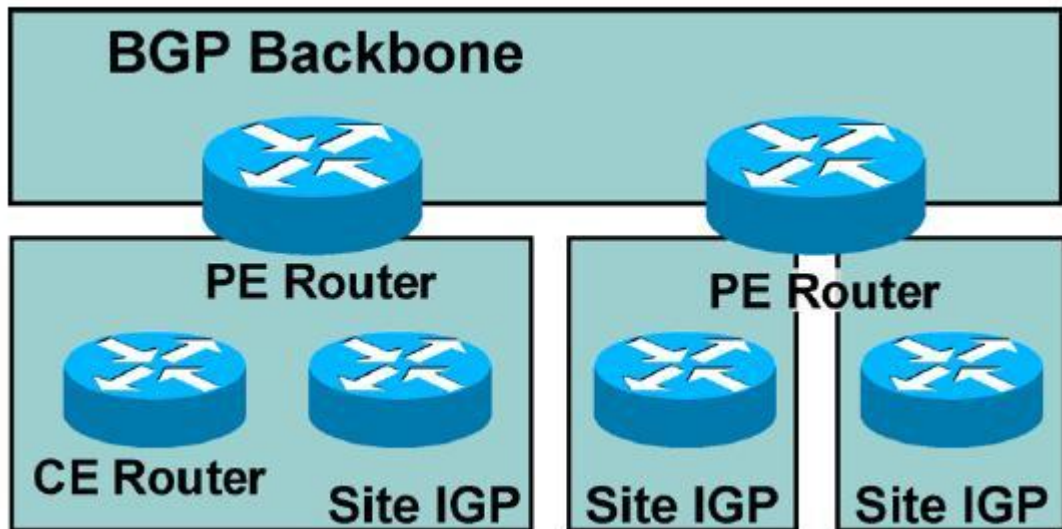
Route Distinguisher eli RD on 64-bittinen prefiksi jolla IPv4-osoitteesta tehdään globaalisti ainutkertainen. RD liitetään IPv4-osoitteen eteen, jolloin saadaan 96-bittinen VPN-IPv4-osoite. MP-iBGP-protokollaa käyttäen VPN-IPv4-osoitteita mainostetaan PE-reitittimien välillä. RD otetaan käyttöön PE-

reitittimelle CE-reitittimen sisääntuloporttiin. Eri RD:iden käyttö on pakollista mikäli eri asiakkaiden VPN-yhteydet käyttävät päällekkäisiä IPv4-osoitteita samassa MPLS-verkossa. Yleensä RD muodostetaan yhdistämällä AS-alueen numero, VPN-ID ja asiakkaan IPv4-osoite. Esimerkiksi AS 100, VPN-ID 10 ja IPv4-osoite 192.168.1.0. Yhdistämällä AS ja VPN-ID saadaan RD 100:10. Yhdistämällä saatu RD ja IPv4-osoite saadaan VPN-IPv4-osoite 100:10:192.168.1.0. RD:tä ei käytetä reititykseen vaan sillä erotellaan VPN:t toisistaan. (Vatanen 2010.)

Joissakin tilanteissa voi tulla tarve että asiakkaan toimipiste haluttaisiin liittää useampaan kuin yhteen VPN:ään. RD:llä ei pystytä osoittamaan kuin yhden VPN:n jäsenyyttä. Tällöin tarvitaan Route Targetia eli RT:tä. RT:t ovat BGP:n laajennettuja community-attribuutteja, jotka lisätään VPN-IPv4-reitteihin osoittamaan VPN-jäsenyyttä. RT:llä osoitetaan minne oman VRF-tilin VPN-reitit mainostetaan (export) sekä mitkä VPN-reitit tuodaan (import) omaan VRF-tiliin. Tämä voidaan tehdä erikseen kaikille VRF-tiluille. Laajennettu community siirtää RT:n arvon lisäksi myös tiedon siitä onko se export- vai import-RT. Export-RT lisätään siinä vaiheessa kun tehdään muunnos VPN-IPv4-osoitteeksi. Import-RT on puolestaan liitetty jokaiseen VRF-tiliin. (Vatanen 2010.)

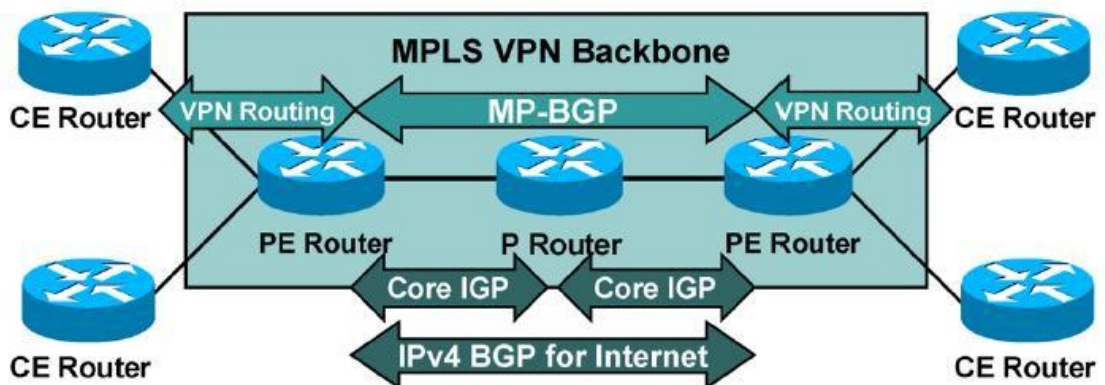
3.5.4 MPLS-VPN eri reititysnäkökulmista

CE-reitittimien näkökulmasta PE-reititin näkyy yhtenä verkon reitittimenä, joka kanssa käytetään normaaleja reititysprotokollia kuten esimerkiksi OSPF tai RIP. Myös staattista reititystä on mahdollista käyttää. Asiakkaan toimipisteiden kannalta PE-reitittimet näkyvät Core-reitittiminä jotka ovat yhteydessä toisiinsa BGP-backbonen välityksellä. P-reitittimet ovat asiakkaan näkökulmasta piilossa eli MPLS-verkko näkyy vain yhtenä putkena kahden PE-reitittimen välillä. P-reitittimet eivät osallistu VPN-reititykseen, jolloin niiden näkökulmasta ne suorittavat IGP-reititysprotokollaa PE-reitittimien ja muiden P-reitittimien välillä. Kuviossa 23 on esitetty MPLS-VPN asiakasnäkökulmasta. (Vatanen 2010.)



KUVIO 23. MPLS-VPN asiakasnäkökulma (Vatanen 2010.)

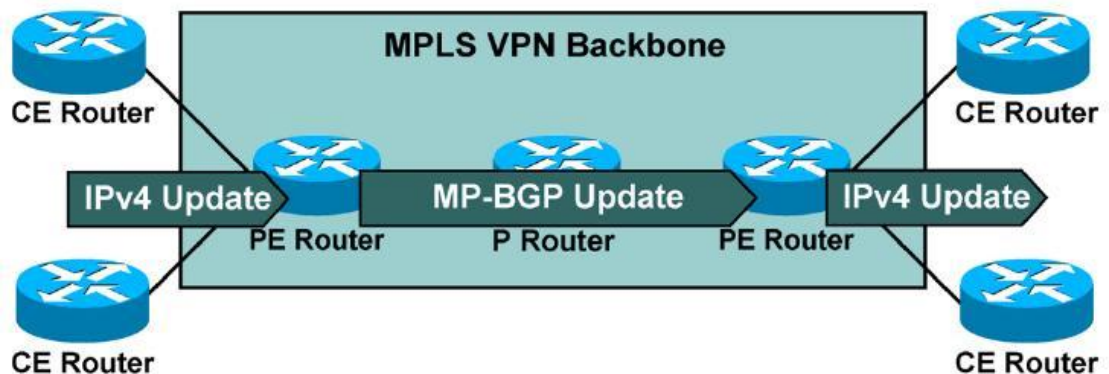
PE-reitittimissä ylläpidetään useita eri reititystauluja. Globaalissa reititystaulussa on runkoverkon tiedot ja Internetin tiedot. VRF-tauluissa on tiedot asiakasverkoista. PE-reitittimien näkökulmasta ne vaihtavat VPN-reittejä CE-reitittimien kanssa. IGP-protokollalla ne vaihtavat runkoverkon reitittietoja muiden PE –reitittimien ja P-reitittimien kanssa. VPN-IPv4-reitittietoja ne vaihtavat MP-BGP-istuntojen avulla. PE-reitittimissä voidaan myös reitittää globaalia Internet-liikennettä tarvittaessa. Tällöin BGP:tä käytetään Internet-reittien vaihtoon toisten PE-reitittimien kanssa. CE- ja P –reitittimet eivät osallistu Internet-reititykseen. Kuviossa 24 on esitetty MPLS-VPN PE-reitittimen näkökulmasta. (Vatanen 2010.)



KUVIO 24. MPLS-VPN PE-reititin näkökulma (Vatanen 2010.)

3.5.5 END to END-reititys

Kuviossa 25 on esitetty päästä päähän reititys MPLS-VPN-verkossa.

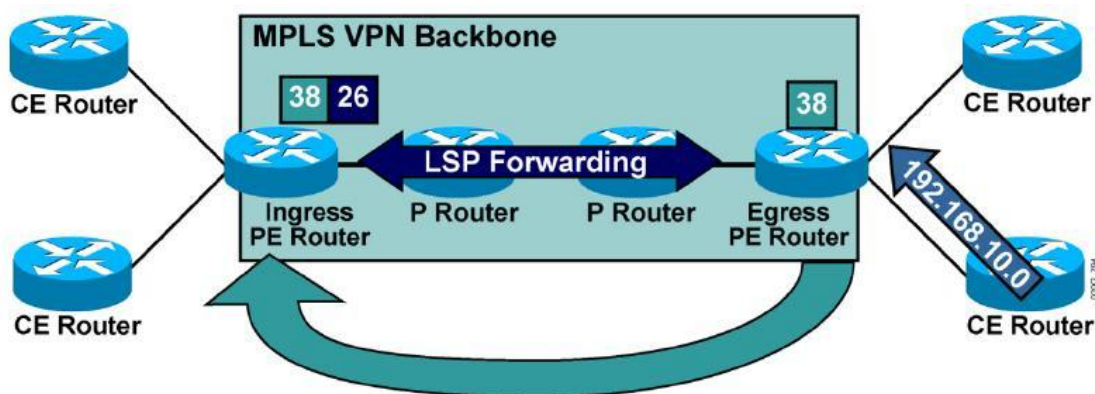


KUVIO 25. End to end-reititys (Vatanen 2010.)

Ensin CE-reitittimet lähettävät IPv4-reittejä PE-reitittimille. PE-reitittimet lisäävät reitit oikeaan VRF-tauluun. Tämän jälkeen PE-reitittimet vaihtavat VRF-taulujensa sisältämiä VPN-IPv4-reittejä keskenään MP-BGP:tä käyttäen. MP-BGP-viestit sisältävät VPN-IPv4-osoitteen, RT:t, VPN-paketin leiman sekä muita BGP-attribuutteja. Vastaanottavassa PE-reitittimessä lisätään tulevat VPN-IPv4-reitit oikeaan VRF-tauluun taulun RT-arvojen perusteella. Lisätyt VRF-taulujen reitit mainostetaan eteenpäin vastaanottopään CE-reitittimille. (Vatanen 2010.)

3.5.6 VPN-leimojen välitys

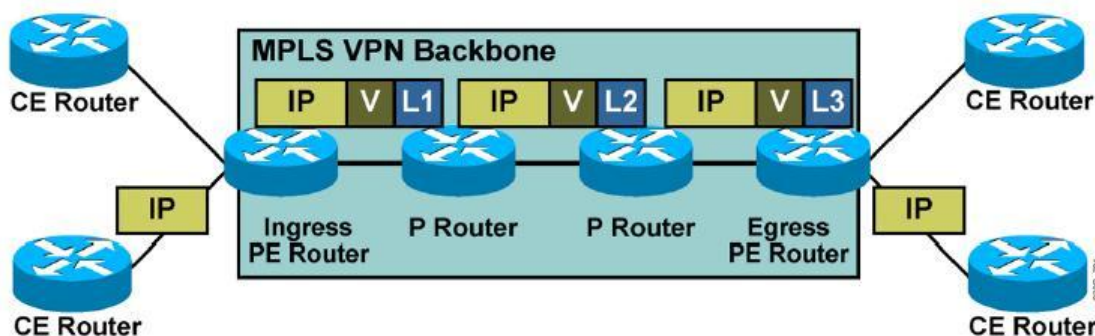
VPN-leimoja jaetaan MP-BGP VPNv4-reittipäivityksien yhteydessä. Aluksi egress PE-reititin määrittelee jokaiselle VPN-reitille oman VPN-leiman. Tämän jälkeen VPN-leima mainostetaan MP-BGP:llä saman VPN-verkon muille PE-reitittimille. Tämän jälkeen rakennetaan leimapino VRF-tauluun. Ainoastaan Egress PE-reititin tunnistaa VPN-leiman. Toimiakseen leiman vaihto vaatii LSP-tunnelin ingress PE-reitittimien ja egress PE-reitittimien välille. Kuviossa 26 on esitetty VPN-leimojen jako MPLS-verkossa. (Vatanen 2010.)



KUVIO 26. VPN-leimojen jako (Vatanen 2010.)

3.5.7 VPN-paketin välitys MPLS-verkossa

Kuviossa 27 on esitetty VPN-paketin välitys MPLS-VPN-verkon läpi.



KUVIO 27. VPN-paketin välitys (Vatanen 2010.)

IP-paketin saapuessa PE-reitittimelle siihen liitetään leimapino josta alimmainen osoittaa VPN-jäsenyyden. LDP-leima on päällimmäisenä osoittamassa reittiä Egress PE-reitittimelle. Päällimmäisen leiman arvo yleensä muuttuu P-reitittimien välisillä linkeillä VPN-leiman pysyessä samana läpi MPLS-verkon. Ennen datapaketin lähetystä viimeiselle linkille kohti Egress PE-reititintä sille voidaan tehdä viimeisellä P-reitittimellä niin sanottu PHP-toiminto. Tällä toiminnolla poistetaan LDP-leima leimapinosta, jolloin Egress PE-reitittimellä ei tarvitse tehdä kuin yksi leimahaku. Toimenpiteellä nopeutetaan datapaketin käsittelyä. (Vatanen 2010.)

3.6 Kuituliittymät

Kuituliittymät on toteutettu ITU-T:n G.652 –standardin mukaisilla yksimuotokuiduilla. Käytettyjen kuitujen vaimennukset ovat pääsääntöisesti alle 0,40 dB/km 1310 nm:n aallonpituudella ja alle 0,30 dB/km 1550 nm:n aallonpituudella. Käytetty verkkotekniikka on Ethernet. Käytössä olevat liitäntänopeudet ovat 10 Mbit/s, 100 Mbit/s ja 1 Gbit/s. (Elisa Yrityskiinteistökuitu 2009)

3.7 WAN-liittymien liikenteen kuormitus

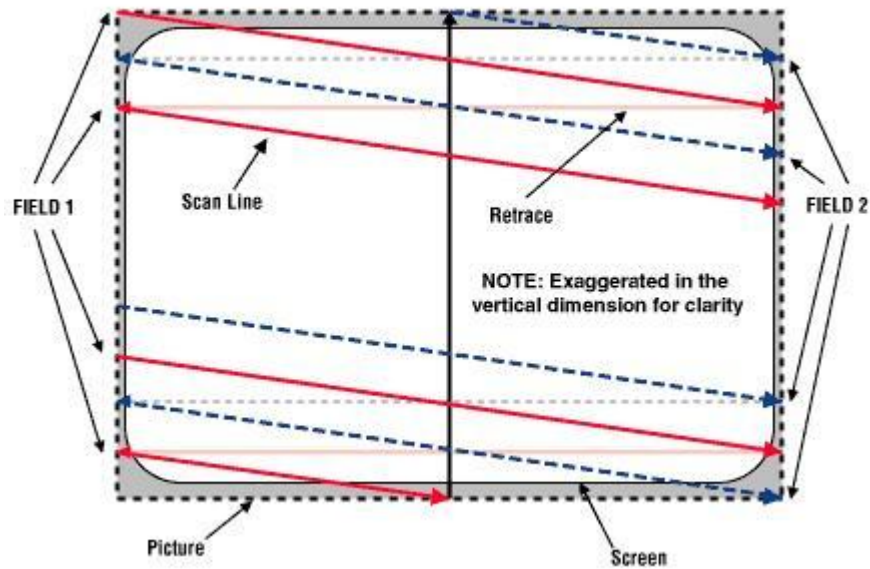
WAN-liittymien liikenteen kuormitustietoja ei voitu selvittää, koska Jyväskylän kaupungilla ei ole käytössä mitään työkaluohjelmistoa, jolla tietoa voisi kattavasti kerätä. Tietojen keräämistä varten pitäisi ottaa käyttöön jokin monitorointiohjelmisto, jolla tietoa voitaisiin kerätä keskitetysti kaikista WAN-verkon liittymistä. Monitorointi pitäisi liittää aina kohdekohtaisesti PE- ja CE-reitittimen väliseen trunk-porttiin. Teleoperaattori Elisa Oyj:lla on tarjota palvelu, jolla voidaan selvittää asiakaskohtaisesti WAN-liittymien kuormitusta, mutta palvelu on maksullinen ja sen käyttöönotto on työlästä. (Kukkonen 2013.)

4 VIDEOSIGNAALI JA PAKKAUSMENETELMÄT

4.1 CCIR/PAL–videosignaali

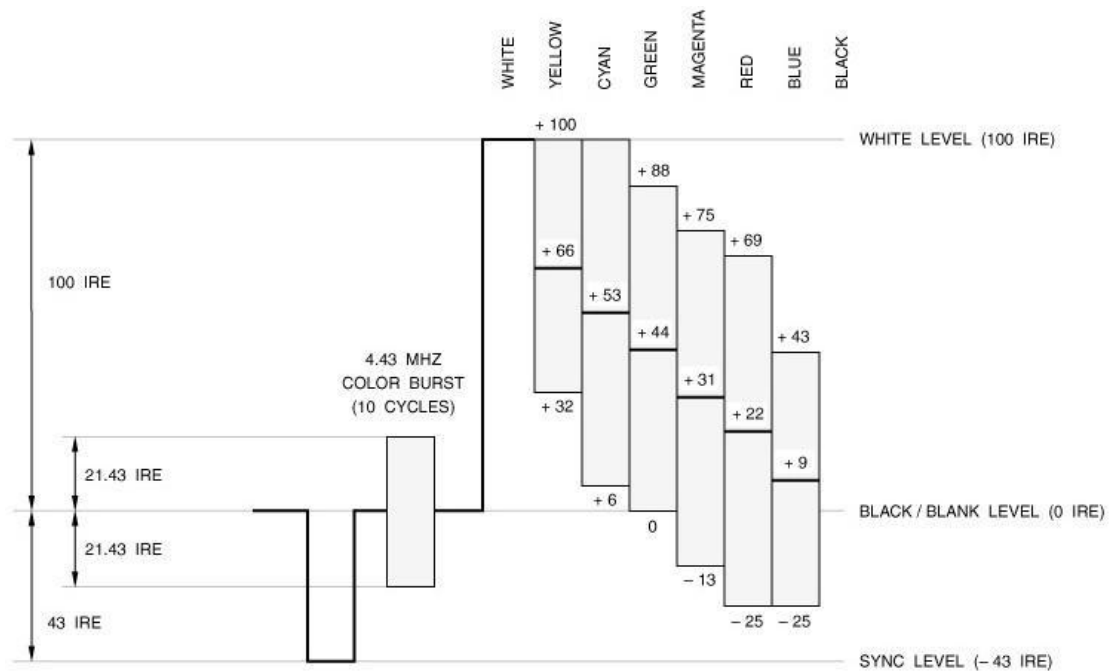
Suomessa ja suurimmassa osassa Euroopan maita on käytössä analoginen CVBS-muotoinen videosignaali joka on CCIR/PAL -määrittelyn mukainen. Nykyisin virallinen standardi on nimeltään ITU-R BT.470-6 Conventional television systems. Videosignaalin kuvataajuus on 25 kuvaa sekunnissa. Videokuva muodostuu juovista joita yhdessä kuvassa on yhteensä 625 kappaletta. Näistä juovista 575 kappaletta käytetään näkyvän kuvainformaation näyttöön ja loput 50 kappaletta käytetään kuvanvaihtoon. Videokuva on lomiteltu, jolloin yksittäinen kokokuva muodostuu kahdesta eri puolikuvasta eli kentästä. Tämä tar-

koittaa sitä että ensin kuvaan piirretään 1. kentän parittomat juovat. Tämän jälkeen piirretään näiden väliin 2. kentän parilliset juovat. Tällöin osakuvien kenttätaajuudeksi muodostuu 50 osakuvaa sekunnissa. Tämän tarkoituksena on vähentää kuvan välkkymistä. Kuviossa 28 on esitetty yhden kokokuvan piirtämisen periaate. (Kameravalvontajärjestelmät 2009, 39-42.)



KUVIO 28. Videokuvan piirto (Video Basics 2002.)

CVBS-muotoinen videosignaali sisältää luminanssi- ja värisignaalin sekä kuvatahdistuksen. Kuviossa 29 on esitetty yhden värijuovan rakenne.



KUVIO 29. Värijuovan rakenne (Keith 2005.)

Signaalin amplitudi on 1,0 V huipusta huippuun. Kuvainformaation signaalitaso vaihtelee välillä 0,3-1,0 V. Luminanssisignaaliassa musta on tasolla 0,3 V ja valkoinen tasolla 1,0 V. Tahdistuspulssit ovat tasolla 0,0 - 0,3 V. Värisignaali on lisätty luminanssisignaaliin 4,43 MHz:n väriapukantaalta käyttäen. Värinormi on nimeltään PAL. Värisignaalin vaihetta käännetään aina jokaisen kentän alussa 180 astetta. Jokaisen juovan alussa on tahdistuspulssin jälkeen apukantaaltopurske. Tämän purskeen amplitudi ja vaihe määräävät värin ja sen kylläisyyden. (Kameravalvontajärjestelmät 2009, 39-42.)

4.2 Videosignaalin digitointi

4.2.1 PAL D1 -kuvan määrittely

Analogisessa videosignaaliassa näkyvän kuvan osuus on 575 juovaa. CCIR 601 -standardin mukaan digitoidussa videossa luku on pyöristetty 576 juovaan, koska on luku 8:lla jaollinen. Tällöin kuva sopii paremmin tietokoneiden käsiteltäväksi. Kun tiedetään että analogisessa videosignaaliassa kuvasuhde on 4:3, voidaan kuvan vaakaresoluutio laskea siten että vaakaresoluutio = 4/3

x 576 pikseliä = 768 pikseliä. CCIR 601 –standardissa vaakaresoluutioksi on kuitenkin sovittu 720 pikseliä, koska luku on myös 8:lla jaollinen. Toinen syy on se että käytännössä CCIR/PAL-videosignaalin varattu kaistanleveys ei riitä toistamaan 768 pikseliä. Videovalvonnassa 720x576 resoluution kuvasta käytetään yleisesti nimitystä PAL D1 –kuva. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2005, 212-213.)

4.2.2 Näytteenotto

Videosignaalia digitoitaessa luminanssi- ja värisignaalit digitoidaan erikseen. Standardissa ITU-R BT.601 on määrittely, jonka mukaan analogista videosignaalia muuttaessa digitaaliseksi käytetään samaa perustaajuutta 3,375 MHz näytteenotossa sekä tämän taajuuden kerrannaisia riippuen digitoitavasta signaalin osasta. Luminanssisignaalin käytetään nelinkertaista näytteenottoaajuutta $4 \times 3,375 \text{ MHz} = 13,5 \text{ MHz}$. Värisignaali on muutettu ennen digitointia kahdeksi erilliseksi värierosignaaliksi R-Y ja B-Y. Värierosignaaleista käytetään myös nimitystä U- ja Y -signaalit. Värierosignaaleilla käytetään kaksinkertaista näytteenottotaajuutta $2 \times 3,375 \text{ MHz} = 6,75 \text{ MHz}$. Tämä tunnetaan näytteenottotapana 4:2:2 ja se on yleisimmin käytetty näytteenottotapa valvontakamerajärjestelmissä. (Damjanovski 2005.)

Näytteenottotapaa 4:2:2 voidaan käyttää digitointiin siitä syystä että ihmissilmä ei ole yhtä herkkä värien vaihteluille kuin kirkkauden vaihtelulle. Tällöin väri-informaation määrää voidaan vähentää ilman että kuvanlaatu näkyvästi kärsii. Käytännössä 4:2:2 –näytteenotolla värisignaalien resoluutio putoaa tasolle 360x576 eli puoleen vastaavasta luminanssisignaalista. Digitoitaessa videosignaalia tämä näytteenottotapa pienentää lopullista tiedostokokoa kolmanneksella. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2005, 214.)

4.2.3 Kvantisointi ja kuvan bittinopeus

ITU-601 –standardissa on määritelty että videosignaalista otetut näytteet kvantisoidaan 8 bitin tarkkuudella, jolloin saadaan 256 eri luminanssitasoa pikselille. Tämä on tehty siksi että käytännössä CRT-näytöt eivät aikanaan pystyneet toistamaan kuin maksimissaan 250 eri harmaan tasoa. Värisignaa-

lien kvantisointiin käytetään 4+4 bittiä eli yhteensä 8 bittiä. (Damjanovski 2005.)

Edellä mainittujen tietojen perusteella pystytään laskemaan digitoidun videosignaalin aiheuttama bittinopeus seuraavista tiedoista:

- Yhden kuvan pikselimäärä $720 \times 576 = 414720$
- Kuvatahti on 25 kuvaa sekunnissa
- Yksi luminanssitaso on 8 bittiä
- Yksi värisignaalitaso on 8 bittiä

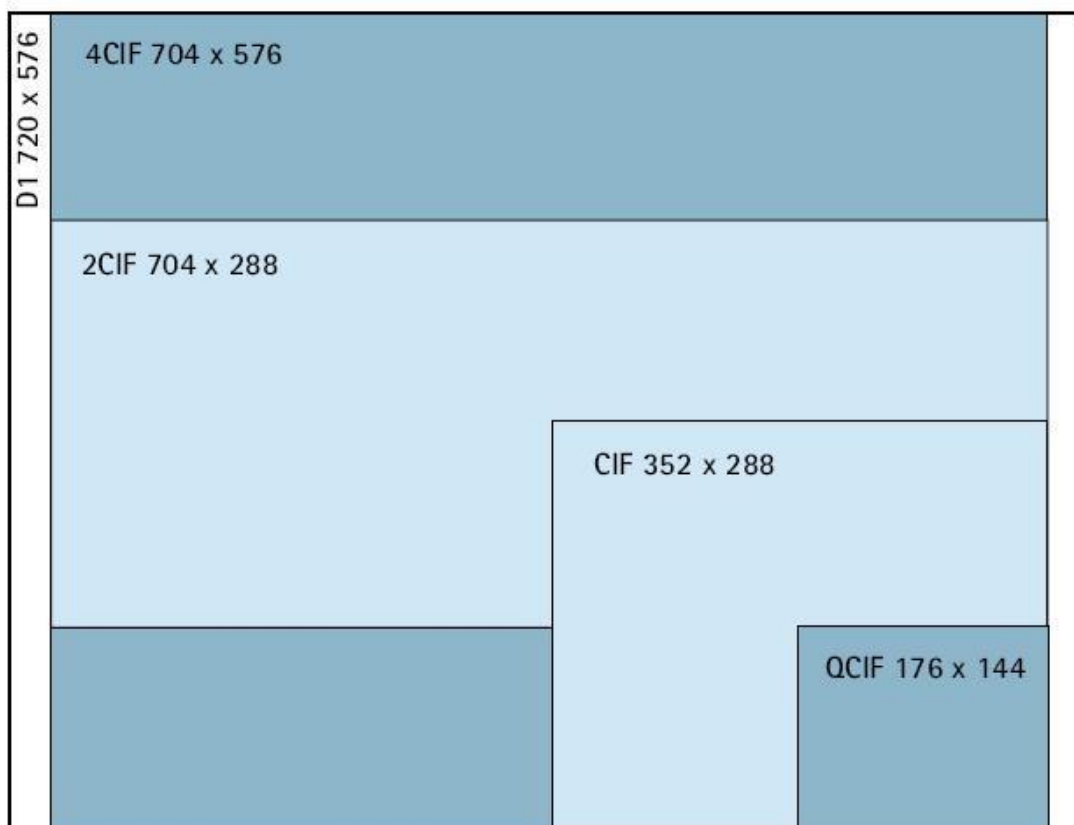
Digitoidun videosignaalin bittinopeudeksi saadaan:

$$414720 \text{ pikseliä} \times 25 \text{ kuvaa/s} \times 16 \text{ bittiä} = 165,88 \text{ Mbit/s}$$

Tästä tuloksesta voidaan päätellä että yhden videosignaalin tuottama raakadata on aivan liian suuri jotta sitä voitaisiin siirtää verkossa tai tallentaa kova-levytallentimelle. Tarvitaan lisää muita menetelmiä, jotta bittinopeutta voitaisiin pudottaa. Yhtenä menetelmänä on kuvien resoluution pudottaminen. Toisena menetelmänä on kuvien kompressointi eli pakkaaminen pienempään tilaan. Pakkausta käsitellään tarkemmin luvussa 4.3. (Damjanovski 2005.)

4.2.4 Kuvan resoluutio

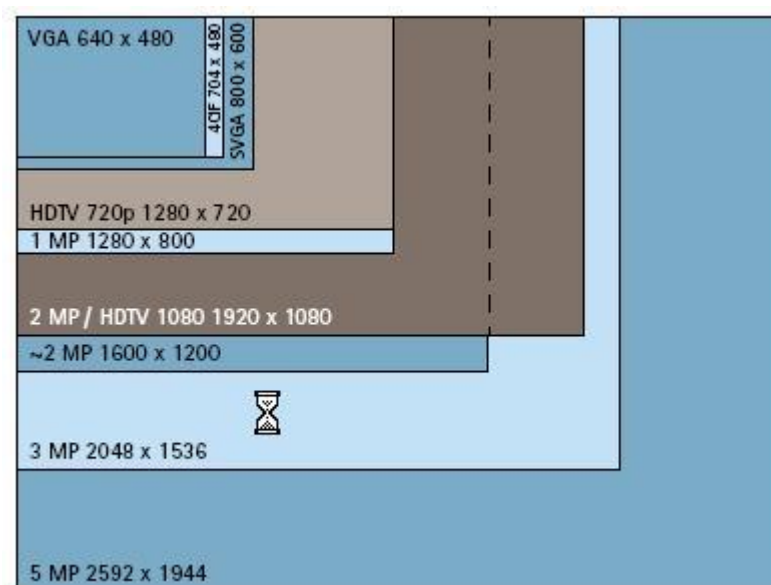
Videovalvonnassa kuvien resoluution pienentämisessä käytetään yleisesti ITU-T H261 –standardissa määritellyjä eri CIF-kuvamuotoja. CIF-kuvat luotiin aikanaan videoneuvotteluyhteyksiä varten. Lähinnä D1–kuvaa oleva 4CIF-kuva saatiin kaventamalla D1-kuvan vaakaresoluutioita kahdella tavulla. Tällöin 4CIF-kuvan resoluutioksi tuli 704×576 pikseliä. Kuviossa 30 on esitetty yleisemmin kameravalvonnassa käytetyt CIF-resoluutiot.



KUVIO 30. CIF-resoluutiot (Technical guide to network video n.d, 72.)

Käytettäessä luvussa 4.2.2 esiteltyjä näytteenottotaajuuksia analogisen kameran digitoidun kuvan teoreettinen maksimiresoluutio on D1-tasoinen kuva eli 720x576 pikseliä. Käytännössä kuitenkin ylärajataajuus on yleensä ITU-standardin mukaisesti asetettu 5,75 MHz:iin. Tämän vuoksi käytännön vaakaresoluutio ei voi olla enempää kuin 450 juovaa. (Damjanovski 2005.)

Megapikseli IP-kameroilla ei edellä mainittuja rajoituksia kuvan suhteen ole. Megapikselikamerassa on nimensä mukaisesti miljoona (mega) kuvapikseliä tai enemmän. Megapikselikameralla pystytään tuottamaan halutun resoluutioisia kuvia, riippuen kamerasta ja sen ominaisuuksista. Kuviossa 31 on esitetty tyypillisiä IP-kameroissa käytettyjä resoluutioita



KUVIO 31. Megapikselit (Technical guide to network video n.d, 72.)

4.3 Videosignaalin pakkausmenetelmät

4.3.1 Yleistä videosignaalin pakkauksesta

Videosignaalin pakkauksen tarkoituksena on vähentää syntyvää videodataa, jotta sitä voitaisiin siirtää tehokkaasti tietoverkoissa sekä tallentaa mahdollisimman pieneen tilaan. Tehokkaalla pakkauksella voidaan videodatan määrää pienentää huomattavasti vaikuttamatta kuitenkaan näkyvästi kuvanlaatuun. Toisaalta jos halutaan videodatan määrää edelleen pienentää voidaan pakkausta tehostaa kuvan laadun kustannuksella. Nykyään käytetään yleensä standardoituja pakkausmenetelmiä, jotta järjestelmien yhteensopivuus voitaisiin taata mahdollisimman hyvin. Tänä päivänä videovalvontajärjestelmissä eniten käytetyt pakkausmuodot ovat MJPEG ja H.264. (Technical guide to network video n.d, 75.)

4.3.2 Häviötön ja häviöllinen pakkaus

Käytettäessä häviötöntä pakkausta on pakattu kuvamateriaali mahdollista palauttaa tarkalleen alkuperäiseen muotoonsa. Pakattaessa kuva-alueesta etsitään samanlaiset alueet, kuten esimerkiksi tasainen valkoinen pinta. Nämä alueet voidaan esittää käyttämällä pienempää bittimäärää. Häviöttömät menetelmät eivät sovellu hyvin videosignaalin pakkaamiseen, koska videosignaalis-

sa on tyypillisesti paljon kohinaa ja pieniä yksityiskohtia. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2005, 216.)

Käytettäessä häviöllistä pakkausta osa kuvamateriaalista menetetään, jolloin sitä ei ole mahdollista palauttaa täsmälleen alkuperäiseksi. Käytetty pakkaus-taso määrittelee sen kuinka paljon tietoa kuvasta häviää. Häviöllisissä pakkausmenetelmissä käytetään hyväksi ihmissilmän heikkouksia, kuten esimerkiksi ihmissilmän huonoa erottelukykyä värimuutoksien ja liikkeen suhteen. Edellä mainittuja heikkouksia hyväksikäyttäen voidaan osa kuvainformaatiosta suodattaa pois ilman että ihmissilmä sitä huomaa. Monta kertaa samassa kuvassa on paljon pikseleitä samalla alueella, joiden väriarvot tai valoisuusarvot ovat lähellä toisiaan. Tällöin informaation määrää voidaan pienentää laske-malla alueelle keskiarvo ja ilmaisemalla muutokset verrattuna keskiarvoon. Samaan aikaan kvantisoidaan keskiarvon muutosta ilmaisevat lukuarvot. Ku-vainformaatiota menetetään jos kuva-alueella on pikseleitä jotka poikkeavat paljon keskiarvosta. Näiden pikselien arvot joudutaan pyöristämään kvan-tisointitasojen mukaisesti. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2005, 216.)

4.3.3 Videokoodekki

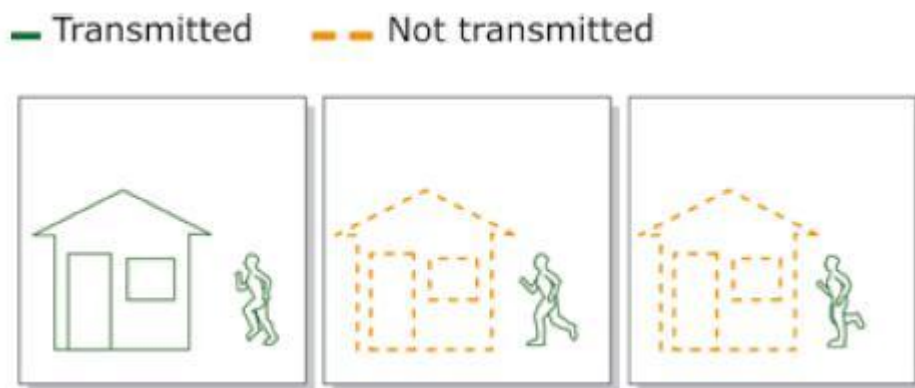
Pakkausprosessissa videosignaalista luodaan pakattu videotiedosto siirtoa tai tallennusta varten. Pakkaus suoritetaan tietyllä etukäteen sovitulla pakkausal-goritmilla. Kun halutaan toistaa pakattu videotiedosto täytyy se purkaa samalla mutta käänteisellä algoritmilla kuin millä se oli pakattu. Videon pakkaaminen, edelleen lähettäminen, purkaminen ja viimein toistaminen kestää tietyn ajan-jakson. Tähän kuluva kokonaisaika kutsutaan latenssiksi. Mitä kehity-neempää pakkausalgoritmia käytetään sitä suurempi on latenssi. Pakkauksen ja purkamisen tekevää algoritmiparia kutsutaan videokoodekiksi. Eri stan-dardien videokoodekit eivät ole yleensä yhteensopivia keskenään. Toisin sa-noen yhdellä videokoodekilla dekodattua videotiedostoa ei voi enkoodata toisella videokoodekilla. Esimerkiksi MPEG-4 dekooderi ei toimi yhdessä H.264-enkooderin kanssa. On kuitenkin mahdollista implementoida useita eri algoritmeja samaan rautaan tai ohjelmistoon. Tällöin samalla laitteella voidaan käsitellä useita eri videotiedostomuotoja. (Technical guide to network video n.d, 75-76.)

4.3.4 Pakkaustekniikat

Eri pakkausalgoritmeissa käytetään erilaisia menetelmiä datavuon pienentämiseksi, jolloin pakkaustulokset eroavat toisistaan bittinopeuden, laadun ja latenssin suhteen. Pakkausalgoritmit jaetaan kahteen eri ryhmään: kuva- ja videopakkaukseen. (Technical guide to network video n.d, 76.)

Kuvapakkauksessa käytetään niin sanottua intraframe-koodaustekniikkaa. Tässä tekniikassa pyritään yksittäisen kuvan (I-frame) tiedostokokoa pienentämään poistamalla kuvasta mahdollisimman paljon informaatioita jota ihmisilmä ei havaitse. MJPEG perustuu edellä mainittuun kuvapakkaukseen. MJPEG:ssa videostream itse asiassa koostuu peräkkäisistä JPEG-pakatuista I-frameista. Jokainen I-frame käsitellään ja lähetetään erikseen. Peräkkäisten kuvien välisiä riippuvuuksia ei huomioida mitenkään. (Technical guide to network video n.d, 76.)

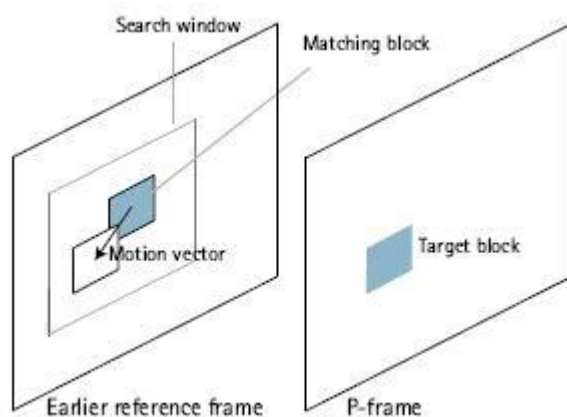
Videopakkauksessa käytetään Interframe-koodaustekniikkaa, jossa peräkkäisten kuvien muutoksia toisiinsa nähden hyödynnetään. Tekniikassa lasketaan referenssikuvan (I-frame) ja sitä seuraavan kuvan (P-frame) erotus, jolloin saadaan esille kuvien välinen muutos. Ainoastaan kuvassa tapahtuneet muutokset lähetetään eteenpäin. Näin saadaan datan määrää pieneneväksi. Muun muassa MPEG- ja H.264-pakkaukset käyttävät tätä menetelmää. Kuviossa 32 on esitetty Interframe-tekniikka toimintaperiaate. (Technical guide to network video n.d, 76-77.)



KUVIO 32. Interframe (Technical guide to network video n.d, 77.)

Ensimmäinen kuva (I-frame) koodata referenssikuvaksi ja siirretään kokonaisuena eteenpäin. Seuraavissa kuvissa (P-frames) talo pysyy paikallaan ja ainoastaan juokseva mies on muuttuva osa kuvassa ja tällöin ainoastaan muutostieto juoksevasta miehestä siirretään eteenpäin. Interframe-tekniikka käydään läpi tarkemmin luvussa 4.3.6. (Technical guide to network video n.d, 77.)

Liikevektoreita käytetään yhtenä videopakkaustekniikkana peräkkäisten kuvien muutoksien siirtämisessä eteenpäin. Tekniikassa kuva on jaettu makrolohkoihin, jotka koostuvat joukosta kuvapikseleistä. Kuvassa tapahtuvan muutoksen tunnistamiseksi vertaillaan peräkkäisten kuvien makrolohkoja (pikselilohkoja) toisiinsa. Jos samat makrolohkot löytyvät peräkkäisistä kuvista, mutta eri kohdista kuvaa voidaan tieto siirtyneestä makrolohkosta koodata liikevektoriksi. Siirtämällä pelkkä liikevektori saadaan bittivirtaa pienennettyä. Kuviossa 33 on esitetty liikevektori siirron periaate. (Technical guide to network video n.d, 77.)



KUVIO 33. Liikevektori (Technical guide to network video n.d, 77.)

4.3.5 DCT-muunnos

Diskreetti kosinimuunnos eli DCT on yleisin videosignaalin pakkauksessa käytetty matemaattinen menetelmä. Käytännön videosignaalin peräkkäisten kuvapikselien arvot ovat monta kertaa hyvin lähellä toisiaan. DCT:ssä verrataan peräkkäisiä pikseleiden arvoja toisiinsa. Kun ainoastaan muutokset huomioidaan, saadaan bittimäärää pienennettyä. Videosignaalin luminanssi- ja värisignaalit käsitellään erikseen. Signaalit jaetaan 8x8 pikselin kuvalohkoihin.

Kustakin pikselistä lasketaan transformikerroin DCT-muunnoksen avulla. Edellä mainitulla menetelmällä saadaan aikaiseksi signaalin taajuusspektri, jota tutkitaan. Kuvalohkon vasempaan yläkulmaan laitetaan niin sanottu DC-kerroin, joka kertoo kuvalohkon intensiteetin keskiarvon. Muissa kuvalohkoissa on AC-kertoimia, jotka kertovat muutosarvon verrattuna DC-kertoimeen. Kertoimet kvantisoidaan tietyllä luvulla (esim. 10) ja pyöristetään. Tämän vuoksi useat pikselit saavat pieniä lukuarvoja tai muuttuvat noliksi. Tämän jälkeen saadut lukuarvot koodataan käyttämällä vaihtuvamittaista koodausta, jolla saadaan bittimäärää edelleen pienennettyä. Pelkästään DCT:n käyttö ei hävitä tietoa, mutta kvantisoinnista johtuen se on häviöllinen pakkausmenetelmä. DCT:tä käytetään muun muassa JPEG-pakkauksessa. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2005, 219.)

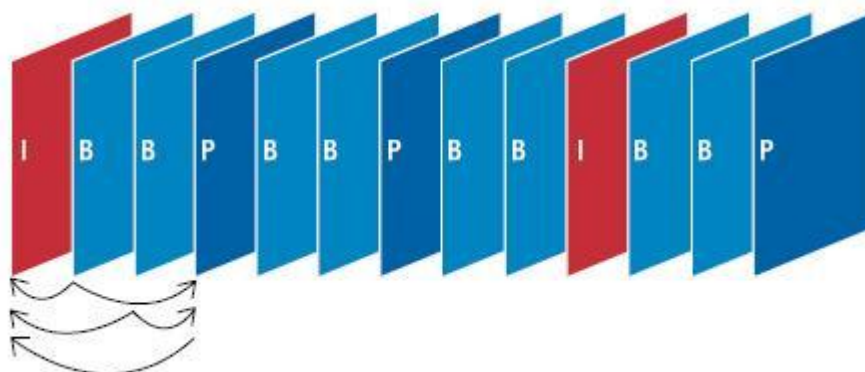
4.3.6 Interframe-tekniikka

Interframe-tekniikassa jokainen kuva luokitellaan kolmella eri tyypillä, jotka ovat I-kuva, P-kuva ja B-kuva. I-kuva on niin sanottu referenssikuva, joka voidaan koodata yksittäisenä ilman muita kuvia. Videostreamin ensimmäinen kuva on aina I-kuva. I-kuva tarvitaan aina ensin kun aloitetaan uuden videostreamin katselu tai tilanteessa, jossa videostreamin toistossa on tullut jokin keskeytys. I-kuvia voidaan käyttää erillisinä itsenäisinä kuvina erilaisissa toiminnoissa kuten esimerkiksi eteen- ja taaksepäin kelauksissa. Kooderissa I-kuvia asetetaan videostreamiin automaattisesti säännöllisin välein, riippuen kooderista. Yksi I-kuva on bittimäärältään paljon suurempi kuin muut kuvat (Technical guide to network video n.d, 78.)

P-kuva muodostetaan laskemalla aiempien I- ja/tai P-kuvien erotuksesta. P-kuva on bittimäärältään pienempi kuin I-kuva. P-kuvan huonona puolena on sen yliherkkyys tiedonsiirrossa tapahtuville häiriöille. Tämä johtuu P-kuvan riippuvaisuussuhteesta aiempiin I- ja/tai P-kuviin (Technical guide to network video n.d, 78.)

B-kuvat sijoittuvat I- ja P-kuvien väliin. B-kuva muodostetaan molempiin suuntiin vertaamalla edelliseen I-kuvaan ja seuraavaan P-kuvaan. B-kuvien käyttö lisää videostreamin latenssia. B-kuvien tarkoituksena on tuoda videostreamiin lisäinformaatiota liikkeestä. B-kuvat ovat bittimäärältään kaikkein pienimpiä

kuvia. Kuvia ei lähetetä esitysjärjestyksessä, koska B-kuvat vaativat tietoa molemmista suunnista. Kuvat lähetetään järjestyksessä I-kuva, P-kuva ja B-kuva. Kuviossa 34 on esitetty Interframe toimintaperiaate (Technical guide to network video n.d, 78.)



KUVIO 34. Interframe (Technical guide to network video n.d, 78.)

4.3.7 MJPEG-pakkaus

Motion JPEG on videostream, joka koostuu peräkkäisistä JPEG-kuvista. Näytettäessä enemmän kuin 16 peräkkäistä kuvaa sekunnissa muodostuu katsojalle vaikutelma liikkuvasta kuvasta. Pakkauksen yhtenä etuna on se että kaikki esitetyt kuvat ovat laadultaan samantasoisia riippuen valitusta pakkaus- tasosta. Suurimpana haittana on paljon informaatiota sisältävän kuvan aiheut- tama suuri tiedostokoko yksittäiselle kuvalle. MJPEG-pakkaus on häiriösietoi- nen koska peräkkäisten kuvien välillä ei ole riippuvuussuhdetta. Tällöin yhden tai muutaman kuvan puuttuminen videostreamista ei vaikuta paljon kokonai- suuteen. MJPEG on lisenssivapaa standardi. Se on hyvin yhteensopiva ja suosittu sellaisten sovellusten kanssa jossa videostreamista halutaan poimia ja käsitellä yksittäisiä kuvia. Se on myöskin suosittu sovelluksissa joissa ei tarvita korkeita kuvatahteja, kuten esimerkiksi joissakin tilanteissa videoval- vontajärjestelmissä. Suurin haitta on se että MJPEG:ssa ei käytetä videopak- kaustekniikoita, jolloin se aiheuttaa kohtalaisen suuren bittivirran tai matalalla pakkaustasolla kuvanlaatu tippuu verrattuna esimerkiksi H.264-pakkaukseen. (Technical guide to network video n.d, 79.)

4.3.8 H.264-pakkaus

H.264-pakkaus tunnetaan myös nimellä MPEG-4 part 10/AVC. H.264-pakkauksesta on tullut käytetyin pakkausstandardi viime vuosina videovalvontajärjestelmissä. H.264 pystyy pakkaamaan digitaalista videosignaalia yli 80 prosenttia enemmän kuin MJPEG-pakkaus ja yli 50 prosenttia enemmän kuin MPEG-4-pakkaus. Tällöin videon siirtämiseen tarvitaan vähemmän kaistaa ja tallentamiseen vähemmän kovalevytilaa. Toisaalta samalla kapasiteetilla saadaan parempilaatuista videosignaalia siirrettyä ja tallennettua. Vaikkakin H.264 säästää kaistaa ja tallennustilaa, niin sillä on myös yksi huono puoli. H.264 vaatii korkeaa suorituskykyä laitteilta jotka koodaavat ja dekodaaavat H.264-signaalia. Edellä mainittuja laitteita ovat esimerkiksi kamerat, videoserverit ja tallentimet. H.264-standardissa on käytössä useita eri profiileja ja tasoa jolla voidaan vaikuttaa kuvanlaatuun ja tarvittavaan kaistanleveyteen. Profiilien valinnalla vaikutetaan siihen mitä kuvia (I-, B- ja P-kuva) videostreamiin valitaan. Esimerkiksi baseline-profiilissa käytetään vain I- ja P-kuvia. (Technical guide to network video n.d, 80.)

4.3.9 MJPEG vs. H.264

Kuviossa 35 on esitetty netistä löytyvällä ilmaisella excel-taulukolla laskettu malliesimerkki jonka avulla vertaillaan yhden kameran tuottamien erilaatuisten kuvien välisiä eroja bittinopeuksissa. MJPEG- ja H.264-pakkauksissa on käytetty kolmea eri laatutasoa: alhainen, keskitaso ja korkea. Kuvatahti on 4 kuvaa/sekunnissa. Resoluutio on 4CIF. Liiketunnistuksessa on käytetty esimerkkilaskelman profiilia korkea-casino mikä tarkoittaa että kuvassa on vilkasta liikettä koko ajan. Kuvioista 35 nähdään että H.264-pakkauksella voidaan saavuttaa huomattavasti pienempi bittinopeus kuin MJPEG-pakkauksella.

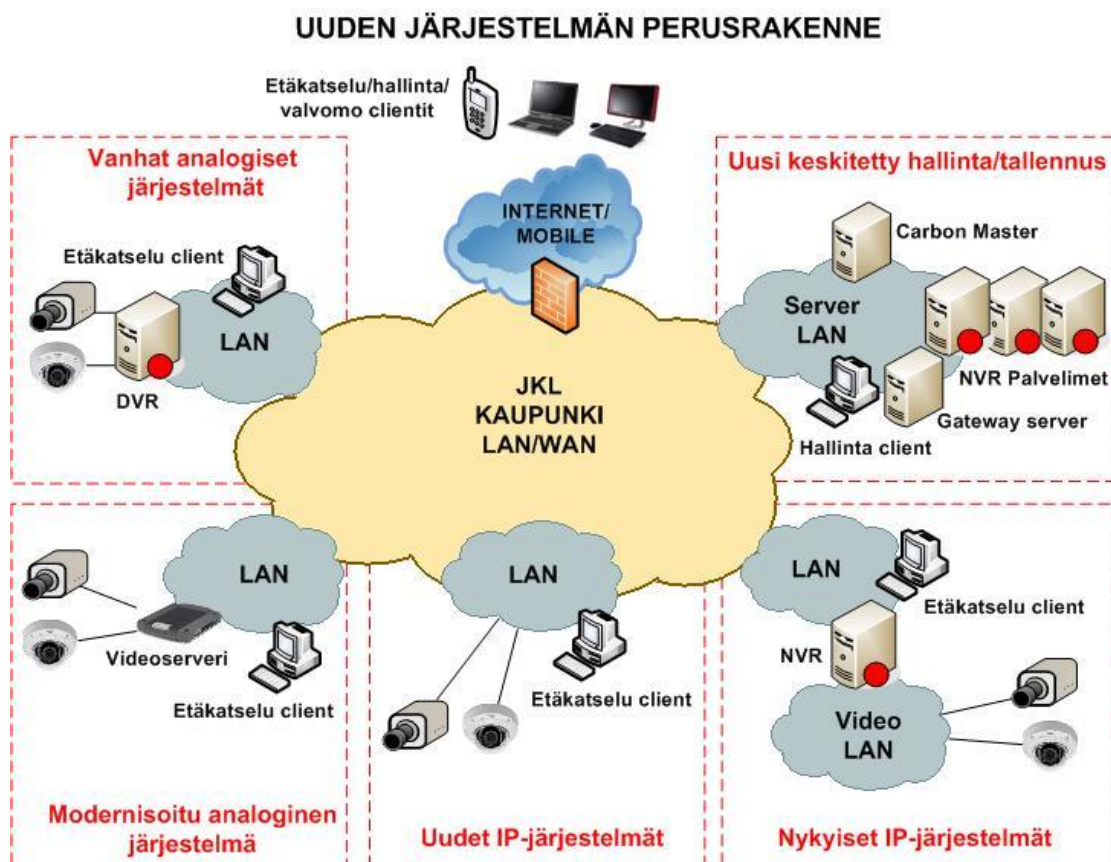
Cameras	Resolution	Compression	FPS	Scene Activity	Frame Size (KB)	Bitrate (kbts/s)
1	704x576 (4CIF PAL)	H.264-L	4	High - Casino	8	269
1	704x576 (4CIF PAL)	H.264-M	4	High - Casino	10	307
1	704x576 (4CIF PAL)	H.264-H	4	High - Casino	11	346
1	704x576 (4CIF PAL)	MJPEG-L	4	High - Casino	34	1088
1	704x576 (4CIF PAL)	MJPEG-M	4	High - Casino	42	1344
1	704x576 (4CIF PAL)	MJPEG-H	4	High - Casino	50	1600

KUVIO 35. MJPEG vs. H.264 (Storage and Bandwidth Calculator 2012.)

5 MODERNISOINTISUUNNITELMA

5.1 Uuden järjestelmän periaatteellinen rakenne

Uudessa keskitetyssä IP-videovalvontajärjestelmässä hyödynnetään olemassa olevaa Jyväskylän kaupungin lähiverkkoa. Uuden järjestelmän kokonaisratkaisun peruseriaate on suunniteltu siten että se mahdollistaa Tilapalvelun lähes kaikkien nykyisten videovalvontajärjestelmien liittämisen osaksi uutta järjestelmää. Tällöin aiempina vuosina tehdyt investoinnit videovalvontalaitteisiin eivät mene hukkaan. Kohdekohtaiset nykyiset videovalvontajärjestelmät voidaan modernisoida vähitellen osa kerrallaan sitä mukaa kun ne tulevat elinkaarensa päähän tai siinä vaiheessa kun kohteeseen tulee isompi linjasaneeraus tehtäväksi. Kuviossa 36 on esitetty uuden järjestelmän periaatteellinen rakenne.



KUVIO 36. Uuden järjestelmän perusrakenne

5.2 Modernisoitu analoginen järjestelmä

Vanha analoginen järjestelmä voidaan modernisoida IP-pohjaiseksi siten että vanhan DVR:n tilalle vaihdetaan videopalvelin, joka liitetään osaksi paikallista LAN-verkkoa. Videopalvelimeen liitetään kiinni vanhat analogiset kamerat. Videopalvelin sisältää kooderin joka muuttaa analogisen videosignaalin esimerkiksi MJPEG- tai H.264-muotoon. Videopalvelimia löytyy useita eri malleja erilaisilla ominaisuuksilla varustettuna. Mallit alkavat yksikanavaisista päätyen isoihin useita kymmeniä kanavia sisältäviin räkkiratkaisuihin. Vanhoissa analogisissa järjestelmissä PC-pohjainen tallennin on yleensä laitteiston osa joka vaatii ensimmäisenä uusintaa noin viiden vuoden kuluttua hankinnasta. Kamerat kohteissa kestävät helpostikin yli kymmenen vuotta. Tällöin videopalvelimella voidaan jatkaa järjestelmän elinkaarta halvemmilla kustannuksilla verrattuna siihen että vaihdettaisiin uusi tallennin rikkoutuneen tilalle. Lisäksi saadaan käyttöön uuden modernisoidun järjestelmän edut.

5.3 Keskitetty hallinta ja tallennus

Uuden keskitetyn hallinnan ja tallennuksen tarvitsemat palvelinkoneet asennetaan paikkaan jossa on oikeat olosuhteet laitteille ja riittävän suuri tietoliikennekapasiteetti (1 Gbit/s) kuvansiirtoa varten. Sopiva paikka voisi olla esimerkiksi tietohallinnon palvelintilat. Keskitettyä tallennusta varten asennetaan ensimmäisessä vaiheessa yksi NVR-palvelin joka on varustettu kahdella 1 GB:n verkkokortilla jotta pystytään takaamaan riittävä verkkokapasiteetti sekä redundanttisuus vikatilanteita varten. NVR-palvelimissa on myös hyvä olla hot plug –kovalevyt sekä kahdennetut virtalähteet. Yhteen NVR:ään saadaan liitettyä maksimissaan 64 kappaletta IP-kanavia. NVR-palvelimia voidaan lisätä sitä mukaa kun kanavat tulevat täyteen. Liitteessä 6 on esimerkki NVR-palvelimen teknisistä ominaisuuksista.

Keskitettyä hallintaa varten asennetaan uusi Carbon Master -palvelin, jonka ohjelmistoversio on Mirasys iVMS 6.1.5 tai uudempi. Palvelin voi olla samanlainen kuin liitteessä 3 mainittu NVR-palvelin, mutta myös pienempi tehoinen palvelin riittää tätä käyttötarkoitusta varten. Uusi iVMS-ohjelmisto tukee Mic-

rosoftin Active Directory -käyttäjähallintaa LDAP-integraation avulla. Tällöin verkon toimialueella tehdyt käyttäjäryhmät saadaan tarvittaessa päivittymään automaattisesti iVMS-ohjelmistoon. Näin uuden videovalvontajärjestelmän käyttäjäryhmien käyttöoikeustasoja voidaan hallita tarvittaessa keskitetysti.

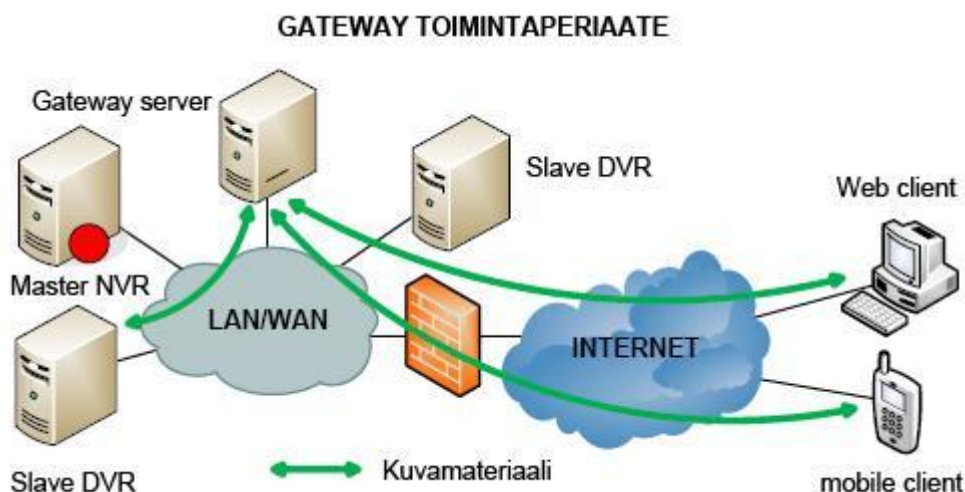
Uudessa iVMS-ohjelmistossa on myös ominaisuutena keskitetty päivitys. Tällöin master pystyy verkon yli ajamaan ohjelmistopäivitykset slave-tallentimille automaattisesti. Tämä helpottaa ylläpitotoimintoja huomattavasti. Myös verkon yli siirrettävät watch dog –hälytykset on uusi toiminto uudessa ohjelmistossa. Watch dog –hälytyksiä voidaan siirtää haluttuun client-työasemaan esimerkiksi valvomoon. Hälytyksiä voidaan siirtää myös SMTP-protokollaa käyttäen sähköpostilla tai SMS-viesteillä erillisen SMS-modeemin välityksellä. (Mirasys Product Features 6.1 Excel-taulukko 2013.)

5.4 Etä- ja mobiilikäyttö

Nykyisessä videovalvontajärjestelmässä on etäkatselu hoidettu erillisen client-ohjelmiston (workstation) avulla. Uuteen iVMS-ohjelmistoversioon on tullut etäkäyttöä varten uusi kevytrakenteinen spotter-ohjelmisto, joka on erityisesti suunniteltu reaaliaikaisen videon katseluun ja tallennukseen. Toisena uutena ominaisuutena voidaan ottaa käyttöön Gateway-ohjelmisto joka asennetaan omalle palvelinkoneelle. Gateway mahdollistaa iVMS-ohjelmiston etäkäytön myös seuraavilla vaihtoehtoisilla tavoilla:

- yleisimmät www-selaimet
- android-käyttöjärjestelmällä varustettu tabletti ja puhelin
- iPad ja iPhone

Kuviossa 37 on esitetty gateway-ohjelmiston toimintaperiaate. Kun esimerkiksi web-client haluaa kuvaa yhdeltä tai useammalta tallentimelta, kuvamateriaali aina kierrätetään gateway-palvelimen kautta. Gateway pystyy säätämään automaattisesti etäkatselupisteisiin lähetettävien videostreamien laatua riippuen siitä millainen siirtokaista on kullakin etäyhteydellä käytössä.



KUVIO 37. Gateway toimintaperiaate

5.5 Uudet IP-järjestelmät

Uudet IP-kamerat voidaan ottaa käyttöön helposti kytkemällä ne suoraan paikalliseen LAN-verkkoon. LAN-verkon suunnittelussa tulee huomioida lisääntyvä kytkinporttien tarve IP-kameroita varten. Kytkimien suunnittelussa tulee myös huomioida se että halutaanko käyttää PoE-kytkimiä jolloin kameroiden sähkösyötöt voitaisiin ottaa suoraan kytkimien portista. Toisena vaihtoehtona on käyttää erillisiä PoE-injektoreita tai normaalia sähkösyöttöä.

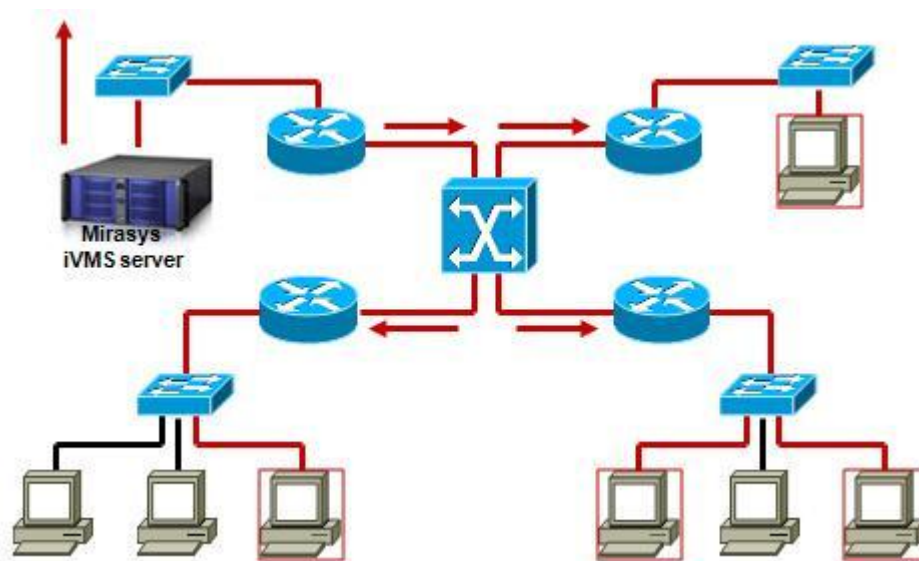
5.6 Nykyiset IP-järjestelmät

Nykyisin käytössä olevat IP-järjestelmät voidaan liittää osaksi uutta järjestelmää siten että NVR poistetaan videoverkon ja paikallisen verkon välistä. Nykyisen videoverkon kytkimet voidaan liittää yhteen paikallisten kytkimien kanssa. Toisena vaihtoehtona on siirtää IP-kamerat suoraan kiinni paikallisen verkon kytkimiin jos kytkinkapasiteettia on vapaana riittävästi. Vaihdon yhteydessä on IP-kameroiden verkkoasetukset konfiguroitava uudelleen.

5.7 Uudet lisäominaisuudet

5.7.1 Multicast-liikenne

Uutena ominaisuutena iVMS-ohjelmistoversioon 6.X on tullut multicast-liikenteen tuki etäkatselua varten. Nykyisin käytössä olevassa ohjelmistoversioissa 5.12.6 unicast-liikenne on ainoa vaihtoehto etäkatselupisteiden toteuttamiseen. Tämä tarkoittaa sitä että kullekin etäkatselupisteelle täytyy luoda oma videostream tallentimelta, vaikka useassa pisteessä katsottaisiin samaa kuvaa. Tämä puolestaan kuormittaa verkkoa turhaan. Uudessa multicast-toiminnossa tallentimelta lähtee vain yksi videostream, joka reititetään verkossa vain sitä pyytäneille etäkatselupisteille. Tämä pienentää verkon kuormitusta. Käytössä olevan verkon täytyy tukea multicast-liikennettä. Kuviossa 38 on esitetty multicast-liikenteen toiminta periaate. (Mirasys VMS System Architect & Engineer Specifications, 15.)

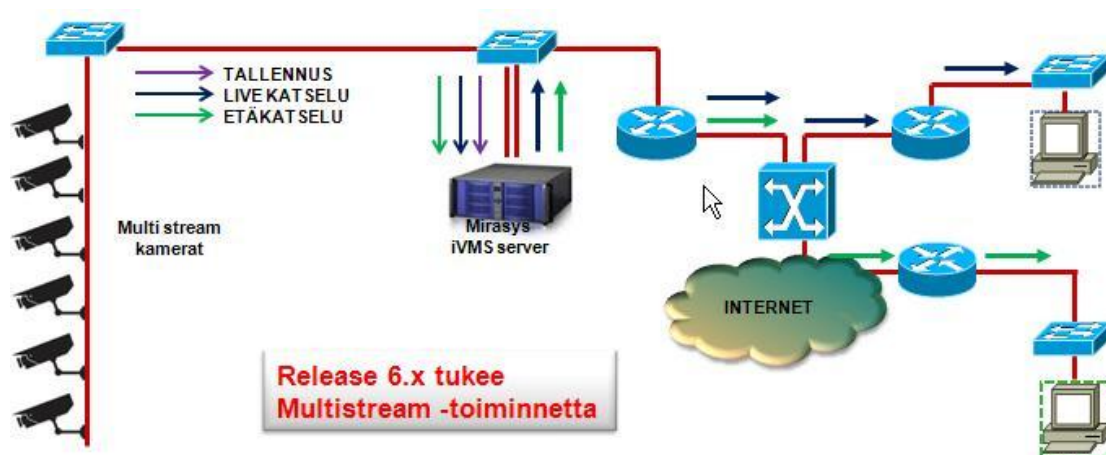


KUVIO 38. Multicast-liikenne (Mirasys iVMS ja tietoliikenne.)

5.7.2 Multistream-toiminne

Multistream-toiminteessa kamera pystyy lähettämään useita erilaisia yhtäaikaista videostreameja. Tyypillinen maksimi voi olla esimerkiksi kolme videostreamia per kamera. Tällöin voidaan tehdä kameroille esimerkiksi erilaiset videostreamit tallennukselle, paikallisen verkon livekatselulle ja etäkatselulle

internetin kautta. Tallennuksessa voi olla korkea kuvaresoluutio ja alhainen kuvatahti. Paikallisessa livekatselussa voi olla alhainen kuvaresoluutio ja korkea kuvatahti. Internetin kautta tapahtuvassa etäkatselussa voi olla alhainen kuvaresoluutio ja alhainen kuvatahti. (Mirasys VMS System Architect & Engineer Specifications, 13-15.)



KUVIO 39. Multistream-toiminne (Mirasys iVMS ja tietoliikenne.)

5.7.3 Edge storage –toiminne

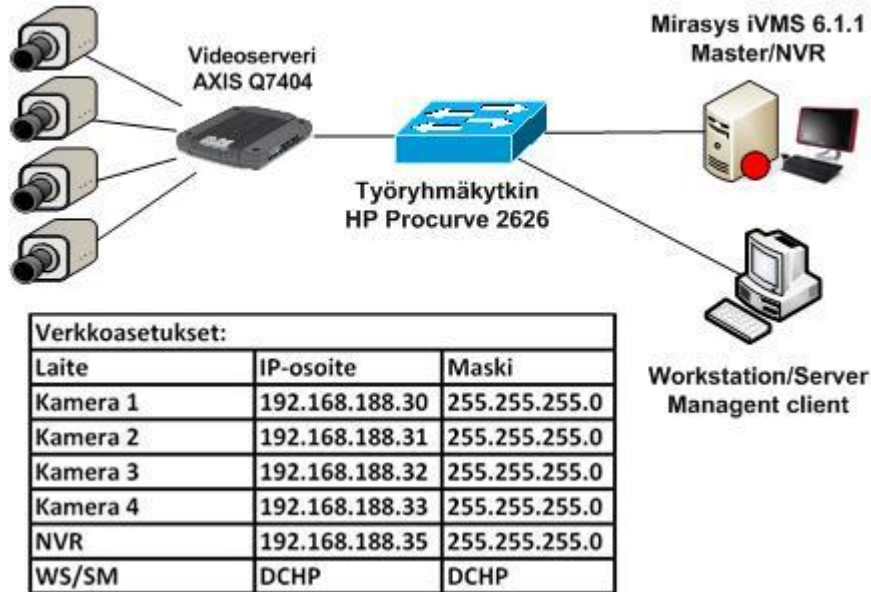
Useissa uusissa IP-kameroissa ja videopalvelimissa on paikallista tallennusta varten oma SD-muistikorttipaikka. Uusi iVMS-ohjelmistoversio 6.X tukee edge storage –toiminnetta. Tällä toiminteella saadaan kameroiden verkkoyhteyksien tilapäisistä häiriöistä aiheutuvien haittojen vaikutukset minimoitua. Kun verkkoyhteys kameralle katkeaa niin videostream tallennetaan kameran omalle muistikortille. Yhteyden palautuessa tallennin pyytää puuttuvan videostreamin pätkän kameralta ja synkronoi sen oikeaan aikaväliin tallentimessa. Tällöin tallennetusta videostreamista käyttäjä ei huomaa verkkoyhteyden katkosta mitenkään. (Mirasys iVMS ja tietoliikenne.)

5.8 Uuden järjestelmän demoympäristö

5.8.1 Demojärjestelmän tarkoitus ja rakenne

Uuden järjestelmän testausta varten rakennettiin demoympäristö. Demolla pyrittiin testaamaan uuden järjestelmän aiheuttamaa verkkokuormitusta, jotta voitaisiin arvioida Jyväskylän kaupungin WAN-verkon liityntäyhteyksien kapasiteetin riittävyttä. Erityisesti tarkoituksena oli tutkia SHDSL-tekniikalla toteutettujen liittymien kapasiteetin riittävyttä, jotta pienempien kohteiden tallentimia voitaisiin korvata videopalvelimilla. Testissä haluttiin saada selville kamerajärjestelmän verkolle aiheuttama jatkuva maksimikuormitus. Kuva-asetukset haluttiin sellaisiksi että videostreamien laatu on parempi tai yhtä hyvä kuin nykyisissä järjestelmissä. Kuvien resoluutioksi asetettiin 4CIF, kuvatahdiksi 4 kuvaa/sekunti ja pakkausmuodoksi H.264. Demojärjestelmä asennettiin ISS:n Jyväskylän toimipisteeseen. Demossa hyödynnettiin ISS:n toimipisteessä olevaa nykyistä kameravalvontajärjestelmää siten että neljä analogista kameraa kytkettiin kiinni AXIS Q7404 -videopalvelimeen. Kameroiksi valittiin sellaisia kameroita joiden kuvissa katsottiin olevan eniten liikettä. Liitteessä 7 on lueteltu AXIS Q7404 –videopalvelimen tärkeimmät tekniset ominaisuudet. Masterina ja samalla tallentimena toimi Mirasysin iVMS 6.1.1. ISS:n paikallinen verkko toimi alustana laitteille. Kuviossa 40 on esitetty demojärjestelmän rakenne ja käytetyt verkkoasetukset.

DEMOJÄRJESTELMÄN RAKENNE



KUVIO 40. Demojärjestelmän rakenne

5.8.2 Demojärjestelmän käyttöönotto

Ensimmäisenä käyttöön otettiin videopalvelin, johon kytkettiin kiinni analogiset kamerat, verkkokaapeli kytkettiin kytkimeen ja virransyöttö serverin omalla verkkolaitteella. Tämän jälkeen videopalvelimen ensimmäisen kanavan oletus IP-osoitteeseen otettiin yhteys workstation PC:n selaimen kautta. Kanavan 1 asetuksista konfiguroitiin uudelleen oletus käyttäjätunnus ja salasana sekä kuvion 40 mukaiset uudet verkkoasetukset. Tämä edellä mainittu toimenpide toistettiin kaikille neljälle videokanavalle peräjälkeen. Tämän jälkeen videopalvelimen käyttöönotto oli tehty. Kuviossa 41 on esitetty perusverkkoasetuksien konfigurointisivu.

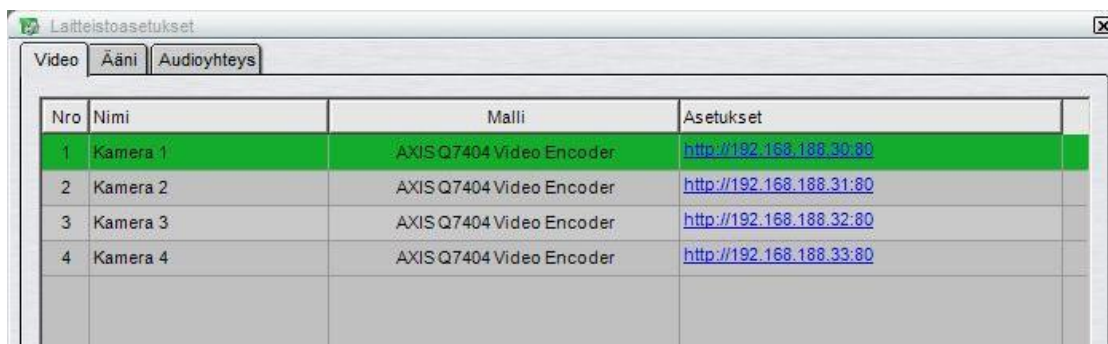
The screenshot shows the web interface for the AXIS Q7404 Video Encoder. The page title is "AXIS Q7404 Video Encoder" and it includes links for "Live View", "Setup", and "Help". A left-hand navigation menu lists various settings categories: Basic Setup (with sub-items: Instructions, 1 Users, 2 TCP/IP, 3 Date & Time, 4 Video Stream, 5 Audio Settings), Video & Audio, Live View Config, PTZ, Applications, Events, System Options, and About. The main content area is titled "Basic TCP/IP Settings" and contains the following sections:

- Network Settings:** A "View" button to view current network settings.
- IPv4 Address Configuration:**
 - Enable IPv4
 - Obtain IP address via DHCP
 - Use the following IP address:
 - IP address:
 - Subnet mask:
 - Default router:
- IPv6 Address Configuration:**
 - Enable IPv6
- Services:**
 - Enable ARP/Ping setting of IP Address
 - Enable AVHS
 - One-click enabled Always
- AXIS Internet Dynamic DNS Service
-

At the bottom, there is a link: "See also the [advanced TCP/IP settings](#)".

KUVIO 41. Videopalvelimen TCP/IP-asetukset

Seuraavaksi otettiin käyttöön tallennin. Tarvittavat iVMS-ohjelmistot oli asennettu jo valmiiksi, koska laite oli palautunut erästä asiakaskohteesta. Tallentimen verkkoasetukset muutettiin kuvion 40 mukaisiksi. Tämän jälkeen client-PC:lle asennettiin workstation ja system manager-ohjelmistot. Tämän jälkeen system manager –ohjelmistolla otettiin yhteys tallentimeen konfigurointia varten. Tallentimeen tehtiin ensin laitteistoasetukset eli syötettiin kameroiden IP-osoitteet sekä käyttäjätunnukset ja salasanat. Kuviossa 42 on esitetty system manager –ohjelmiston laitteistoasetusikkuna.



Nro	Nimi	Malli	Asetukset
1	Kamera 1	AXIS Q7404 Video Encoder	http://192.168.188.30:80
2	Kamera 2	AXIS Q7404 Video Encoder	http://192.168.188.31:80
3	Kamera 3	AXIS Q7404 Video Encoder	http://192.168.188.32:80
4	Kamera 4	AXIS Q7404 Video Encoder	http://192.168.188.33:80

KUVIO 42. Laitteistoasetukset

Seuraavaksi muutettiin kamera-asetukset luvun 5.8.1 mukaisiksi sekä otettiin käyttöön jatkuva tallennus kameroilta ilman liikkeentunnistusta. Tällä tavoin saadaan neljältä kameralta tulemaan tallentimelle asetuksien mukaiset jatkuvat videostreamit riippumatta siitä onko kuvissa liikettä vai ei. Näin voidaan mitata videopalvelimen aiheuttamaa maksimiverkkoliikennettä suoraan tallentimen verkkoliitännästä. Kuvien laatuasetus eli käytännössä kompressointiaste asetettiin 50 prosenttiin. Näillä asetuksilla kuvissa ei huomattu vielä mitään merkittäviä muutoksia verrattuna 100 prosenttiin, joka on maksimiasetus kuvan laadulle. Kuvien normaali oletusasetus laadulle on 60 prosenttia. Kun kamera-asetukset tallennetaan ottaa tallentimen oma laiteajuri videopalvelimen hallintaansa ja alkaa tuomaan kuvia palvelimelta halutuilla asetuksilla. Kuviossa 43 on esitetty system manager –ohjelmiston kamera-asetusikkuna.

The screenshot shows the 'Kamera-asetukset' (Camera Settings) window. At the top, there are tabs for 'Yleinen', 'Liikkeen tunnistus', 'Yksityisyysmaskit', and 'Ajastin'. Below the tabs is a table with the following data:

Nro	Käytössä	Nimi	Laatu	Resoluutio	Kuvatahti	Kameran ajurin tiedot	Kuormitus
1	✓	Kamera 1	50%	704x576	4 / s	Newaxisipcapture_H264	13,3%
2	✓	Kamera 2	50%	704x576	4 / s	Newaxisipcapture_H264	13,3%
3	✓	Kamera 3	50%	704x576	4 / s	Newaxisipcapture_H264	13,3%
4	✓	Kamera 4	50%	704x576	4 / s	Newaxisipcapture_H264	13,3%

Below the table, the 'Kamera 1' configuration panel is visible. It includes a 'Nimi' field set to 'Kamera 1', a 'Käytössä' checkbox (checked), and a 'Monisuoratoisto' checkbox (unchecked). The 'Tallennuslaatu' (Recording Quality) section shows a 'Pakkaus' (Codec) dropdown set to 'H.264', and sliders for 'Laatu' (Quality) at 50%, 'Resoluutio' (Resolution) at 704x576, and 'Kuvatahti' (Frame Rate) at 4 / s. To the right, there are preview windows for 'Yleinen kuvaus' (General View) and 'Ylläpitäjän kuvaus' (Operator View), with a 'Viitekuva' (Reference Image) showing a camera feed. At the bottom, the 'Kuvatahtien optimointi' (Frame Rate Optimization) section shows 'Paikallinen käyttö' (Local Use) at 0%, 'Verkkokäyttö' (Network Use) at 100%, and 'Kuormitus yhteensä' (Total Load) at 1,84%.

KUVIO 43. Kamera-asetukset

5.8.3 Kuormitusmittaukset

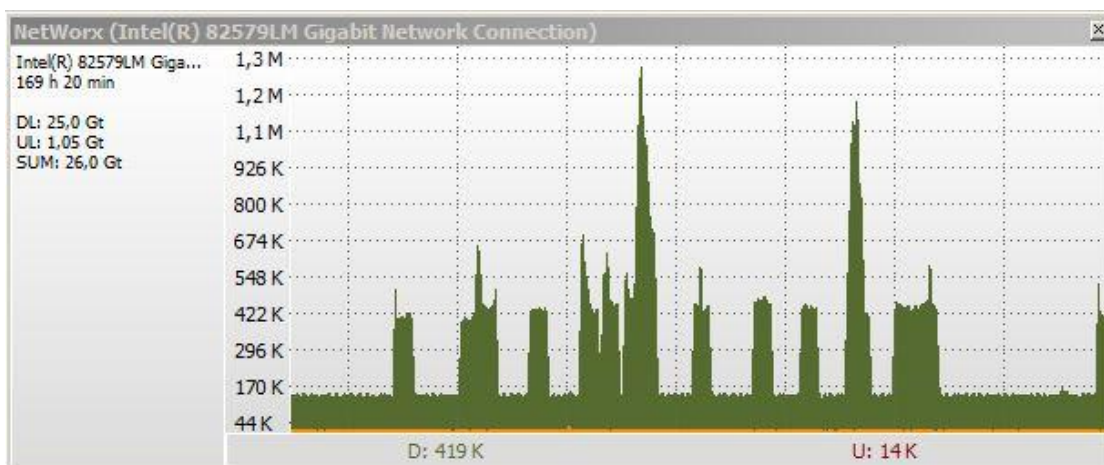
Verkkoliikenteen mittauksessa käytettiin apuna ilmaista Networx-ohjelmistoa, joka on tarkoitettu verkkoliitännöiden kaistakäytön ja tiedonsiirron monitorointiin. Ohjelmiston avulla saadaan verkon käytöstä erilaisia käyttöraportteja. Raporttien avulla voidaan esimerkiksi selvittää halutuilla aikaväleillä lähtevän ja tulevan liikenteen maksimisiirtonopeudet ja keskimääräiset siirtonopeudet. Samalla tavalla voidaan selvittää siirretyn datan kokonaismäärä. Ohjelmistossa on mukana myös nopeusmittari ja graafi. Nopeusmittarilla voidaan seurata verkkoliikennettä livenä numeerisessa muodossa. Graafilla voidaan puolestaan seurata verkkoliikennettä livenä graafisessa muodossa. Networx-ohjelmisto asennettiin tallentimelle seuraamaan sen Ethernet-liitännän liikennettä. Liit-

teessä 8 on esitetty sekä nopeusmittarista ja graafista saatuja mittaustuloksia luvun 5.8.1 ja 5.8.2 mukaisilla asetuksilla.

5.8.4 Mittaustulokset

Verkkoliikennettä seurattiin muutamilla eri kuva-asetuksilla. Ensimmäisissä mittauksissa kuvatahdiksi asetettiin 4 kuvaa/s ja resoluutioksi asetettiin 4CIF. Tämän jälkeen haluttiin mitata maksimikuormitus jonka videopalvelin voi verkkoon aiheuttaa. Tämän aikaan saamiseksi tallentimelle asetettiin päälle jatkuva tallennus ilman videopalvelimessa tapahtuvaa liikkeentunnistusta. Kuvan laatutasoksi asetettiin 50 prosenttia. Seuraavassa mittauksessa kuvan laatu-tasoa laskettiin 30 prosenttiin muiden kuva-asetuksien pysyessä samana. Kun laatuasetusta laskettiin 30 prosenttiin huomattiin kuvissa pieni laadun laske-minen. Laadun tippuminen ei kuitenkaan ollut vielä liian suurta. Kokeiltaessa laadun laskemista 20 prosenttiin huomattiin että kuvissa tapahtuu selvä laa-dun heikkeminen, joten mittausta ei suoritettu tällä laatuasetuksella. Seuraa-vaksi suoritettiin mittauksia siten että liikkeentunnistus videopalvelimen pääs-sä kaikilla kameroilla otettiin käyttöön, koska todellisessa tilanteessa liikkeen-tunnistus on lähes poikkeuksetta aina päällä. Tämän jälkeen kuvatahtia vaih-deltiin kahden ja neljän kuvan välillä, resoluutiota vaihdeltiin 2-4CIF:n välillä ja kuvan laatua vaihdeltiin 30 prosentin ja 50 prosentin välillä. Tällä tavoin saatiin selville erilaisia oikeita verkon kuormitustilanteita. Jokaista mittausta eri kuva-asetuksilla pidettiin päällä useita tunteja, jotta saatiin mahdollisimman oikea kuva liikenteen määrästä. Liitteen 9 taulukkoon on Networx-ohjelmiston avulla koostettu raportti liikenteen keskinopeuksista eri asetuksilla.

Raportin tuloksista voidaan huomata että liikenteen keskinopeus putoaa huo-mattavasti kun käytetään liikkeentunnistusta videopalvelimessa. Raportista ei kuitenkaan käy selville liikenteen porskeisuus tilanteissa joissa kameroiden kuviin tulee liikettä. Kuviossa 45 on esitetty esimerkki graafi, jossa on liikkeen-tunnistus päällä. Käyrien liikennepiikeistä huomataan tilanteet kun kameroiden kuvissa tapahtuu liikettä. Graafissa kuva-asetuksina on käytetty 4 kuvaa/s, 4CIF ja kuvan laatu 50 prosenttia.



KUVIO 44. Graafi liikkeentunnistus päällä

5.9 Verkkokapasiteetin riittävyyden arviointi

Jyväskylän kaupungin lähiverkon WAN-liittymien tämän hetkiset liikennemäärät olisi selvitettävä ennen uuden IP-kamerajärjestelmän käyttöönottoa, jotta voitaisiin luotettavasti arvioida liittymien kapasiteettien riittävyyttä. Erityisesti WAN-liittymien lähtevä liikenne olisi selvitettävä, koska uuden videovalvontajärjestelmän käytössä verkon pääasiallinen kuormitus kohdistuu lähtevään liikenteeseen. Normaalissa verkkoliikenteessä tilanne on päinvastainen. Demojärjestelmällä tehtyjen mittauksien ja eri laskentaohjelmien tuloksien perusteella voidaan kuitenkin esittää arvioita kapasiteetin riittävyydestä. Arvioinnissa on nykyiselle lähtevälle liikenteelle asetettava ensin jokin taso. Yhtenä asiana tulee muistaa että nykyisissä IP-kameroissa ja videoservereissä on yleensä ominaisuutena verkkoliikenteen rajoitus. Liikenteen rajoitus voidaan asettaa esimerkiksi 2/2 Mbit/s:n liittymässä 1 MBit/s. Jos rajoitusta tarvitaan, IP-kamera tai videoserveri alkaa tiputtamaan videostreamin kuvatahtia ja kuvien resoluutioita automaattisesti. Näin rajoitusarvoa ei ylitetä.

Seuraavassa esimerkissä on ajateltu että nykyisten WAN-liittymien kapasiteetista olisi videovalvontaa varten käytettävissä puolet eli esimerkiksi 2/2 Mbit/s:n SHDSL-liittymän lähtevästä liikenteestä voidaan käyttää 1 Mbit/s videovalvonnalle jne. Esimerkissä on käytetty luvun 5.8.1 ja 5.8.2 mukaisia kamera-asetuksia. Taulukossa 9 on esitetty arvioidut vaihteluvälit IP-kameroiden lukumäärälle edellä mainittujen reunaehtojuen mukaisesti. Minimillä tarkoite-

taan kameralukumäärää joka voidaan laittaa liittymään lähes varmuudella liittymän nykyisen toiminnan häiriintymättä. Maksimilla tarkoitetaan kameralukumäärää, joka voidaan laittaa liittymään hyvissä olosuhteissa. Tällöin kuvissa ei esiinny paljon liikettä, muutoksia tai muita häiriöitä.

TAULUKKO 9. WAN-liittymien kameramäärät

Liittymä	Lähtevä nopeus	Kuvatahti/s	Kuvalaatu %	Resoluutio	Kamera kpl min	Kamera kpl max
ADSL	1 Mbit/s	4	50%	4CIF	2	4
SHDSL	2 Mbit/s	4	50%	4CIF	4	8
SHDSL	4 Mbit/s	4	50%	4CIF	8	16
SHDSL	10 Mbit/s	4	50%	4CIF	16	32
Kuitu	10 Mbit/s	4	50%	4CIF	16	32
Kuitu	100 Mbit/s	4	50%	4CIF	Riittävästi	Riittävästi
Kuitu	1 Gbit/s	4	50%	4CIF	Riittävästi	Riittävästi

Taulukko 9 on laadittu siten että kaikissa kameroissa on laadultaan samanlaiset hyvätasoiset kuva-asetukset. Käytännön kohteissa näin ei kuitenkaan tarvitse aina olla. Yksittäisten kameroiden resoluutiota, kuvatahtia ja kuvan laatua voidaan useimmissa kohteissa pudottaa valvonnan mitenkään siitä kärsimättä. Tällöin kameroiden todelliset määrät voivat olla suurempia kuin taulukon 9 esimerkissä. Verkkokapasiteetin riittävyyteen on vaikea tehdä mitään yleispätevää laskentamallia. Käytännössä tilanne on kuitenkin aina arvioitava kohdekohtaisesti ennen uuden järjestelmän käyttöönottoa.

5.10 Uuden järjestelmän hyvät ja huonot puolet

Uudella kokonaisratkaisulla on myös omat hyvät ja huonot puolensa. Uuden kokonaisratkaisun ehkä parhaimpana puolena voidaan pitää sitä että käyttöön saadaan yksi yhtenäinen videovalvontajärjestelmä. Tällöin kokonaisuuden hallinta on helppoa. Uuden järjestelmän huonoimpana puolena voidaan puolestaan pitää sitä että Jyväskylän kaupungin lähiverkon toimintahäiriöt vaikuttavat järjestelmän toimintaan haittaavasti. Liitteessä 10 on arvioitu uuden järjestelmän hyvät ja huonot puolet.

6 KUSTANNUSARVIOINTI

6.1 Tietosuojatut tiedot

Opinnäytetyön julkisesta versioista on poistettu kustannusarviointiin liittyvät taulukot 10 ja 11 sekä liitteet 11 ja 12 tietosuojan vuoksi. Tässä luvussa on kuvattu sanallisesti investointi- ja elinkaarikustannukset.

6.2 Keskitetty hallinta/tallennus

Uuden järjestelmän keskitetyn hallinnan/tallennuksen toteuttamiseen tarvittavat ohjelmistot, laitteistot ja työkustannukset on laskettu luvun 5.3 suunnitelman mukaisesti. Ainoana poikkeuksena on NVR-palvelimeen tarvittavat ohjelmistolisenssien päivitykset IP-kameroita varten. Nämä lisenssit on sisällytetty analogisen järjestelmän modernisointi laskelmaan, koska näitä tarvitaan silloin kun aletaan kääntämään vanhoja analogisia tallentimia uuteen järjestelmään. Taulukossa 10 on esitetty uuden keskitetyn hallinnan/tallennuksen kustannusarvio. Laskelma sisältää laitteet, ohjelmistot, asennuksen ja käyttöönoton.

6.3 Modernisoitu analoginen järjestelmä

Tilapalvelun vanhoissa analogisissa järjestelmissä kameroiden lukumäärä ja sitä kautta tallentimien koko vaihtelee kohteittain. Kaikissa kohteissa on kuitenkin vähintään 4-kanavainen tallennin, joten lähtökohtana kustannusarviolaskelmalle voidaan pitää 4-kanavaisen tallentimen modernisointia. Laskelmassa on käytetty AXIS M7014-videopalvelinta, joka on ominaisuuksiltaan lähes vastaava kuin luvun 5.8 demojärjestelmässä käytetty AXIS Q7404. Suurimpana erona laitteilla on maksimikuvatahdit. Q7404-mallilla maksimikuvatahti on 25 kuvaa/s kaikilta kanavilta, kun taas M7014-mallilla maksimikuvatahti on 15 kuvaa/s kaikilta kanavilta. Taulukossa 11 on esitetty 4-kanavaisen tallentimen modernisointilaskelma. Samaan taulukkoon on laitettu mukaan vanhan tallentimen uusimisen kustannusarvio, jotta voidaan verrata uuden ja vanhan järjestelmän välisiä kustannuksia. Huomioitavaa on se että laskelmassa on mukana myös osuudet NVR-palvelimesta. Ensimmäiset 64 kanavaa mahtuvat luvun 6.1 NVR-palvelimeen, mutta tämän jälkeen on investoitava

uuteen NVR-palvelimeen. Laskelma sisältää laitteet, ohjelmistot, asennuksen ja käyttöönoton.

Taulukosta 11 huomataan että kustannuslaskelma osoittaa videopalvelimen edullisemmaksi vaihtoehdoksi. Näin onkin pienien kohteiden osalta, mutta tilanne kääntyy tallentimen eduksi jos kanavia on enemmän kuin viisi kappaletta. Tämä johtuu siitä että tallentimeen sisältyy aina 16-kanavainen videokaapparikortti vaikka kanavia ei olisikaan käytössä kuin yksi kappale. Tallenninta laajennetaan 16-kanavaiseksi lisäämällä vain ohjelmistolisenssejä. Jos tämän jälkeen tallenninta halutaan laajentaa 32-paikkaiseksi (maksimikoko tallentimelle) täytyy PC-tietokone vaihtaa hieman tehokkaammaksi. Lisäksi täytyy tallentimeen lisätä yksi 16-kanavainen videokaapparikortti lisää. Videokaappauskortin ja PC-tietokoneen edullisuuden vuoksi kustannusetu ei kuitenkaan käännä enää videopalvelimen eduksi. Liitteessä 11 on esitetty eri järjestelmäkoonpanojen välisiä eroja.

Liitteestä 11 huomataan helposti että uuden järjestelmän investointikustannukset ovat kalliimmat kuin vanhan järjestelmän. Tämä ei ole kuitenkaan koko totuus vaan kokonaiskustannuksia on tarkasteltava elinkaarikustannuksien kautta. Luvussa 6.3 on tarkasteltu elinkaarikustannuksia.

6.4 Elinkaarikustannukset

Uuden ja vanhan järjestelmän välisiä elinkaarikustannuksia on vaikea vertailla tarkasti, koska eri kohteissa olevien videovalvontajärjestelmien kokoonpanot vaihtelevat suuresti. Uuden järjestelmän myötä myös koko järjestelmän rakenne muuttuu toisenlaiseksi. Lisäksi vanhan järjestelmän ylläpitokustannuksista ei ole tarkkaa tietoa olemassa. Tässä työssä elinkaarikustannusten arviointi on tehty käytännön kokemuksen kautta ja esimerkin avulla. Seuraavassa kappaleessa on eräs käytännön esimerkki, joka pohjautuu todelliseen tämän hetkiseen Tilapalvelun laitekantaan.

Tilapalvelulla on tällä hetkellä käytössä vanhan Mirasys Dina-sarjan tallentimia seuraavasti: yksi kappale 4-paikkaisia, neljä kappaletta 8-paikkaisia, yksi kap-

pale 10-paikkaisia ja yksi kappale 16-paikkaisia tallentimia. Tallentimia on yhteensä 7 kappaletta ja niiden kanavamäärä on yhteensä 62 kappaletta. Nämä tallentimet on mahdollista korvata yhdellä keskitetyllä 64-paikkaisella NVR-palvelimella. Kohteisiin tallentimien tilalle vaihdettaisiin videopalvelimet. Vaihdetun järjestelmän elinkaareksi on ajateltu kymmenen vuotta. Kustannuslaskennassa on otettu huomioon tarvittavat laite- ja ohjelmistoinvestoinnit työkustannuksineen sekä järjestelmien ylläpitokustannukset kymmenen vuoden ajalla. Ylläpitokustannuksiin on laskettu kovalevyjen ja virtalähteiden vaihdot laite- ja työkustannuksineen. Liitteessä 12 on esitelty laskelma uuden ja vanhan järjestelmän välisistä elinkaarikustannuksista.

Liitteestä 12 voidaan huomata että investointikustannus on tallentimien eduksi, mutta järjestelmien elinkaarien kokonaiskustannukset ovat päinvastoin. Tämä johtuu pääosin työasemapohjaisten hybriditallentimien kovalevyjen suuresta vaihtotarpeesta. Kymmenen vuoden jaksolla kovalevyt pitää vaihtaa keskimäärin kaksi kertaa joka tallentimeen. Syynä suureen vaihtotarpeeseen on se että tallentimien kovalevyt joutuvat kovalle rasitukselle, koska ne pyörivät koko ajan 24 h/vrk:ssa. Kun tähän lisätään vielä huonoista toimintaympäristöistä (kuuma, pöly, sähkökatkot, yms.) aiheutuvat vaikutukset niin tallentimet vikaantuvat usein. Kun jokaisessa tallentimessa on kaksi kappaletta kovalevyjä, täytyy vaihtaa yhteensä 28 kappaletta kovalevyjä. Kovalevyjen vaihtotyö on toimenpiteenä hitaampi suorittaa kuin uuden tallentimen asennus, koska levyjen vaihto vie aikaa ja kaikki ohjelmistot pitää asentaa ensin uudestaan. Lisäksi kustannuksia aiheuttaa se että tallennin yleensä joudutaan kuljetta-
maan huoltoon ja takaisin. Yleensä edellä mainittu huoltotoimenpide suoritetaan sen jälkeen kun tallentimen kovalevyihin on tullut vikaa.

Tilanne on toisenlainen videopalvelimien kohdalla. Ne eivät normaalitilanteessa vaadi mitään huoltoa, koska niissä ei ole kovalevyjä, pyöriviä tuulettimia tai muita vastaavia kuluvia osia. Tällöin videopalvelimet kestävät myös paremmin huonoissa ympäristöolosuhteissa. Keskitetyn NVR-palvelimen tapauksessa kovalevyjen huoltoväli on pidempi koska kovalevyt ovat parempilaatuisia ja ne on tehty varta vasten ympäri vuorokautiseen käyttöön. Esimerkiksi NVR-palvelimessa (Dell PowerEdge R520) kovalevyillä on viiden vuoden takuu. NVR-palvelimessa on myös mahdollisuus käyttää RAID5-peilausta kovalevyil-

lä jolloin yhden kovalevyjen rikkoutuminen ei vaikuta toimintaan. Rikkoutuneet kovalevyt voidaan vaihtaa lennossa Hot Plug –ominaisuuden ansiosta, kuten myös rikkoutuneet virtalähteet. Täytyy myös muistaa että serverirauta on huomattavasti ”kovempaa” tekoa kuin normaali työasemapohjainen tallennin. Lisäksi NVR-palvelimien elinkaarikustannuksia laskee se että ne on keskitetty yhteen paikkaan. Tällöin ei vikaantumisen johdosta suoritettavat huoltokäynnit aiheuttavat vähemmän kustannuksia.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia suunnitelma Tilapalvelulle nykyisten videovalvontajärjestelmien modernisoimiseksi yhtenäiseksi uudenaikaiseksi keskitetyksi IP-videovalvontajärjestelmäksi. Suunnitelmassa oli tarkoitus esittää uuden modernisoidun järjestelmän toteutuksen periaatteet ja kustannusarviointi. Vastaavasta aiheesta tehtyjä muita samanlaisia opinnäytetöitä ei verkosta selaamalla tai muualta löytynyt. Muita videovalvonnasta tehtyjä opinnäytetöitä löytyi kyllä ja niissä osittain käsiteltiin samoja aihepiirejä kuin tässä opinnäytetyössä.

Tavoitteiden toteuttamiseksi käynnistettiin syksyllä 2012 tietojen kerääminen Tilapalvelun nykyisistä videovalvontajärjestelmistä sekä Jyväskylän kaupungin eri toimipisteiden WAN-liittymien toteutuksesta. Videovalvontajärjestelmien osalta tiedonkeruu onnistui kohtalaisen hyvin. Näiden tietojen perusteella nykyisten järjestelmien perusrakenteet onnistuttiin kuvaamaan hyvin, mikä oli myös yhtenä opinnäytetyön tavoitteena. Järjestelmien yksityiskohtainen kuvaaminen kohteittain olisi ollut liian työläs tehtävä yhtä opinnäytetyötä ajatellen. Yksityiskohtaisista tiedoista olisi toki ollut hyötyä, koska niiden avulla olisi ollut mahdollista tehdä tarkempia arvioita uuden järjestelmän toteutuksesta ja kustannuksista kohteittain kuin tässä työssä esitetään. Tämän työn tavoitteena ei kuitenkaan ollut kameravalvontakohteiden yksityiskohtainen suunnittelu vaan uuden järjestelmän periaatesuunnittelu ja sen kustannuksien arviointi. Tarkempi yksityiskohtainen suunnittelu tulee eteen siinä vaiheessa, jos Tilapalvelu päättää siirtyä uuden videovalvontajärjestelmän käyttöön.

Jyväskylän kaupungin lähiverkon kokonaistoteutuksen selvittäminen oli huomattavasti vaikeampi tehtävä. Tämä johtui muutamasta eri seikasta. Yhtenä seikkana oli se että verkosta ei ollut saatavilla mitään yhtenäistä kokonaiskuvaa, kuten esimerkiksi topologiakaavioita. Käyttöön saatiin ainoastaan yksi excel-taulukko, johon oli listattu käytössä olevat WAN-liittymät. Toisena seikkana oli se että teleoperaattorilta oli vaikea saada tietoa siitä miten sen operaatio WAN-verkko on käytännössä toteutettu. Nämä tiedot saatiin kuitenkin selvitettyä hyvien henkilösuhteiden avulla käyttämällä puhelinta ja sähköpostia.

Yksi keskeinen opinnäytetyön tavoite jäi kuitenkin toteutumatta. Yhtenä tavoitteena oli arvioida nykyisen verkkokapasiteetin riittävyttä, jotta voitaisiin päätellä onko uuden videovalvontajärjestelmän käyttöönotto ylipäättään mahdollista. Käytössä olevista WAN-liittymistä ja niiden liikennemääristä ei saatu tietoa. Tämä johtuu siitä että Jyväskylän kaupungilla ei ole käytössään monitorointiohjelmistoa, jolla tietoa voisi WAN-liittymistä kerätä. Tämän kaltaisen ohjelmiston käyttöönotto helpottaisi jatkokehitystä huomattavasti. Tässä työssä esitetty verkkokapasiteetin riittävyden laskenta on puhtaasti arvio eikä sen tulokseen voi täysin luottaa. Yhtenä jatkokehitys ideana olisi selvitettävä langattomien yhteyksien käyttömahdollisuutta kohteissa, joissa ei ole kiinteää verkkoyhteyttä tai riittävää verkkokapasiteettia saatavilla.

Opinnäytetyön teoriaosuuksissa kuvattiin lyhyesti turvakameroiden toimintaperiaatteet, xDSL-liittymät, MPLS-verkon toiminta, videosignaali ja videon pakkausmenetelmät. Perusasiat ja periaatteet näistä tekniikoista saatiin kerrottua hyvin, kuitenkin vain pintaa raapaisten. Syvällisen tiedon saamiseksi edellä mainituista aiheista voitaisiin jokaisesta helposti kirjoittaa oma opinnäytetyö. Näin ollen lukija voi turvautua tarvittaessa vaikkapa tässä työssä käytettyihin lähteisiin.

Modernisointisuunnitelmassa saatiin kuvattua uuden järjestelmän rakenne ja toimenpiteet joilla voidaan joustavasti siirtyä käyttämään uutta järjestelmää. Lisäksi kuvattiin uudet lisäominaisuudet sekä uuden järjestelmän hyvät ja huonot puolet. Demojärjestelmällä pyrittiin simuloimaan uuden järjestelmän verkkoliikennettä ja tässä tehtävässä onnistuttiin vain kohtalaisesti. Parempa-

na vaihtoehtona olisi ollut pilotti todellisessa kohteessa. Tämä jäi valitettavasti ajanpuutteen vuoksi toteuttamatta. Jatkokehityksen kannalta pilotin toteuttaminen on yksi ensimmäisistä toimenpiteistä, joka pitää tehdä ennen uuden järjestelmän lopullista käyttöönotto päätöstä.

Kustannusarvioinnissa laskettiin järjestelmien investointi- ja elinkaarikustannuksia. Esimerkin avulla pystyttiin osoittamaan uuden järjestelmän elinkaaren kustannustehokkuus verrattuna vanhaan järjestelmään, vaikkakin investointikustannus oli kalliimpi. Todellisessa tilanteessa järjestelmien väliset erot eivät välttämättä ole näin suuret koska laskelmassa on otettu huomioon pelkästään videovalvonnan osuus. Muita lisäkustannuksia uuden järjestelmän käyttöönotossa voi aiheuttaa mm. verkonhallinnan lisääntyminen ja muut LAN/WAN-verkkoon tehtävät muutokset. Toisaalta täytyy muistaa, että jos modernisoidaan vain pieniä kohteita, säästö voi olla suurempikin kuin kustannusarviossa esitettiin.

Isot organisaatiot ovat viime vuosina uudistaneet videovalvontajärjestelmiään voimakkaasti. Suunta on ollut kohti keskitettyjä järjestelmiä. Vanhat analogiset järjestelmät tulevat väistymään IP-pohjaisten järjestelmien tieltä sitä mukaa kun niiden elinkaari päättyy. Muutoksen vanhasta uuteen voi kuitenkin tehdä pikkuhiljaa ottamalla kaiken hyödyn irti vanhoihin järjestelmiin tehdyistä investoinneista. Tässä opinnäytetyössä esitettiin yksi vaihtoehtoinen malli tehdä tuo muutos. Loppuyhteenvetona opinnäytetyön tekijä päätyy suosittelemaan Jyväskylän Tilapalvelulle uuteen keskitettyyn järjestelmään siirtymistä.

LÄHTEET

- Damjanovski, V. 2005. CCTV: Networking and digital technology. 2. ed. p. Burlington. Elsevier Butterworth Heinemann. Viitattu 9.3.2013., Nelli-portaali, Ebrary.
- Elisa Yritysverkko. 2012. Elisa Oyj:n palvelukuvaus.
- Elisa Yrityskiinteistökuitu. 2009. Elisa Oyj:n palvelukuvaus.
- Granlund, K. 2007. Tietoliikenne. Viitattu 22.2.2013.
[Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Sanoma Pro verkkokirjat.
- Hämäläinen, A. 2013. Tekninen isännöitsijä. Jyväskylän tilapalvelu. Haastattelu 15.3.2013.
- ITU-R BT.470-6. 1998. Conventional television systems. Viitattu 6.3.2013.
[Http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.470-6-199811-S!!PDF-E.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.470-6-199811-S!!PDF-E.pdf)
- ITU-T G.991.2. 2003. Telecommunication standardization sector of ITU. Viitattu 23.2.2013. [Http://www.itu.int/rec/T-REC-G.991.2-200312-l/en](http://www.itu.int/rec/T-REC-G.991.2-200312-l/en)
- Jyväskylän tilapalvelu. 2012. Jyväskylän kaupungin www-sivut. Viitattu 28.11.2012 [Http://www.jyvaskyla.fi/tilapalvelu/toiminta](http://www.jyvaskyla.fi/tilapalvelu/toiminta)
- Kameravalvontajärjestelmät. 2009. Toim. V. Kauppi. ST-Käsikirja 13. Espoo: Sähkötieto.
- Keith, J. 2005. Video demystified: A handbook for the digital engineer. 4. ed. Viitattu 7.3.2013. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Books24x7.
- Keränen, V., Lamberg, N., Penttinen, J. 2005. Digitaalinen media. Jyväskylä: Docendo Finland.
- Koho, J. 2010. DSL-yhteydet. Luentomoniste laajakaistatekniikka kurssilla syksyllä 2010.
- Kukkonen, J.2013. Tekninen konsultti. Elisa Oyj. Haastattelu 20.2.2013.
- Kruegle, H. 2005. CCTV surveillance : video practices and technology. 2. ed. p. Boston: Elsevier Butterworth Heinemann. Viitattu 6.1.2013.
[Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Ebrary.
- Luukkanen, V. 2012. Mirasys iVMS yleiskuvaus

Mirasys iVMS ja tietoliikenne. Power point –esitys. 2013.

Mirasys N series recorders datasheet. Datalehti Mirasys Oy:n sivustolla. Viitattu 3.2.2013. [Http://www.mirasys.com/?q=webfm_send/834](http://www.mirasys.com/?q=webfm_send/834)

Mirasys NVR Enterprise datasheet. Datalehti Mirasys Oy:n sivustolla. Viitattu 2.2.2013. [Http://www.mirasys.com/?q=webfm_send/813](http://www.mirasys.com/?q=webfm_send/813)

Mirasys NVR 6.1 Järjestelmävalvojan ohje. 2012.

Mirasys Product Features 6.1. Excel-taulukko. 2013.

Mirasys VMS System Architect & Engineer Specifications. 2012

Mirasys V series recorders datasheet. Datalehti Mirasys Oy:n sivustolla. Viitattu 3.2.2013. [Http://www.mirasys.com/?q=webfm_send/833](http://www.mirasys.com/?q=webfm_send/833)

Mäkinen, A.2013. Tietotekniikka-asiantuntija. Jyväskylän kaupungin tietohallinto. Haastattelu 11.2.2013.

Storage and Bandwidth Calculator. 2012. Excel-taulukko Vicon-Security:n sivustolla. Viitattu 16.3.2013. [Http://www.vicon-security.com/products-network-camera-tools.htm](http://www.vicon-security.com/products-network-camera-tools.htm)

Symmetric DSL White Paper. 2002. Artikkelin Broadband Forumin sivustolla. Viitattu 23.2.2013. [Http://www.broadband-forum.org/marketing/download/mktgdocs/SHDSL_wp.pdf](http://www.broadband-forum.org/marketing/download/mktgdocs/SHDSL_wp.pdf)

Technical guide to network video. n.d. AXIS Communications. Viitattu 16.3.2013. [Http://www.axis.com/files/brochure/bc_techguide_47847_en_1303_lo.pdf](http://www.axis.com/files/brochure/bc_techguide_47847_en_1303_lo.pdf)

Vatanen, M. 2010. MPLS. Luentomoniste WAN-tekniikka kurssilla syksyllä 2010.

Video Basics. 2002. Artikkelin Maxim Integrated:in sivustolla. Viitattu 7.3.2013. [Http://www.maximintegrated.com/app-notes/index.mvp/id/734](http://www.maximintegrated.com/app-notes/index.mvp/id/734)

Väänänen, K. 2009. Yleiskaapeloinnin toteuttaminen kerrostaloissa. Tapaus-tutkimus Laajasalon Kiinteistöt Oy:n Reiherintie 7-9 kerrostalot. Opinnäytetyö. Haaga – Helia ammattikorkeakoulu, Tietotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 18.1.2013. [Http://www.elisanet.fi/kalevi.vaananen/Tiedostot/LoppuTyo.pdf](http://www.elisanet.fi/kalevi.vaananen/Tiedostot/LoppuTyo.pdf)

LIITTEET

Liite 1. V-sarjan tallentimen tekniset ominaisuudet

Ominaisuus	V1000	V3000	V5000
Videotallennus			
Analoginen video	4/10/16	4/10/16/32	8/16/32
IP-video	1-5	1-46	1-42
Standardit	PAL/NTSC	PAL/NTSC	PAL/NTSC
Kuvatahti (kuva/s)			
Järjestelmä (max, PAL)	100/100/64	200/200/100	400/400/400
Yksi kamera (max @ 1CIF)	25	25	25(@D1)
Kuvan resoluutio			
Analogiset kamerat (max)	4CIF	4CIF	D1
IP-kamerat (max)	Rajoittamaton	Rajoittamaton	Rajoittamaton
Äänen tallennus			
Audiotulot	2/2	2/8/16	2/16
Kuvanpakkaus			
Analogiset kamerat	WM9/JPEG	WM9/JPEG	WM9/JPEG/H.264
IP-kamerat	JPEG/MPEG-4/ H.264	JPEG/MPEG-4/ H.264	JPEG/MPEG-4/ H.264
Tekstidatan tallennus			
ASCII-kanavat	32	32	32
Tallennuskapasiteetti			
Kiintolevytila (standardi)	1 TB	1 TB	1 TB
Kiintolevytila (max)	1 TB	4/16 TB	4/16 TB
Ohjelmistotoiminnot			
Turvallinen Raid 0 -tallennus	Ei	Kyllä	Kyllä
Käyttäjäprofiilit	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Laitetuki			
Digitaaliset tulot / lähdöt 4	4-16/4	16/16	16/16
Dome-kamerat	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Integraatorajapinta	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Älykäs videoanalyysi (optio)	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Joystick –ohjain (optio)	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Monikuvalähtö (standardi)	Ei	Kyllä/Ei	Kyllä/Ei
Läpiluupaus	Ei	Kyllä/Ei	Kyllä
Nelikkolähdöt (optio)	Ei	4x4	4x4
Videolähdöt	1	1-8	4
Laitteistoalusta			
PC-alusta	Pöytäkone	Minitorni/19" räkki	Minitorni/19" räkki
NVR software	NR Enterprise	NR Enterprise	NR Enterprise

Liite 2. N-sarjan tallentimen tekniset ominaisuudet

Ominaisuus	N1000	N5000
Videotallennus		
IP-video	5-25	10-50
Kuvatahti (kuvaa/s)		
Järjestelmä (max, PAL)	625	1250
Yksi kamera (max @ 1CIF)	25	25
Kuvan resoluutio		
IP-kamerat (max)	Rajoittamaton	Rajoittamaton
Äänen tallennus		
Audiotulot	2	2
Kuvanpakkaus		
IP-kamerat	JPEG/MPEG-4/ H.264	JPEG/MPEG-4/ H.264
Tekstidatan tallennus		
ASCII-kanavat	32	32
Tallennuskapasiteetti		
Kiintolevytila (standardi)	1 TB	1 TB
Kiintolevytila (max)	1 TB	4/16 TB
Ohjelmistotoiminnot		
Turvallinen Raid 0 -tallennus	Ei	Kyllä
Käyttäjäprofiilit	Kyllä	Kyllä
Laitetuki		
Digitaaliset tulot / lähdöt	Kyllä	Kyllä
Dome-kamerat	Kyllä	Kyllä
Domeohjaus	Kyllä	Kyllä
Integraatorajapinta	Kyllä	Kyllä
Älykäs videoanalyysi (optio)	Kyllä	Kyllä
Laitteistoalusta		
PC-alusta	Pöytäkone	Minitorni/19" räkki
NVR software	NR Enterprise	NR Enterprise
Datalehden N500 ja Mirasys Touch ovat poistuneet jo markkinoilta!		

Liite 3. Analogiset järjestelmät

Analogisten järjestelmien hyvät puolet ovat seuraavat:

- Laitteiden kokonaishankintakustannukset ovat toistaiseksi pienemmät kuin IP-pohjaisella järjestelmällä.
- Yksittäisen kokonaisuuden toimintavarmuus on hyvä. Ne ovat erillisjärjestelmiä, jolloin ei ole esimerkiksi verkoista johtuvia ongelmia.
- Yhteensopivuus on hyvä eri kameranlaitteiden kesken.
- Ne ovat helpompia asentaa ja huoltaa (kaapelointikustannuksia lukuunottamatta) kuin IP-järjestelmät.

Analogisten järjestelmien huonot puolet ovat seuraavat:

- Kuvanlaatu on huonompi kuin IP-kameroilla. Resoluutio ja kuva-alat on rajoitettu standardien mukaisiksi.
- Kaapelointikustannukset ovat kalliimmat kuin IP-kameroilla. Kameroille tarvitaan aina signaalikaapeli ja sähkösyöttö. Signaali on kaapeloitava aina tallentimelle saakka.
- Järjestelmän laajentaminen on kalliimpaa varsinkin isoissa rakennuksissa. Videosignaali joudutaan aina kaapeloimaan tallentimelle saakka.
- Järjestelmän perustaminen on kalliimpaa jos kameroita on vähän. Jos on esimerkiksi yhden kameran tarve, niin aina tarvitaan tallennin videokaappauskortilla.
- Videosignaalin siirtoetäisyyttä kaapelissa on rajoitettu. Tällöin pitkien siirtoyhteyksien teko on vaikeampaa, koska tarvitaan aina erillisiä sovittimia siirtomeidiaan.
- Etäkatselupisteiden tekeminen on työläämpää. Tällöin tarvitaan aina client-ohjelmisto PC-tietokoneelle.
- Tallentimet ovat kalliimpia kuin IP-järjestelmissä. Tällöin tarvitaan aina video-kaappauskortti tallentimeen.
- Kameraetäasetuksia voi tehdä vain valmistajakohtaisilla ratkaisuilla.
- Järjestelmien kehitys on nykyään pääsääntöisesti IP-puolella.
- On tulevaisuudessa pois jäävää tekniikkaa.

Liite 4. IP-järjestelmät

IP-pohjaisten järjestelmien hyvät puolet ovat seuraavat:

- Kuvanlaatu on parempi kuin analogisissa kameroissa. Resoluutiolle ei ole rajoituksia. Kuva-alat ovat suurempia kuin analogisissa kameroissa.
- On olemassa megapikselikameroiden käyttömahdollisuus. Tällöin on mahdollista hyödyntää niiden tuomat lisäominaisuudet.
- Kaapelointikustannukset ovat edullisemmat hyödynnettäessä PoE-syöttöä. Tällöin ei tarvita erillistä sähkönsyöttöä kameroille.
- Järjestelmän laajentaminen on helpompaa. Esimerkiksi yksittäisen kameran lisäämisessä voidaan hyödyntää olemassa olevaa yleiskaapelointia.
- Etäkatselupisteiden teko on helppoa. Tällöin kameran tuottamaa kuvaa voidaan katsoa suoraan verkon kautta ilman yhteyttä tallentimeen.
- Järjestelmän perustaminen on yleensä halvempaa, jos on olemassa valmiiksi lähiverkko ja yleiskaapelointi.
- Tallentimet ovat halvempia. Ei tarvita videokaappauskorttia tallentimeen.
- On mahdollista tallentaa paikallisesti kameraan kuvamateriaalia.
- Kameroiden asetuksia voidaan muuttaa etäkäytöllä helposti.
- IP-kameroiden tekniikka kehittyy huimaa vauhtia.
- IP-kameroiden hinta halpenee koko ajan suhteessa analogisiin kameroihin.

IP-pohjaisten järjestelmien huonot puolet seuraavasti:

- Laitteiden yhteensopivuudessa on vielä ongelmia.
- Kokonaisuuden toimintavarmuus on heikompi. Esimerkiksi verkon häiriöt vaikuttavat kameroiden toimintaan.
- Laitteet ovat toistaiseksi hieman kalliimpia kuin analogiset laitteet.
- Verkon hallinta, käyttö ja ylläpito on työläämpää.
- Laitteiden asentaminen ja huoltaminen vaatii enemmän osaamista.
- Megapikselikameroilla on toistaiseksi suurempi valontarve.

Liite 5. Nykyinen kokonaisratkaisu

Nykyisen kokonaisratkaisun hyvät puolet ovat seuraavat:

- Tallentimilla on yhteinen etäkäyttäjähallinta.
- Tallentimien etäkäyttö voidaan tehdä verkon välityksellä.
- Tallentimet kuormittavat Jyväskylän kaupungin lähiverkkoa vain vähän.
- Jyväskylän kaupungin verkon toimintahäiriöt eivät vaikuta järjestelmien toimintaan häiritsevästi kuin etäkäyttäjän kirjautumistilanteessa.
- Yksittäisen järjestelmän kaatuminen ei vaikuta muiden toimintaan.

Nykyisen kokonaisratkaisun huonot puolet ovat seuraavat:

- Tallentimien lukumäärä on kasvanut suureksi.
- Tallentimien ylläpito ja huoltaminen on kallista.
- Tallentimien kapasiteetin käyttö ja hyödyntäminen on paikoittain heikkoa.
- Tallentimien toimintaympäristöt ovat yleensä puutteellisia. Tämä aiheuttaa laitteiden vikaantumista ja toimintahäiriöitä.
- Järjestelmien toimintakunnon seuraaminen on vaikeaa ja puutteellista. Tämä aiheuttaa turvallisuusriskejä tarpeettomasti.
- Ohjelmistopäivitysten teko on työlästä.
- Etäkäyttäjähallinta ei seuraa henkilöstön todellista tilaa.
- Etäkatseluohjelmistojen asennukset ja muutostyöt ovat työläisiä toteuttaa.
- Järjestelmien kokonaishyödyntäminen on puoli teholla. Käyttö on pääsääntöisesti passiivista eli kuvia katsotaan, kun jotain on tapahtunut.
- Mobiilikäytön mahdollisuus on puuttunut.
- IP-järjestelmiä varten rakennetaan aina oma paikallinen lähiverkko. Kameroiden lähiverkon ylläpito on puutteellista ja hankala toteuttaa.
- Uusien älykkäiden ominaisuuksien hyödyntäminen on puutteellista.

Liite 6. NVR-serverin tekniset ominaisuudet

DELL PowerEdge R520 TPM
• Palvelin: Dell R520
• Asennus: 19" rakkikiskot vakiona
• Prosessori: Xeon E5-2420 1.90GHz Turbo 6C
• Käyttöjärjestelmä W2008 Server R2 SP1 Standard Edition 5 CALs
• Keskusmuisti: 4 GB
• Verkkoyhteydet: 2 x 1Gbit/s
• Kiintolevyt: 4 x 2TB tai 4x3TB, SAS, Hot plug
• Kiintolevyt laajennettavuus:
Lisäys n x 2TB tai n x 3TB (samaa kokoa kaikki levyt, max. yht 8 kpl)
Max kiintolevytila 16TB tai 24TB
• DVD-asema: kyllä
• i/o –liitännät:
IP ja Hybrid: loogiset 256/256
• Mirasys-ohjelmistot: Enterprise
• Mirasys-ohjelmisto-optiot Carbon: Kyllä
• Raid:
raid-ohjain PERC H310
Øvuorotellen kirjoittava – vakiona
ØRaid1 – peilaava -tilauksen yhteydessä. Nettotila pienenee puoleen
ØRaid5 – tilauksen yhteydessä. Nettotila pienenee tällöin 2TB (4TB) tai 3TB (6TB)
• Dell on site takuu: 3 vuotta, seuraava työpäivä ma-pe
• Virtalähde: 495W, redundantti, hot plug
• Mitat (L x S x K); 434 x 649,1 x 86,8
Ø2U
Ølisäksi etuylitys 35mm ja kokonaisleveys 482,4

Liite 7. Axis Q7404 tekniset ominaisuudet

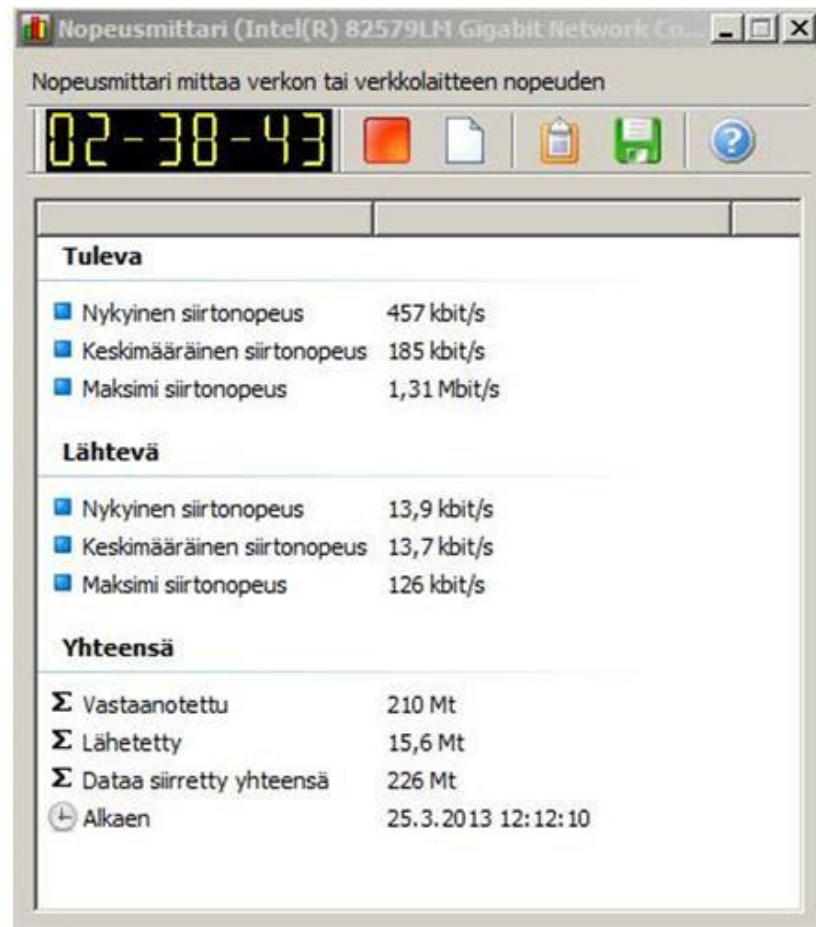
AXIS Q7404 Technical specifications
Video compression
• H.264
• Motion JPEG
Resolutions
• NTSC: 720x480 to 176x120
• PAL: 720x576 to 176x144
Frame rate H.264 / MJPEG
• 30/25 (NTSC/PAL) fps in all resolutions
Video streaming
• Multiple, individually configurable streams per channel in H.264 and/or Motion JPEG:
• 3 simultaneous streams in max resolution at 30/25 fps from each channel; more streams if identical or limited in frame rate/resolution
• Controllable frame rate and bandwidth
• VBR/CBR H.264
Image settings
• Compression, color, brightness, contrast
• Rotation: 90°, 180°, 270°
• Aspect ratio correction
• Mirroring of images
• Text and image overlay
• Privacy mask
• Enhanced deinterlace filter
Pan/Tilt/Zoom
• Wide range of analog PTZ cameras supported (drivers available for download at www.axis.com)
• 100 presets/camera, guard tour, PTZ control queue
• Supports Windows compatible joysticks
Users
• 20 simultaneous viewers
Audio streaming
• Two way, full-duplex available on channel 1
Audio compression
• AAC-LC 8 kHz 32 kbit/s, 16 kHz 64 kbit/s
• G.711 μ -law PCM 64 kbit/s 8 kHz
• G.726 ADPCM 32 or 24 kbit/s 8 kHz
• Configurable bit rate
Audio input/output
• External microphone input or line input
• Line level output
Security

<ul style="list-style-type: none"> • Password protection, IP address filtering, HTTPS encryption, IEEE 802.1X network access control, digest authentication, user access log
Supported protocols
<ul style="list-style-type: none"> • IPv4/v6, HTTP, HTTPS*, SSL/TLS*, IEEE 802.1x*, QoS layer 3 DiffServ, FTP, SMTP, Bonjour, UPnP, SNMPv1/v2c/v3(MIB-II), DNS, DynDNS, NTP, RTSP, RTP, TCP, UDP, IGMP, RTCP, ICMP, DHCP, ARP, SOCKS
*This product includes software developed by the Open SSL Project for use in the Open SSL Tool kit (www.openssl.org)
Application Programming Interface
<ul style="list-style-type: none"> • Open API for software integration, including VAPIX® from Axis Communications*, AXIS Media Control SDK*, event trigger data in video stream
<ul style="list-style-type: none"> • Quality of Service (QoS) layer 3, DiffServ Model
<ul style="list-style-type: none"> • Embedded Linux operating system
<ul style="list-style-type: none"> • ONVIF, specifications available at www.onvif.org
<ul style="list-style-type: none"> • Support for AXIS Video Hosting System (AVHS) with One-Click Camera connection
*Available at www.axis.com
Intelligent video
<ul style="list-style-type: none"> • Video motion detection, active tampering alarm, audio detection
Alarm triggers
<ul style="list-style-type: none"> • Intelligent video, external inputs, video loss
Alarm events
<ul style="list-style-type: none"> • File upload via FTP, HTTP and email
<ul style="list-style-type: none"> • Notification via email, HTTP and TCP
<ul style="list-style-type: none"> • PTZ preset
<ul style="list-style-type: none"> • External output activation
Video buffer
<ul style="list-style-type: none"> • 64 MB pre- and post-alarm
Video access from web browser
<ul style="list-style-type: none"> • Camera live view
<ul style="list-style-type: none"> • Video recording to file (ASF)
<ul style="list-style-type: none"> • Customizable HTML pages
<ul style="list-style-type: none"> • Windows 7, Windows Vista, XP, 2000, 2003 server
<ul style="list-style-type: none"> • DirectX 9c or higher
For other operating systems and browsers see www.axis.com/techsup
Casing
<ul style="list-style-type: none"> • Metal casing. Standalone or wall mount
Processor and memory
<ul style="list-style-type: none"> • 4x ARTPEC-3
<ul style="list-style-type: none"> • 4x 128 MB RAM,
<ul style="list-style-type: none"> • 4x 128 MB Flash
<ul style="list-style-type: none"> • Battery backed-up real-time clock
Power
<ul style="list-style-type: none"> • 8-20 V DC, max. 16.1W
Connectors
<ul style="list-style-type: none"> • 4 analog composite video BNC input, NTSC/PAL auto-sensing
<ul style="list-style-type: none"> • RJ-45 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T
<ul style="list-style-type: none"> • DC terminal block: power in 8-20 V DC, max. 16.1W

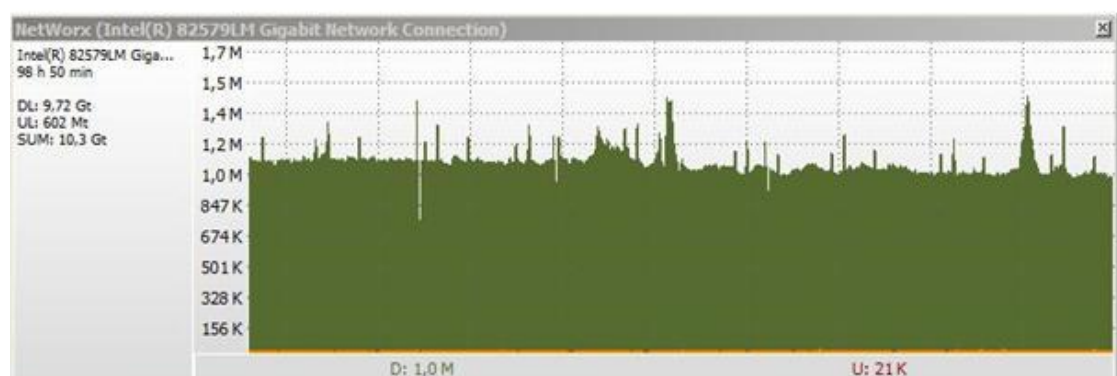
• I/O terminal block for two configurable inputs/outputs per channel
• 3.5 mm mic/line in, 3.5 mm line out on channel 1
• RS-485/RS-422 on all channels
Operating conditions
• 0-45 °C (32-113 °F)
• Humidity 20-80% RH (non-condensing)
Approvals
• EN 55022 Class B, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 55024,
• EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, FCC Part 15 Subpart B Class B,
• ICES-003 Class B, VCCI Class B, C-tick AS/NZS CISPR 22,
• EN 60950-1
• Power supply PS-P: EN 60950-1, CSA, C/US
Dimensions (HxWxD)
• 35 x151 x 184/194 mm (1.4" x 5.9" x 7.2/7.6") including/excluding connectors
Weight
• 796 g (1.7 lb) (power supply not included)
Included accessories
• Power supply, mounting and connector kits, Installation Guide,
• CD with installation and management tools, software and User's Manual
• 4 Windows decoder user licenses

Liite 8. Nopeusmittari ja graafi

NOPEUSMITTARI



GRAAFI



Liite 9. Käyttöraportti

NetWorx Keskinopeudet tunneittain						
Ajankohta	Aika	DL Nopeus	Kuvatahti/s	Resoluutio	Liiketunnistus	Kuvan laatu
28.3.2013	12:00 - 12:59	406 kbit/s	4	4CIF	On	50 %
28.3.2013	11:00 - 11:59	251 kbit/s	4	4CIF	On	50 %
28.3.2013	10:00 - 10:59	262 kbit/s	4	4CIF	On	50 %
28.3.2013	9:00 - 9:59	390 kbit/s	4	4CIF	On	50 %
28.3.2013	7:00 - 7:59	183 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
28.3.2013	6:00 - 6:59	154 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
28.3.2013	5:00 - 5:59	147 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
28.3.2013	4:00 - 4:59	142 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
28.3.2013	3:00 - 3:59	139 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
28.3.2013	2:00 - 2:59	136 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
28.3.2013	1:00 - 1:59	135 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
28.3.2013	0:00 - 0:59	152 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
27.3.2013	23:00 - 23:59	136 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
27.3.2013	22:00 - 22:59	137 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
27.3.2013	21:00 - 21:59	135 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
27.3.2013	20:00 - 20:59	144 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
27.3.2013	19:00 - 19:59	143 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
27.3.2013	18:00 - 18:59	141 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
27.3.2013	17:00 - 17:59	146 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
27.3.2013	16:00 - 16:59	166 kbit/s	2	2CIF	On	30 %
27.3.2013	14:00 - 14:59	299 kbit/s	2	4CIF	On	50 %
27.3.2013	13:00 - 13:59	274 kbit/s	2	4CIF	On	50 %
27.3.2013	12:00 - 12:59	274 kbit/s	2	4CIF	On	50 %
27.3.2013	11:00 - 11:59	221 kbit/s	2	4CIF	On	50 %
27.3.2013	10:00 - 10:59	242 kbit/s	2	4CIF	On	50 %
27.3.2013	8:00 - 8:59	238 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
27.3.2013	7:00 - 7:59	259 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
27.3.2013	6:00 - 6:59	159 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
27.3.2013	5:00 - 5:59	144 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
27.3.2013	4:00 - 4:59	135 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
27.3.2013	3:00 - 3:59	136 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
27.3.2013	2:00 - 2:59	135 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
27.3.2013	1:00 - 1:59	135 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
27.3.2013	0:00 - 0:59	135 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
26.3.2013	23:00 - 23:59	135 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
26.3.2013	22:00 - 22:59	135 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
26.3.2013	21:00 - 21:59	135 kbit/s	4	2CIF	On	50 %

26.3.2013	20:00 - 20:59	135 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
26.3.2013	19:00 - 19:59	146 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
26.3.2013	18:00 - 18:59	149 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
26.3.2013	17:00 - 17:59	157 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
26.3.2013	16:00 - 16:59	203 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
26.3.2013	15:00 - 15:59	225 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
26.3.2013	14:00 - 14:59	202 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
26.3.2013	13:00 - 13:59	343 kbit/s	4	2CIF	On	50 %
26.3.2013	11:00 - 11:59	916 kbit/s	4	4CIF	Off	30 %
26.3.2013	10:00 - 10:59	926 kbit/s	4	4CIF	Off	30 %
26.3.2013	9:00 - 9:59	955 kbit/s	4	4CIF	Off	30 %
26.3.2013	8:00 - 8:59	1,05 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %
26.3.2013	7:00 - 7:59	1,04 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %
26.3.2013	6:00 - 6:59	1,00 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %
26.3.2013	5:00 - 5:59	1,27 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %
26.3.2013	4:00 - 4:59	1,53 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %
26.3.2013	3:00 - 3:59	1,54 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %
26.3.2013	2:00 - 2:59	1,53 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %
26.3.2013	1:00 - 1:59	1,54 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %
26.3.2013	0:00 - 0:59	1,54 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %
25.3.2013	23:00 - 23:59	1,54 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %
25.3.2013	22:00 - 22:59	1,45 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %
25.3.2013	21:00 - 21:59	1,54 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %
25.3.2013	20:00 - 20:59	1,54 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %
25.3.2013	19:00 - 19:59	1,40 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %
25.3.2013	18:00 - 18:59	987 kbit/s	4	4CIF	Off	50 %
25.3.2013	17:00 - 17:59	968 kbit/s	4	4CIF	Off	50 %
25.3.2013	16:00 - 16:59	1,05 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %
25.3.2013	15:00 - 15:59	1,04 Mbit/s	4	4CIF	Off	50 %

Liite 10. Uusi järjestelmä

Uuden kokonaisratkaisun hyvät puolet ovat seuraavat:

- Kokonaisuuden hallinta on helpompaa kuin vanhassa järjestelmässä
- Tallentimilla on yhteinen etäkäyttäjähallinta.
- Etäkäyttäjähallinta seuraa henkilöstön todellista tilaa.
- Tallentimien etäkäyttö voidaan tehdä verkon välityksellä.
- Ohjelmistopäivitysten teko ja etäkatseluohjelmien asennus on helppoa.
- Yksittäisen IP-kameran tai videopalvelimen vikaantuminen ei vaikuta muiden toimintaan vs. tallentimen vikaantuminen.
- Tallentimien lukumäärä pienenee huomattavasti.
- Tallentimien ylläpito ja huolto helpottuu.
- Tallentimien kapasiteetti ja hyödyntäminen tulee 100%:een käyttöön.
- Tallentimille tulee kunnollinen toimintaympäristö. Tallentimien vikaantuminen vähenee.
- Järjestelmien toimintakunnon seuraaminen on helppoa ja keskitettyä.
- Mobiilikäyttö mahdollistuu.
- Yksittäisen etäkatselupisteen teko on helppoa.
- Uusia älykkäitä ominaisuuksia voidaan hyödyntää.
- Ei tarvitse rakentaa erillisiä LAN-verkkoja kameroita varten.
- Kameroiden lisääminen on helppoa, tarvitaan vain verkkopiste.
- Järjestelmiä voidaan kokonaisuudessaan hyödyntää tehokkaammin.
- On mahdollista ottaa käyttöön uusia palveluita kuten esimerkiksi etävalvonta.

Uuden kokonaisratkaisun huonot puolet seuraavasti:

- Kuormittaa lähiverkon WAN-liittymiä.

- Jyväskylän kaupungin verkon toimintahäiriöt vaikuttavat järjestelmien toimintaan häiritsevästi.
- Lisää lähiverkon hallinta- ja ylläpitotyötä.
- Verkkokapasiteetista johtuen kuvatahtia ja resoluutiota joudutaan usein rajoittamaan.
- Ei sovi kaikkiin kohteisiin johtuen verkon puuttumisesta tai liian pienestä verkkokapasiteetista.