

# **VERKKOKAMERAT OSANA NYKYAIKAISTA VIDEOVALVONTAA**

Videovalvontajärjestelmän toiminnasta ja tietoliikenteestä

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tietotekniikka  
Tietoliikenne  
Opinnäytetyö  
Kevät 2008  
Jari Salonen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Tekniikanlaitos  
Tietotekniikan koulutusohjelma

SALONEN JARI: Verkkokamerat osana nykyaikaista videovalvontaa.

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 64 sivua

Kevät 2008

## TIIVISTELMÄ

---

Erilaiset videovalvontajärjestelmät ovat kiinteä osa nykyaikaista turvatekniikkaa. Videokamerajärjestelmiä käytetään turvallisuusvalvontaan kiinteistöissä ja julkisilla alueilla, prosessiteollisuudessa tuotannon valvontaan, liikenne- ja kelivalvontaan ja lukuisiin muihin tarkoituksiin mitä moninaisimmissa yhteyksissä. Perinteisistä analogisista videovalvontajärjestelmistä ollaan siirtymässä kohti kehittyneempiä digitaalisia järjestelmiä, joissa kuvainformaation siirto tapahtuu erilaisia tietoverkkoratkaisuja hyväksikäyttäen.

Digitaalisissa valvontakameroissa kuvan tuottamiseen käytetään yleisesti valolle herkkiä CCD- ja CMOS -tyyppisiä kennoratkaisuja, joiden ominaisuudet ja laatu ovat tärkeitä osatekijöitä valvontajärjestelmässä. Ip -verkkokameroita käyttävässä valvontajärjestelmissä kuvainformaatio siirretään kameroilta edelleen eteenpäin erilaisia tietoverkkoratkaisuja hyväksikäyttäen, usein valvontajärjestelmien runko on rakennettu ethernet -tekniikan päälle. Tietoliikenteen ja vaadittavan tallennuskapasiteetin rajaamiseksi käytetään erilaisia menetelmiä kuten kuvakoon pienentämistä, kuvanopeuden rajaamista sekä erilaisia kuvan pakkausmenetelmiä

Suoritetuissa verkkoliikenteen mittauksissa tutkittiin neljän eri Ip -kameran aiheuttamaa verkkoliikennettä ja erityisellä testitaulumenetelmällä arvioitiin tallennettavan kuvan kuvanlaatua erilaisilla kameran pakkaukseen ja kuvanopeuteen vaikuttavilla asetuksilla

Tutkimuksen mukaan johtopäätöksenä voi sanoa verkkokameroiden soveltuvan hyvin osaksi nykyaikaista videovalvontajärjestelmää. Verkkokameroilla on mahdollista saada riittävän hyvälaatuista valvontakuvaa kohtuullisella verkkoliikenteellä ethernet -verkossa.

Avainsanat: ip -kamera, verkkokamera, videovalvonta, tietoliikenne, CCTV

Lahti University of Applied Sciences  
Faculty of Technology  
Degree Programme in Information Technology

SALONEN JARI: Network Cameras as a part of Modern Video Surveillance.

Bachelor's Thesis in Telecommunications Technology, 64 pages

Spring 2008

## ABSTRACT

---

The objective of this thesis was to study the technology used in network based video surveillance systems and assess the usability of network cameras as part of modern surveillance system.

Video surveillance systems are a fixed part of modern safety engineering. Video camera systems are used as a part of security surveillance in buildings and public areas, in industrial production monitoring and for many other purposes in multiple connections. We are moving from traditional analogue surveillance systems to advanced digital systems.

Digital surveillance cameras use commonly light sensitive CCD and CMOS chips as an imaging device. The features and the quality of these chips are important factors for a surveillance system. In surveillance systems that are based on network cameras picture information is transferred over different network solutions. Most commonly the skeletal structure of a surveillance system has been built on an ethernet network technology. To limit the data streaming rate and the needed storage capacity there are several methods, such as decreasing the picture size, reducing the frame rate and the use of different picture and video compressions.

The purpose of the practical part of this thesis was to study the network traffic caused by four different network cameras. Network data streaming was monitored while adjusting camera compression, data streaming and frame rate settings. Simultaneously, the picture quality was assessed with a specific test picture method. As a result of the study, it seems that network cameras suit fine as a part of a modern video surveillance system. With network cameras, it is possible to receive a sufficient surveillance picture quality with appropriate network traffic inside an ethernet network.

Keywords: Network camera, video surveillance, network traffic, CCTV

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	VIDEOVALVONTAJÄRJESTELMÄT	3
	2.1 Yleistä	3
	2.2 Analoginen järjestelmä	4
3	IP -KAMERAN TOIMINTA	7
	3.1 Valo havaittavana mitattavana ilmiönä	7
	3.2 Kuvan lukeminen	8
	3.3 Väriavaruudet	9
	3.3.1 RGB	10
	3.3.2 YUV, YIQ, YCbCr	11
	3.4 Kuvakennot	11
	3.4.1 CCD	12
	3.4.2 CMOS	14
	3.5 A/D -muunnos	15
	3.6 Resoluutio ja kuvakoko	16
	3.7 Kuvan pakkauksesta	17
	3.7.1 Häviötön ja häviöllinen pakkaus	19
	3.7.2 Tapoja videokuvan pienentämiseen	19
	3.7.3 Videovalvonnassa käytettäviä pakkaustekniikoita	20
	3.7.4 Diskreettikosinimuunnos	26
	3.7.5 Huffman -koodaus	27
	3.8 Power over Ethernet	27
	3.9 Tallennuksesta	29
4	TCP/IP -ETHERNET	30
	4.1 TCP/IP - protokolla	30
	4.2 TCP/IP -protokollan toiminta	31
	4.3 TCP/IP -mallin kerrosten tehtävät	33
	4.4 Tiedon kulku TCP/IP -kerroksissa	34
	4.5 IP -protokolla	36

4.5.1 IP -otsikon kentät	37
4.5.2 IP -osoitteet (ipV4)	39
4.6 TCP -protokolla	40
4.7 Ethernet	42
4.7.1 10 Mb/s Ethernet	42
4.7.2 Fast Ethernet	43
4.7.3 Gigabit Ethernet	43
4.7.4 10 Gigabit (Gb) Ethernet	44
4.7.5 Wireless Ethernet	44
5 TUTKIMUKSET	46
5.1 Tutkimusjärjestelyt	47
5.2 Testitulumenetelmä	47
5.3 Testauksessa käytetyt laitteet	51
5.4 Tallennin	55
6 TULOKSET	57
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	60
LÄHTEET	63

## LYHENNELUETTELO

A/D	Analog/Digital, Analoginen – digitaalinen kirjainyhdistelmää käytetään esimerkiksi muunnettaessa analogista signaalia digitaalseksi.
API	Application programming interface, ohjelmointirajapinta on käyttöliittymä, jolla eri ohjelmat voivat tehdä pyyntöjä ja vaihtaa tietoja eli keskustella keskenään.
ARP	Address Resolution Protocol, on tietoverkoissa käytettävä protokolla, joka selvittää IP -osoitetta vastaavan Ethernet- eli MAC-osoitteen.
Bitti	Binary Digit, Pienin tiedon esitystapa, bitin arvo voi olla 0 tai 1.
CCD	Charge Coupled Device, kuvan tuottamiseen käytettävä valolle herkkä kenno, jota käytetään yleisesti videovalvontakameroissa ja monissa muissakin digitaalikameroissa.
CCTV	Closed Circuit Television, yleisesti videovalvontatekniikassa käytettävä suljettu kamerajärjestelmä, jossa kuvasignaalia ei lähetetä avoimesti vaan vain tietyille järjestelmään kuuluville laitteille.
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection, on tietoliikenteen siirtotien varausmenetelmä, jolla useat lähettävät tietokoneet tai laitteet jakavat samaa siirtotietä. CSMA/CD on perinteinen lähiverkkojen tapa jakaa verkko käyttäjien kesken.
CIF	Kuvakoko 352x288.
CMYK	Tulostus- ja painotekniikassa käytettävä väriavaruus.

CMOS	Complementary Metal-Oxide-Silicon, kuvan tuottamiseen käytetty valolle herkkä kennotyyppi.
CODEC	Videokuvan pakkaamiseen ja purkamiseen käytetään kodekkeja, videokuvan katselemiseksi on laitteella oltava asennettuna kodekki, jolla kuva on pakattu.
DCT	Discrete Cosine Transform, diskreetti kosinimuunnos on häviöllinen algoritmi, jonka avulla esimerkiksi videokuvasta voidaan karsia ylimääräistä informaatiota.
DNS	Domain Name System, on Internetin nimipalvelujärjestelmä, joka muuntaa helpommin muistettavia nimiä IP-osoitteiksi.
DVR	Digital Video Recorder, kameravalvontajärjestelmissä käytettävä digitaalinen tallennin.
FTP	File Transfer Protocol on TCP-protokollaa käyttävä tiedostonsiirto menetelmä kahden tietokoneen välille. FTP-yhteys toimii asiakas-palvelin -periaatteella. Normaalisti asiakas (client) ottaa yhteyttä palvelimeen (host tai server), joka tarjoaa tiedonsiirtopalvelun.
GIF	Graphics Interchange Format, valokuvan tallennusmuoto.
GOP	Group Of Pictures, videokuvan pakkaamisessa käytettävä peräkkäisten kuvien ryhmä, jonka avulla saadaan aikaiseksi tehokas videokuvan pakkaus.
HDTV	High Definition Television, nimitystä käytetään SDTV:tä seuraavan sukupolven televisiotekniikasta, joka tunnetaan myös nimellä teräväpiirtotelevisio, jossa kuvakoot ovat minimissään 720p (1280 x 720 pikseliä) ja maksimissaan 1080i ja 1080p (1920 x 1080 pikseliä).

H.264	H.264 on videokuvan pakkausstandardi, joka tunnetaan myös nimillä MPEG-4 part 10 ja MPEG-4 AVC.
ICMP	Internet Control Message Protocol, on TCP/IP -pinon kontrolliprotokolla, jolla lähetetään nopeasti viestejä koneesta toiseen
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, on kansainvälinen tekniikan alan järjestö. Sen toiminnan piiriin kuuluu julkaisu toiminta, koulutuksen edistäminen sekä monien alan keskeisten standardien määrittely.
IP	Internet Protocol, on OSI – mallin verkkokerroksen protokolla, joka huolehtii IP- tietoliikennepakettien perille kuljettamisesta Internet - verkossa.
ITU	International Telecommunication Union, Kansainvälinen televiestintäliitto on YK:n alainen televiestintäverkkoja ja -palveluja kansainvälisesti koordinoiva järjestö. ITU:n päätehtäviä ovat standardointi, radiotaajuuksien jakaminen ja puhelinverkkojen yhteys käytäntöjen organisointi eri maiden välillä.
JPEG	Joint Photographic Experts Group, on häviöllistä pakkausta käyttävä valokuvien tallennusformaatti.
LAN	Local Area Network, on rajoitetulla maantieteellisellä alueella toimiva tietoliikenneverkko. Esimerkiksi yksittäisen yrityksen yhden toimipisteen verkko. Lähiverkon tiedonsiirtonopeus on useimmiten 10–1 000 megabittiä sekunnissa.
LCD	Liquid Crystal Display, nestekidenäyttö on ohut ja kevyt näyttölaite, jossa ei ole liikkuvia osia. Näyttö koostuu sähköisesti ohjatusta valoa polarisoivasta nesteestä.



MAN	Metropolitan Area Network on laajempi esimerkiksi yhden tai useamman kaupungin alueella toimiva tietoliikenneverkko, joka muodostuu useasta lähiverkosta. Kaupunkiverkoissa käytetään usein runkona 1-10 Gbit/s ethernet- tai valokuituyhteyksiä.
MPEG	Motion Picture Experts Group, on ryhmä, joka suunnittelee nykyaikaisia videonpakkaustapoja ja standardointeja niihin. MPEG-työn tuloksia käytetään mm. tietokoneissa, DVD-soittimissa, digi-tv:ssä ja videovalvontatekniikassa. MPEG jakautuu viiteen eri standardiin, jotka ovat MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, MPEG-7 ja MPEG-21.
OSI	Open Systems Interconnection Reference Model kuvaa tiedonsiirto protokollien yhdistelmän seitsemää kerrosta. Kukin kerroksista käyttää yhtä alemman kerroksen palveluja ja tarjoaa palveluja yhtä kerrosta ylemmäs. OSI-malli on kehitetty 1980-luvun alussa.
PAL	Phase Alternate Line, on laajasti käytössä oleva analogisen videokuvan värijärjestelmä ja koodausmenetelmä. PAL -järjestelmässä TV:n kuva on määrätty 720 x 576 resoluutioon lomitetulla 50:llä ruudulla per sekunti. PAL järjestelmän kuvasuhde on 4:3.
PNG	Portable Network Graphics, valokuvan tallennus/ pakkausmuoto.
PPI	Pixels Per Inch, kuvantoistolaitteen tarkkuutta eli erottelukykyä kuvaava termi jonka yksikkö on pikseliä (kuvapistettä) pituusyksikköä kohti.
PTZ	Pan Tilt Zoom, yleisnimitys kauko-ohjattavalle kameralle – kameraa voidaan kääntää sekä vaaka että pystysuunnassa ja zoomata.
PIXEL	Pikseli, bittikarttagrafiikassa käytettävä kuva-alkio, kuvapiste.

PoE	Power over Ethernet, on tekniikka, jonka avulla lähiverkossa oleville tekniikka hyödyntäville laitteille voidaan syöttää käyttöjännite samassa kaapelissa dataliikenteen kanssa.
RARP	Reverse Address Resolution Protocol, on protokolla, joka selvittää fyysistä osoitetta (esim. Ethernet- eli MAC-osoitetta) vastaavan loogisen osoitteen (esim. IP-osoitteen).
RGB	Värimalli tai väriavaruus, jossa eri värejä muodostetaan yhdistelmällä punaisen ( R ), vihreän ( G ) ja sinisen ( B ) värejä valonlähteitä
RTP	Real - time Transport Protocol ,on tietoliikenneprotokolla tosiaikaisen datan, kuten äänen ja kuvan siirtoon pakettiverkoissa.
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol, on TCP-pohjainen protokolla, jota käytetään sähköpostiviestien välittämiseen lähettäjän postiohjelmasta postipalvelimen kautta vastaanottajan postipalvelimelle.
SNMP	Simple Network Management Protocol, on TCP/IP -verkkojen hallinnassa käytettävä tietoliikenneprotokolla. Protokollan avulla voidaan kysellä verkossa olevan laitteen tilaa tai laite voi itsenäisesti antaa hälytyksiä.
SDH	Synchronous Digital Hierarchy, on siirtoverkoissa käytetty standardi synkronoituun tiedonsiirtoon, jossa kaikki laitteet on tahdistettu samaan aikaan. USA:ssa vastaavan tekniikan nimi on SONET (Synchronous Optical Network).
SVK	Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto, nykyinen Finanssialan Keskusliitto.

TCP	Transmission Control Protocol, on tietoliikenneprotokolla, jolla luodaan yhteyksiä internettiin kytkettyjen tietokoneiden välille. TCP -yhteyksien avulla tietokoneet voivat lähettää toisilleen tietoja luotettavasti. Suurin osa Internetin liikenteestä perustuu TCP-protokollaan.
TIFF	Tagged Image File Format, valokuvan pakkaus/tallennusmuoto.
TFT	Thin Film Transistor, on ohutkalvotransistori, jota käytetään erityisesti nestekidenäyttöissä. Siinä ohutkalvoja kasvattamalla luodulla kalvorakenteella saadaan aikaan puolijohde kiinteälle pinnalle.
TVL	Television Line, televisiotekniikassa kuvan muodostamiseen käytettävä juovaväli.
UDP	User Datagram Protocol, on protokolla, jolla sovellus voi lähettää viestejä toiselle tietokoneelle. UDP:ssa ei tietopaketin perillemeno varmisteta. UDP:ta käytetään esimerkiksi DNS-pyyntöjen lähettämiseen ja reaaliaikaisen videon ja äänen välittämiseen.
VHS	Video Home System, on JVC:n kehittämä tallentavien ja toistavien videonauhurilaitteiden tallennusmuodon standardi.
WAN	Wide Area Network, on tiedonsiirtoverkko, joka peittää laajoja maantieteellisiä alueita. WAN-verkko voi yhdistää lähiverkot sekä kaupunkiverkot yhdeksi suureksi verkoksi.
YCbCr	Videosovelluksissa käytettävä värijärjestelmä.
YIQ	Videosovelluksissa käytettävä värijärjestelmä.
YUV	Videosovelluksissa käytettävä värijärjestelmä.

## 1 JOHDANTO

Erilaiset videovalvontajärjestelmät ovat kiinteä osa nykyaikaista turvatekniikkaa. Videokamerajärjestelmiä käytetään turvallisuusvalvontaan kiinteistöissä ja julkisilla alueilla, prosessiteollisuudessa tuotannon valvontaan, liikenne- ja kelivalvontaan ja lukuisiin muihin tarkoituksiin mitä moninaisimmissa yhteyksissä. Perinteisistä analogisista videovalvontajärjestelmistä ollaan siirtymässä kohti yhä kehittyneempiä digitaalisia järjestelmiä, joissa kuvainformaation siirto tapahtuu erilaisia tietoverkkoratkaisuja hyväksikäyttäen.

Samalla, kun valvontajärjestelmissä siirrytään kuvainformaation siirtämiseen tietoverkkojen yli perinteisen analogisen videosignaalin siirtämisen sijaan, kehitetään yhä suorituskykyisempiä valvontakameroita, jolloin siirrettävän informaation määrä kasvaa yhä suuremmaksi. Mikäli esimerkiksi yrityksen tietoverkkoon asennetaan useita ip -kameroita tai megapixel ip -kameroita, saattaa niiden muodostama verkkoliikenne aiheuttaa ongelmia tietoverkon toiminnalle. Ip -pohjaisen videovalvontajärjestelmän suunnittelussa joudutaankin pohtimaan järjestelmän toimintaa useasta eri näkökulmasta. Mikäli valvontajärjestelmä aiotaan liittää osaksi yrityksen olemassa olevaa tietoverkkoa, voidaan asiasta kuvitella olevan hyötyä esim. alhaisempina järjestelmän asennuskuluina järjestelmän kaapelointien ja laiteasennuksien osalta. Toisaalta pitää huomioida olemassa olevan tietoverkon kapasiteetti ja käyttöaste, jotta välttyttäisiin valvontajärjestelmän mahdollisesti aiheuttamalta verkon ylikuormittamiselta tai mahdollisilta aktiivilaitteiden vaihdoilta.

Ip -kameroiden aiheuttamaa verkkoliikennettä on mahdollista säätää ja rajata erilaisilla kameraan tai verkkoon kohdistuvilla säätötoimenpiteillä. Yleensä nämä esimerkiksi kameran ominaisuuksiin sisältyvät säätömahdollisuudet kuitenkin heijastuvat lopputulokseen, eli liikenteen määrää rajattaessa eri konfiguraatioilla, siirrettävän informaation määrä pienenee, mikä on usein suoraan havaittavissa tallenteen tai kuvan laadun huononemisenä. Ip -kamerajärjestelmän tuottamaa kuvanlaatua saatetaankin joutua arviomaan myös kustannustehokkuuden kannalta,

jos todetaan järjestelmän aiheuttaman verkkoliikenteen kasvavan liian suureksi, ja järjestelmän aiheuttaman verkkoliikenteen rajaamisen todetaan heikentävän saatavaa kuvalaatua siten, ettei kuvanlaatu esimerkiksi olisi kilpailukykyinen vastaavaan perinteisellä analogisella laitteistolla tuotettuun kuvaan verrattuna.

Opinnäytetyössä tutustutaan ip –kameroissa ja ip -pohjaisissa valvontajärjestelmissä käytettävään tekniikkaan, tcp/ip -verkon perustoimintaan sekä joihinkin ethernet -verkkotyyppeihin ja mitataan muutamien kameroiden muodostamaa verkkoliikennettä ja kuvanlaatua erilaisilla kamera-asetuksilla. Kuvainformaation siirto kameralta tallentimelle esimerkiksi ethernet –verkon yli rasittaa tietoverkkoa. Opinnäytetyön tavoitteena on käytännössä selvittää kameroiden aiheuttaman verkkoliikenteen määrää erilaisilla kameran kuvanlaatuun ja tietoliikenteen määrään vaikuttavilla asetuksilla ja samalla tutkia kuvalaadun suhdetta aiheutettuun tietoverkkokuormaan ja arvioida tulosten perusteella hyvälaatuisen kuvan vaatimaa verkkokuormitusta ja verkkokameratekniikan soveltuvuutta valvontakäyttöön.

Digitaaliseen kuvansiirtoon siirtyminen ja kameroiden sekä tallennustekniikan kehittyminen on luonut uusia mahdollisuuksia tekniikan hyödyntämiseen ja kehitteillä on erilaisia kuva-analyysimenetelmiä, hahmontunnistamiseen ja konenäköön liittyviä tekniikoita, joilla verkkokameroita voidaan yhä paremmin hyödyntää erilaisissa käyttötarkoituksissa – tässä opinnäytetyössä ei kuitenkaan käsitellä näitä edellä mainittuja tekniikoita.

## 2 VIDEOVALVONTAJÄRJESTELMÄT

### 2.1 Yleistä

Videotekniikan kehittymisen myötä erilaiset sitä käyttävät sovellukset ovat lisääntyneet ja levinneet laajasti eri tekniikan alueille. Yksi videotekniikan sovellusalue ovat erilaiset videovalvontaan käytettävät järjestelmät, jotka ovat valmistuskustannusten laskun myötä tulleet yleiseen ja laajaan käyttöön monilla eri yhteiskunnan sektoreilla ja eri käyttötarkoituksissa. Videovalvontaa käytetään esimerkiksi tila- ja aluevalvontaan, jolloin valvottavana voi olla esimerkiksi yrityksen tai vastaavan varastoalue, toimisto- tai tuotantotilat. Valvonnan tarkoituksena voi olla tavaraliikenteen seuranta tai henkilöliikenteen seuranta luvattoman toiminnan pysäyttämiseksi, ennalta ehkäisemiseksi tai tapahtuneiden asioiden selvittämiseksi jälkikäteen esimerkiksi tallennetusta videomateriaalista. Videovalvontaa on alettu käyttää myös erilaisissa prosessiteollisuuden käyttötarkoituksissa, esimerkiksi tuotantolinjojen ja yksittäisten prosessien valvontaan, jolloin järjestelmällä on mahdollista sekä varmistaa tuotannon toimivuutta että säästää henkilökuluissa. Tekniikan kehittymisen ja laitteiden teknisen suorituskyvyn paranemisen myötä videovalvontatekniikan sovellusalueet ovat lisääntyneet huomasti ja nykyään tekniikkaa käytetään lääketieteellisissä ja mikroskooppisissa tutkimuksissa, teollisessa tutkimuksessa, robotiikassa ja mitä erilaisimmissa muissa sovelluksissa. Myös erilaiset kaukovalvontaa ja langatonta tekniikkaa käyttävät laitteet ovat yleistyneet esimerkiksi internetin kehityksen myötä.

Videovalvontajärjestelmän perusosia ovat kamera, kuvansiirtomedia, tallennin ja näyttölaite (Kuvio 1.). Kamera on järjestelmän perusosa, jolla kohteesta muodostetaan kuvaa edelleen siirrettäväksi. Kameran varustukseen kuuluu joko kiinteä optiikka tai se voi olla varustettu säädettävällä optiikalla, jolloin kuva-alueen rajaaminen on helpompaa. Kamera voi olla myös ohjattava esimerkiksi ns. PTZ- (Pan-Tilt-Zoom) dome-kamera, jolloin sitä voidaan kääntää reaaliaikaisesti erillisellä ohjainlaitteella tai siihen voidaan ohjelmoida aikatauluja tai tapahtumia, joi-

den perusteella kamera kääntyy halutulle valvonta-alueelle automaattisesti. Siirtomediaan on valvontajärjestelmissä perinteisesti yleensä käytetty erilaisia koaksiaalikaapeleita, joilla videosignaali on siirretty kameralta valvomoon. Verkkokameratekniikan yleistyessä kuvaa siirretään myös esimerkiksi yrityksen lähiverkoissa, jolloin käytössä oleva verkkotekniikka myös määrää käytettävän mediatyyppin. Näyttölaitteina videovalvontajärjestelmissä käytetään nykyään yleisimmin normaaleja tietokoneen LCD- (Liquid Crystal Display) ja TFT- (Thin Film Transistor) tekniikkaan perustuvia näyttöjä. Kuvan tallennukseen videovalvontajärjestelmissä käytetään yleisimmin pc (personal computer) palvelintekniikkaan perustuvia laitteistoja, joissa on kuvankaappauskortti ja analogiset videosignaalin sisääntulot kamerasygnaleille. Verkkotekniikkaan perustuvissa tallentimissa kuvainformaatio tuodaan tallentimelle tietoverkkoliityntöjen kautta. Kuvamateriaali tallennetaan koneen kiintolevyille. Tallentimissa on yleensä monia eri säädettäviä toimintoja tietojen tallentamiseen ja niiden etsimiseen.

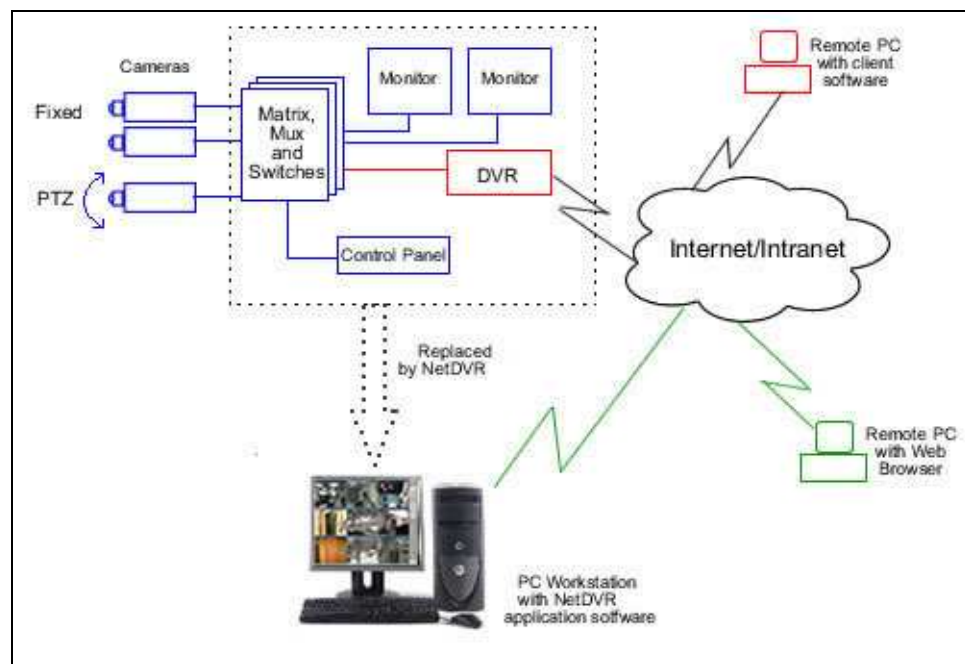


KUVIO 1. Videovalvontajärjestelmän laitteita (Dasys)

## 2.2 Analoginen järjestelmä

Analogisella järjestelmällä tarkoitetaan analogista tekniikkaa käyttävää, kameroista, vaihtajista, kuvanjakajista, multipleksereistä, nauhureista, ja monitoreista koostuvaa järjestelmää, jossa kuva siirretään kameralta tallentimelle ja monitorille ana-

logisena PAL (Phase Alternate Line) –signaalina esimerkiksi koaksiaalikaapelissa. Koaksiaalikaapelilla päästään muutamien satojen metrien siirtoetäisyyteen ilman erillisiä vahvistimia. Uusien tekniikoiden ansiosta analogista tiedonsiirtoa käyttävien järjestelmien asentaminen on vähentynyt. Videotallennuksessa on jo siirrytty digitaalisiin tallentimiin ja analogisia VHS -nauhureita ei juuri enää ole käytössä. Analogisten nauhurien sijaan videotallentimina käytetään DVR (Digital Video Recorder)- tyyppisiä tallentimia, joissa on liitännät kameroilta tuleville koaksiaalikaapeleille ja analoginen videosaati muutetaan digitaaliseen muotoon erityisillä kuvankaappauskortteilla tai vastaavalla tekniikalla. DVR -tallennin on mahdollista yhdistää lähiverkkoon tai internetiin, jolloin järjestelmää voidaan hallita ja kohdetta valvoa järjestelmän mukaisella etävalvontaohjelmistolla. ( Kuvio 2.)

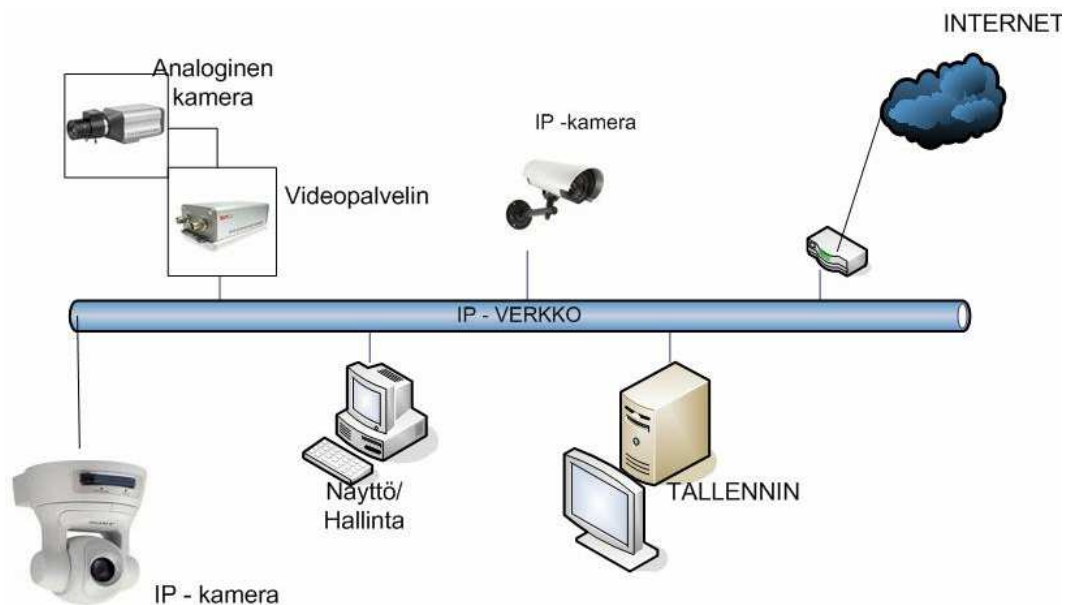


KUVIO 2. Analoginen valvontajärjestelmä (The Evolution of Video Surveillance - from CCTV to IP-Based)



### 2.3 Digitaalinen järjestelmä

Analogisten järjestelmien rinnalle ovat viime vuosien aikana yleistyneet erilaiset digitaaliset valvontajärjestelmät, joissa kuvainformaatio siirretään kameralta tallentimelle tietoverkon yli digitaalisessa muodossa. Kameran on liitetty tietoverkkoon joko suoraan (ip -kamera), tai analogiseen kameraan on voitua liittää videopalvelin, joka muuntaa kameralta tulevan analogisen videosaunan digitaaliseen muotoon ja verkkoon sopivaksi TCP/IP -protokollan mukaiseksi dataliikenteeksi (Kuvio 3.). IP-kamerat muuttavat kuvainformaation digitaaliseen muotoon ja pakkaavat sen yleisesti MPEG4-formaattiin, joka välitetään datapaketteina tallentimelle. Tallentimena käytetään tällöin NVR (Network Video Recorder) –tyyppisiä tallentimia. Parikaapelilla toteutetussa lähiverkossa päästään verkon suorituskyvyn määrittelemään noin 100 metrin siirtoetäisyyteen, luonnollisesti informaatiota voidaan siirtää pidemmälle erilaisten laajempien verkkojen kuten MAN:in (Metropolitan Area Network) ja WAN:in (Wide Area Network) yli, mutta tällöin järjestelmän aiheuttama tietoliikenteen määrä tulee erityisesti huomioida. Verkkoon liitettävät laitteet kuten kamerat, tallentimet ja palvelimet tarvitsevat yksilöllisen ip -osoitteen verkossa. Ip -kameraverkko on mahdollista toteuttaa myös osittain langattomalla tekniikalla.



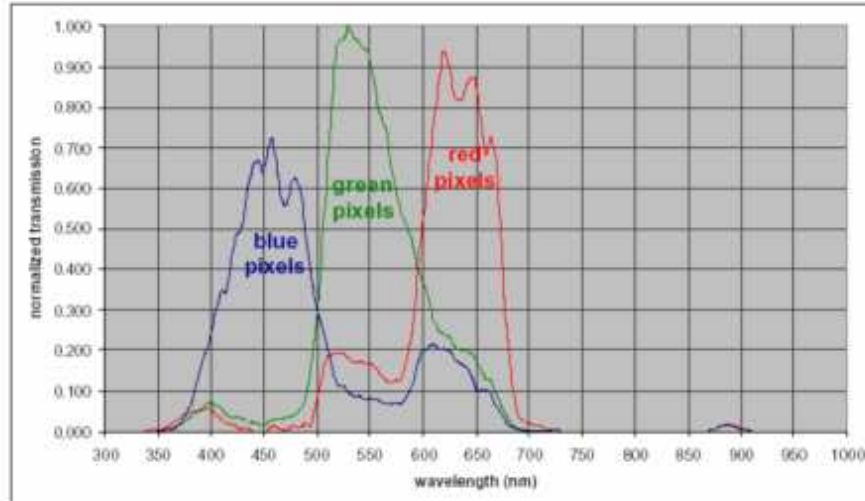
KUVIO 3. Digitaalinen Kameravalvontajärjestelmä

### 3 IP -KAMERAN TOIMINTA

#### 3.1 Valo havaittavana mitattavana ilmiönä

Valvontakameroiden, kuten muidenkin kameroiden, tulee yleensä kyetä muodostamaan kuva näkyvän valon perusteella. Valo on yksi sähkömagneettisen säteilyn muoto. Muita sähkömagneettisen säteilyn lajeja ovat esimerkiksi radioaallot, mikroaallot ja röntgensäteet, jotka eroavat näkyvästä valosta vain eri aallonpituuden perusteella, vaikka niiden olemus on erilainen. Näkyvän valon aallonpituus on 400–750 nm. Valoa voidaan pitää poikittaisena värähdysliikkeenä ja valokvanteista eli fotoneista muodostuvana hiukkassäteilynä. Valon määrä eli fotonien lukumäärä on verrannollinen sen energiaan ja määrittelee valon intensiteetin. (Damjanovski 2005, 28.)

Ihmisen silmän verkkokalvossa on kahdentyypisiä valoreseptoreja, sauvasoluja ja tappisoluja. Tappisoluja on kolmentyyppisiä ja ne ovat herkkiä joko vihreälle, punakeltaiselle tai sinivioletille valolle ja tappisolut muodostavat ihmisen näköaistimukset normaaliolosuhteissa. Tappisolut pystyvät erottamaan yli 150 värisävyä. Muiden värien aistimukset aiheutuvat kahden tai kolmen tappisolutyypin samanaikaisesta ärsytyksestä - yhteissignaaleista. Sinänsä valolla tai esineillä ei ole väriä - ihmisen silmä mittaa eri valon aallonpituuksien voimakkuudet ja muodostaa näiden avulla väriaistimuksen aivoissa. Digitaalisten kameroiden tulee kyetä toimimaan ihmisen silmän havaintoalueen aallonpituuksilla. (Kuvio 4.) (Jokinen 2004, 22.)



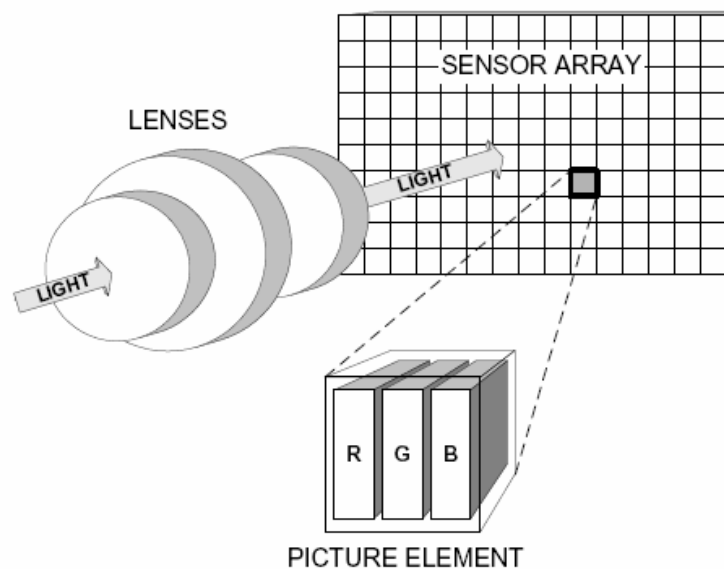
KUVIO 4. Näkyvän valon aallonpituudet (Reulke 2003)

### 3.2 Kuvan lukeminen

Digitalisoinnin ensimmäinen vaihe on kuvan lukeminen sisälle järjestelmään (Kuvio 5.). Kuvan väri syntyy valonlähteestä, heijastuneesta, taittuneesta tai imeytyneestä valosta ja kuvan lukemisessa on kysymys valon mittaamisesta. Sama kuvattava objekti voi saada erilaisissa mittausolosuhteissa, esimerkiksi valonlähteen vaihtuessa, erilaisia mittausarvoja, ja tämä luo omat haasteensa värienhallinnalle. Digitaalinen kuva on yleensä kaksiulotteinen, koska ihminen on oppinut havainnoimaan ympäristöään kaksiulotteisina projektioina - valokuvina. Digitaalinen kuva on havainnoitavaa kohdetta esittävä diskreetti ”näytteiden taulukko”. Näytekuva on yleensä nelikulmainen ja kutakin näytettä kutsutaan pikseliksi, jolla on oma arvonsa tietyllä äärellisellä välillä. Digitaalikuva voidaan esittää  $X \times Y$  pikselin matriisina. Jokainen pikseli esitetään  $n$  - bitin avulla. Esimerkiksi jos  $n = 8$ , pikselillä voi olla  $2$  potenssiin  $n$  (256) erilaista arvoa. Pikseli arvot voivat esittää esimerkiksi näkyvän valon tai infrapunasäteilyn määrää, ja arvot voidaan eri tapauksissa saada erilaisilla laitteilla, yleisimmin kuitenkin digitaalikameralla. Mustavalkokameralla voidaan tallentaa vain kuvan kirkkauden muuttujia ottamatta värikomponenttia huomioon, jolloin saatava kuva on mustavalkoinen. Mustavalkoku-

vat sisältävät normaalisti vaihtelevan määrän harmaasävyjä ja niissä käytetään yhtä kahdeksan bitin tavua pikseliä kohden jolloin saatu harmaasävykuva saa arvon väliltä 0 - 255. (Digitaalisen kuvakäsittelyn perusteet 2003; Damjanovski 2005.)

Värikameroissa kuvan valoisuuden ja värien mittaamiseen käytetään yleensä kolmentyyppisiä tunnistuselementtejä, joista jokainen on herkkä yhdelle päävärille. Tuloksena saatava väri määräytyy päävärien kombinaationa. Kutakin pikseliä kuvataan kolmikolla (r, g, b), missä arvot vaihtelevat välillä [0,255] (24 bittiä pikseliä kohden). (Tarkoma 2003.)



KUVIO 5. Kuvan lukeminen digitaalikameralla

### 3.3 Väriavaruudet

Digitaalisten kuvien yhteydessä puhutaan bittien (nollat ja ykköset) tai edelleen kahdeksan bitin yhdistelmien eli tavujen muodostamasta informaatiosta, jolla voidaan esittää kuvan ominaisuudet kuten väri. Periaatteessa James Maxwellin jo 1800 -luvulla tekemä havainto, että kaikki värit voidaan tuottaa kolmen päävärin summana (Red, Green and Blue) vaikuttaa varsin yksinkertaiselta. Kuitenkin tähän tarkoitukseen on kehitetty kymmeniä erilaisia menetelmiä.

Erilaiset värijärjestelmät pyrkivät kompensoimaan ja antamaan vastauksia erilaisiin ongelmiin. Tällaisia ”ongelmia” ovat muun muassa ihmisen näköaistin ”epätasaisuus” eli ihminen ei havaitse kaikkia aallonpituuksia yhtä hyvin ja yksilölliset erot voivat olla suuret. Sama väriskaala voidaan myös luoda lukemattomalla määrällä eri tavoin määriteltyjä päävärejä, lisäksi käytettävällä toistolaitteella aikaansaatava väriskaala ja kontrasti ovat huomattavasti olemassa olevaa reaali maailman skaalaa suppeampia. Usein kuva joudutaan myös muuntamaan väriavaruudesta toiseen, esimerkiksi kuvaa tallennettaessa saatetaan käyttää RGB –avaruutta, mutta kuvaa tulostettaessa käytetäänkin esimerkiksi RGB –väriavaruutta suppeampaa CMYK –avaruutta käyttävää laitetta, jolloin informaatiota sekä menetetään, että se saattaa hieman muuttua. (Jokinen 2004, 36.)

### 3.3.1 RGB

RGB lienee tunnetuin käytössä olevista värijärjestelmistä. Punaista, vihreää ja sinistä pääväriä sekoittamalla saadaan additiivinen järjestelmä, jolla voidaan luoda suurin mahdollinen kolmen värin sekoituksesta syntyvä värimäärä. RGB -järjestelmässä jokainen värikomponentti R, G ja B määritellään yleensä kahdeksan bittisellä arvolla, jonka vastaava numero arvo on väliltä 0 – 255. Komponenttien tulona saadaan 16,7 miljoonaa eri väri vaihtoehtoa, ja tällöin puhutaan niin kutsutusta 24 –bittisestä väriavaruudesta (True color –värimäärä). Järjestelmässä on toki mahdollistaa käyttää myös suurempia bittimääriä (esimerkiksi 10 tai 12) komponenttia kohti. (Tarkoma 2003, 30.)

Lähtökohtaisesti RGP –väriavaruus ei ole ollut laitteistosta riippumatonta, vaan värisignaalin luoma näköhavainto on ollut riippuvainen sekä oletetuista värikomponenteista, että eri laitteiden tuottamista erilaisista sävyversioista, jolloin tietty RGB väriarvo ei välttämättä ole tarkoittanut absoluuttisesti samaa värisävyä. Tietynlaista laitteistoriippumattomuutta on kuitenkin saavutettu standardoinnin kautta, ja esimerkiksi monitorien värintoistoa määrittävällä rec.709 –standardilla on saatu aikaan laitteistoriippumattomuutta, jolloin standardia noudattavien laitteiden välillä tiedon tulisi säilyä muuttumattomana. ( Jokinen 2004, 33. )

### 3.3.2 YUV, YIQ, YCbCr

YUV, YIQ ja YCbCr ovat videosovelluksissa käytettäviä värijärjestelmiä, jotka toimivat samalla peruseriaatteella. Kaikki nämä järjestelmät on jaettu yhteen valoisuus (luma Y) ja kahteen värikanavaan (kroma C). Värikanavassa kulkeva informaatio lasketaan RGB –syötteestä erityisten muunnosyhtälöiden avulla. Valoisuus muodostuu gammakorjattujen R, G ja B –elementtien summasta, jotka on kaikki kerrottu erityisellä lumakertoimella. Signaalin jakamisella komponentteihin voidaan yksinkertaistaa sen edelleen käsittelyä, ja saada tiettyjä etuja kuvaa kompressoitessa. Pelkästään signaalin Y –elementti toistamalla saadaan kuvasta mustavalkoversio ja kuvan valoisuutta voidaan säätää Y –elementtiä muokkaamalla. Jättämällä valoisuuskomponenttiin enemmän informaatiota kuin värikomponentteihin ja pakkaamalla värisignaalit erillään valoisuudesta, on mahdollista saavuttaa parempia kompressiotuloksia. Esimerkiksi JPEG –kuvissa käytetään YCbCr väriavaruutta. YUV –väriavaruus on käytössä komposiittivideon välittämiseen. Komposiittivideossa kuvainformaatio on pakattu yhteen signaaliin, joka välitetään useimmiten yhdellä johtimella. (Jokinen 2004, 34.)

### 3.4 Kuvakennot

Videovalvontakameroissa kuten monissa muissakin digitaalikameroissa käytetään kuvan tuottamiseen valolle herkkiä kennoja. Kennon ominaisuudet ja laatu ovat yksi määräävää tekijä koko kameravalvontajärjestelmässä, sillä huonolaatuisen kennon tuottama heikkolaatuinen kuva aiheuttaa laadun edelleen heikkenemistä kuvaa eteenpäin prosessoitaessa. Kennot muodostuvat eri pääväreille – punainen, vihreä ja sininen - herkistä elementeistä, jotka muodostavat yhdessä tiheän mosaiikin, jossa vihreän elementtejä on yleensä yhtä paljon kuin punaisen ja sinisen yhteensä, koska suurin osa ihmisen havaintokyvylle tärkeästä informaatiosta sijoittuu vihreän komponentin alueella. Kennot voivat muodostua vierekkäisen mosaiikkirakenteen ohella myös päällekkäisestä kerrosrakenteesta. Nämä kennot mittaavat kuvattavasta kohteesta heijastuvan valon punaisen, vihreän ja sinisen komponentin. Mitattu informaatio muutetaan analogisesta digitaaliseksi A/D muunti-

mella avulla, informaatiolle tehdään tarvittavat käsittelyt ja se lähetetään edelleen esimerkiksi tallentimelle. (Jokinen, 2004; Introduction to Charge-Coupled Devices.)

Videovalvontakameroissa käytettävät kennot voidaan jakaa tuotantotekniikan perusteella CCD (Charge-Coupled Device) ja CMOS (Complementary Metal-Oxide-Silicon) tyyppeihin. CCD ja CMOS -tekniikat ovat lähtökohtaisesti hyvin samankaltaisia tekniikoita. Valon määrää mitataan valoherkällä pinnalla, ja se muutetaan ja tallennetaan analogiseksi sähköiseksi varaukseksi. Varaukset voidaan tämän jälkeen lukea ja muuttaa digitaaliseksi arvoksi. CMOS ja CCD -piirit eroavat toisistaan käytettävän puolijohdetekniikan perusteella, mutta niillä on myös muita eroja. Kennojen suorituskyvyn kannalta tärkeitä ominaisuuksia ovat kennon signaali - kohina suhde, dynaaminen alue sekä ilmiö nimeltä pikselien leviäminen. (Litwiller, 1.)

### 3.4.1 CCD

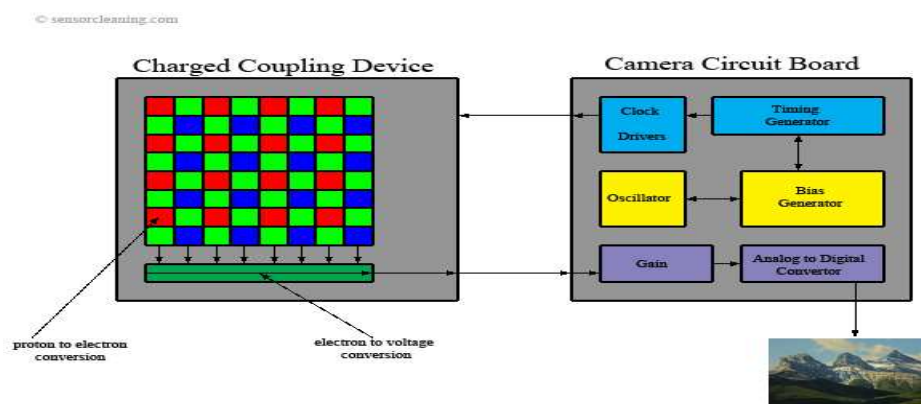
CCD kenno on tekniikkana jo yli kolmekymmentä vuotta vanha, joskin kamera-valvontatekniikkaan sovellettuna jonkin verran tuoreempi. CCD –kennon toiminnan idea on, että yksittäisen elementin muodostama varaus voidaan komentaa siirtymään rivillä seuraavaan elementtiin (pikseliin). Tekniikkaa voidaan käyttää kuvan siirtämisessä kennosta eteenpäin. Kennolle annetaan käsky siirtää varaus rivillä seuraavaan pikseliin. Kennon reunalla varaukset taltioidaan sarjamoitoiseen rekisteriin, josta arvot siirretään vahvistimen avulla A/D muuntimelle (Kuvio 6.). (Introduction to Charge-Coupled Devices.)

Valolle herkkien kennojen toiminnot rakennetaan piirin pintaan, mikä vie tilaa valoherkältä pinnalta. Kennojen yhteydessä puhutaan ns. täyttöasteesta, millä tarkoitetaan valoa keräävän pinnan osuutta koko kennon pinta-alasta. CCD -kennossa ainoa tarpeellinen toiminne valotiedon keräämisen lisäksi on kuvan siirtäminen kennolta pois. Pyrittäessä maksimoimaan valoherkkä alue puhutaan ns. full - frame – kennoista, jolloin kennon täyttöaste on enimmillään n. 70 %. Full frame -kennossa varaus pidetään tallessa ja siirrellään valoa keräävässä osassa, jolloin valotusaika on olisi tehtävä ulkoisella sulkimella, koska valoa ei saa pääs-

tää kennolle kuvaa luettaessa.. Yhtenä full frame –kennotyyppin haittapuolena on pikselien leviämisen ilmiö, jos valoa edelleen pääsee kuvaelementtiin edellistä kuvaa siirrettäessä. (Introduction to Charge-Coupled Devices.)

Interline Transfer -nimi puolestaan tulee CCD –kennoissa käytettävästä tekniikasta, jossa joka toinen valodiode rivi on peitetty, ja tieto siirretään talteen tähän riviin edelleen siirrettäväksi. Interline Transfer –kennotyyppillä on mahdollista saavuttaa parempi signaali – kohina suhde ja pienentää pikselien leviämisen ilmiötä.

Jatkuvan videokuvan tuotossa kennojen toiminnan nopeutta voidaan lisätä käyttämällä vain osaa pikseleistä, esimerkiksi siirretään kennoilta vain joka neljäs pikseli vaaka- ja pystysuunnassa. Tällöin saadaan aikaan esim. 25 kuvaa sekunnissa, joka riittääkin jo reaaliaikaisen kuvan tuottamiseen (tosin kennotekniikan kehittyessä ja nopeutuessa kuvanopeus ei sinällään tuota ongelmia ja kennojen toiminnan nopeuttamiseen on kehitteillä lukuisia eri tekniikoita), tämä tekniikka kuitenkin vaatii enemmän toiminteita kennoille. Videokuvan muodostamiseen tarvitaan käytännössä myös elektroninen suljin. Suljin voidaan tehdä kennoille lisäämällä pikseliin ylimääräinen ”rekisteri”, johon varaus siirretään valotuksen loputtua. Rekisterin avulla kuva saadaan siirrettyä pois kennoilta. Esimerkiksi videokamerassa voidaan kenno antaa kerätä 1/30 sekunnin ajan valoa ja siirtää informaatio rekisteriin edelleen siirtoa varten, jolloin kenno voi muodostaa seuraavaa kuvaa. Joissakin kennotyypeissä tietoa keräävät kennot voidaan myös resetoitaa valotuksen jälkeen. (Introduction to Charge-Coupled Devices.)

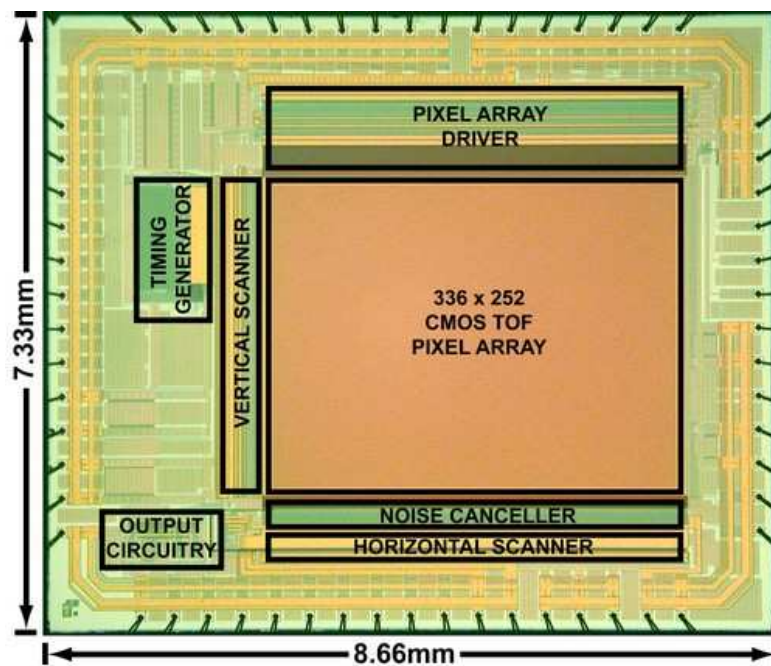


KUVIO 6. CCD kenno (What is a sensor)



### 3.4.2 CMOS

CMOS kennolla sävyarvot luetaan erikseen jokaisesta pikselistä ja uusimmilla CMOS kennoilla A/D muunnos tehdään jo suoraan itse kuvakennon elementeissä. Analogisia jännitearvoja ei tässä tapauksessa tarvitse siirtää erilliselle muuntimelle, ja näin saadaan siirrettyä informaatio eteenpäin digitaalisena jo suoraan kennolta. Yhtenä hyötynä mahdollisimman aikaisin tehdystä digitalisoinnista on ei-toivottujen häiriötekijöiden, kuten siirrossa syntyvän kohinan, välttäminen. CMOS -tekniikassa samalle piirille kennon kanssa ja pikseleihin itsessään voidaan luoda myös muita pitkälle vietyjä toimintoja. CMOS -tekniikalla kennon täyttöaste ei ole kovin suuri ja tämän parantamiseksi käytetään mm. erilaisia mikrolinssitekniikoita, joiden avulla valoa saadaan kerättyä oikeaan kohteeseen (Kuvio 7.). (Introduction to CMOS Image Sensors.)



KUVIO 7. CMOS kenno ( Cmos sensor array )

### 3.5 A/D -muunnos

Perinteisesti videoinformaatio on välitetty kameralta eteenpäin analogisena videosihtaalina. Analogisen sihtaalin pääongelmana on kohina, joka lisääntyy joka vaiheessa sihtaalin kulkiessa eteenpäin. Kohina aiheuttaa sihtaalin laadun heikkenemistä sekä alkuperäisen informaation muuttumista ja katoamista, mikä on todettavissa lähetettyä kuvaa huonompana kuvanlaaduna vastaanottimella. Kohinaa syntyy kameran kuvakennolla, kameran elektroniikassa, lähetysmediassa ja vastaanottimissa kuten tallentimissa ja monitoreissa. ( Damjanovski 2005, 252.)

Sihtaalin digitaalseksi muuttamisen etuja onkin sen periaatteellinen immuunius kohinalle, digitaalisessa muodossa lähetty videoinformaatio säilyy muuntumattomana lähettimeltä vastaanottimella. Muita digitaalisen sihtaalin etuja ovat informaation jatkokäsittelyn ja tallennuksen helpottaminen samoin kuin erilaisten digitaalisten vesileimojen luonti kuvainformaation muuttumattomuuden takaamiseksi, mikä saattaa olla tärkeä näkökulma joissakin turvallisuusratkaisuissa. (Damjanovski 2005, 252.)

Videovalvontajärjestelmissä kuvainformaatin muuntaminen analogisesta digitaalseksi suoritetaan joko suoraan kamerassa (Ip –kamerat) tai analogisessa muodossa kuljetetty videosihtaalii muunnetaan digitaalseksi digitaalisessa tallentimessa (DVR). Muunnoksessa analoginen sihtaalii pilkotaan (sampling), sovitulla taajuudella pieniin osiin ja kunkin osan saama arvo pyöristetään lähimpään edeltä määrättyyn arvoon, kvantisointitasoon, jolloin näyte on saanut diskreetin arvon. Käytettävään näytteenottotaajuuteen ja kvantisointitasojen määrään vaikuttavat sekä tehtävää suorittavan elektroniikan laatu että kuvanlaadulle asetetut vaatimukset. Käytännössä monet digitaalisessa kameravalvonnassa käytössä olevat tekniikat pohjautuvat digitaalisesta televisiosta annettuihin standardeihin kuten ITU-R BT.601. ITU-R BT.601 määrittelee analogisen videosihtaalii valoisuuskomponentin (Y), punaisen värimuuttujan (Cr) ja sinisen värimuuttujan (Cb) väliseksi kompromissiksi perusnäytteenottotaajuuden ollessa 3.375 MHz. Valoisuuskomponentista otetaan näytteitä yleensä nelinkertaisella taajuudella verrattuna perus-

taajuuteen ja kummastakin värikomponentista erikseen kaksinkertaisella taajuudella perustaajuuteen verrattuna, jolloin voidaan käyttää termiä 4:2:2 –sampling. Käytössä on myös muita näytteenottotaajuuksien suhteita kuten 4:1:1 ja 4:4:4. (Damjanovski 2005, 262.)

### 3.6 Resoluutio ja kuvakoko

Kuvan resoluutio tarkoittaa alkuperäiseltä merkitykseltään kuvan tarkkuutta pikselien lukumääränä tuumaa kohti (ppi - pixels per inch). Resoluutio sanaa käytetään nykyään yleisesti myös puhuttaessa kuvakoosta, esimerkiksi kuvakoko 800 x 600 kertoo vaaka ja pystysuuntaisten pikselien lukumäärän, mutta se ei kuitenkaan tarkoita samaa asiaa kuin edellä esitetty kuvatarkkuus tuumaa kohti, ja asioiden erilainen merkitys on hyvä tiedostaa eri yhteyksissä.

ITU-601 -standardin määrittelemällä analogisen komposiittivideosignaalin digitoinnilla on PAL –tekniikassa mahdollistaa sen, että voidaan saavuttaa parhaimmillaan kuvakehyksen pikseli määräksi 720 vaakasuuntaista ja 576 pystysuuntaista pikseliä. Tätä voidaan verrata analogisessa televisiossa käytettävään vaakaerottelukykyyn  $\frac{3}{4} \times 720 = 540$  TVL (Television – line). A/D muunnosta koskevassa kappaleessa kuvatut erilaiset valoisuuskomponenttien ja värikomponenttien väliset näytteenottosuhteen vaikuttavat luonnollisesti esimerkiksi kuvan todelliseen värierotteluun, jolloin kuva ei sisällä yhtä paljon värinäytteitä kuin valoisuusnäytteitä. ITU-601 määrittelee edelleen erilaisia digitointiin liittyviä tarkentavia suosituksia, joilla kuvan todellinen vaakasuuntainen erottelu jää noin 450 TV –juovan ja käytännössä ei liene väärin sanoa, että analogisesta videosignaalista digitoitu video ei voi saavuttaa tätä suurempaa vaakasuuntaista resoluutiota. Monet valvontajärjestelmissä käytössä olevat digitaaliset tallentimet perustuvat juuri tähän ITU-601 suositusten mukaiseen tekniikkaan ja monesti esimerkiksi järjestelmän kuvan laatua onkin turha yrittää parantaa esimerkiksi vaihtamalla kamera parempaan erotteluun kykenevään, koska sillä ei saavuteta todellista parannusta tallennettuun kuvaan. Kuvakoosta 720 x 576 puhuttaessa käytetään yleisesti termiä full frame TV. Muita käytettäviä kuvakokoja ovat erilaiset CIF kuvakoon osakoot tai moni-

kerrat, CIF kuvakoolla tarkoitetaan kuvakokoa, joka neljäsosa full frame –koosta eli 352 x 288 pikseliä. ( Damjanovski 2005, 263. )

Ip –valvontakameratekniikassa, jossa kuvainformaatiota ei siirretä analogisena videosignaalina, ei periaatteessa ole rajoituttu analogiselle signaalille määriteltyihin kuvan resoluutioihin. Uusissa megapixel -kameroissa voidaan käyttää esimerkiksi kuvakennoja, joilla on mahdollista saavuttaa esimerkiksi 2040 x 1530 resoluutio yksittäiselle värikuvalle, joskin kuvatahdin ollessa suurempi esimerkiksi 20 kuvaa sekunnissa kameran tuottama kuvaresoluutio on yleensä tätä pienempi esimerkiksi 1920x1200. Käytännössä ip -pohjaisissa valvontajärjestelmissä videokuvassa käytettävät kuvakoot riippuvat pitkälti esimerkiksi eri videokuvan pakkausstandardeissa annetuista määrityksistä kuvakoolle. Kuvien siirrossa ja tallennuksessa käytetäänkin hyvin pitkälti samoja Full Frame- ja CIF- kuvakokoja kuin aikaisemmin on määritelty, mutta tekniikka antaa periaatteellisen mahdollisuuden myös esimerkiksi HDTV- tasoiseen (1920x1080) kuvalaatuun. Käytettävien tallentimien on tuettava luonnollisesti kuvakokoa.

### 3.7 Kuvan pakkauksesta

Kuvanpakkauksella tarkoitetaan kuvan pienentämistä eli pakkaamista tietoliikennettä tai tallentamista varten. Kuvanpakkaus on usein häviöllistä eli tietoa hävittävää toimintaa, jossa ihmiselle näkymättömät osat kuvasta poistetaan. Kuvat tallennetaan aina johonkin kuvaformaattiin. Erilaisia tallennusmuotoja käytetään erilaisiin tarkoituksiin, tallennusmuoto vaikuttaa mm. kuvatiedoston kokoon ja värien määrään. Kuvatiedoston kokoon vaikuttavat resoluutio, värimäärä ja pakkaus. Kuvan tallennusmuoto käy ilmi tiedostonimen tarkentimesta. Valokuvan tallennusmuotoja ovat esimerkiksi Tagged Image File Format (TIFF), Graphics Interchange Format (GIF), Joint Photographic Experts Group (JPEG), Portable Network Graphics (PNG) ja Windows Bitmap (BMP). Hyvälaatuinen valokuva tarvitsee periaatteessa 24 bittiä pikseliä kohden. ( Tarkoma 2003.)

Digitaalisessa valvontatekniikassa vaadittava pitkä tallennusaika ja toisaalta kuvan tunnistettavuus asettavat omat haasteensa myös kuvan pakkaamiselle. Videoval-

vonnassa samaan järjestelmään voi olla kytkettynä kymmeniä kameroita, ja jo yksinkertaisilla laskutoimituksilla voi päätellä, että videokuvan pakkaaminen on täysin välttämätön toimenpide valvontajärjestelmän toiminnan kannalta. Yksittäisiä kuvia tallennettaessa puhutaan kuvan koosta esimerkiksi 500 -kilotavua (kB), mutta videokuvan yhteydessä on ehkä mielekkäämpää puhua bittivirrasta esimerkiksi 4 megabittiä/sekunti (Mbit/s). Videovalvonta tekniikassa käytetään sekä videokuvan pakkaustekniikoita (MPEG-1, MPEG-2, MPEG-3, MPEG-4, H.263 ja H-264), että valokuvalle tarkoitettuja pakkaustekniikoita (JPEG, Motion - JPEG, JPEG-2000/ Wavelet ja Motion JPEG-2000). Valokuvan pakkauksessa käytetään pakkaustuloksen saavuttamiseksi kuvan vertikaalista ja horisontaalista ulottuvuutta. Videokuvan pakkaustekniikoissa hyödynnetään edellisten lisäksi myös perättäisten kuvien ajallista ulottuvuutta. (Damjanovski 2005, 257–268.)

Esimerkkilaskelma digitaalisen videokuvan tilantarpeesta:

- yksi kuvaruutu = 720 x 576 pikseliä
- yksi kirkkauskomponentti 8 bittiä
- värikomponentit Cb ja Cr 4 + 4 bittiä
- 25 kuvaa sekunnissa (PAL)

Laskelmasta saadaan tulokseksi:

$$720 \times 576 \times 16 \times 25 = 166 \text{ Mb/ sekunti}$$

Tuloksesta voi nopeasti päätellä, että jo yhden kameran tuottama datavirta ja tallennuskapasiteetin tarve aiheuttaa tarvetta toimenpiteille kuvan pienentämiseksi. Pakkausmenetelmien tavoitteena on saada tiedosto tallennettua mahdollisimman pieneen tilaan hävittämättä kuitenkaan kohtuuttomasti kuvainformaatiota. Tiedostojen pakkaamiseen voidaan käyttää lukuisia eri menetelmillä. (Damjanovski 2005, 268.)

### 3.7.1 Häviötön ja häviöllinen pakkaus

Pakkausta on kahta lajia: häviötöntä (informaation säilyttävä) ja häviöllistä (informaatiota kadottavaa). Häviötön pakkaus tarkoittaa sitä, että pakatusta kuvasta voidaan palauttaa alkuperäisen kuvan täydellinen kopio, jossa on kaikki sama informaatio tallella kuin alkuperäisessäkin kuvassa oli. Häviöllisessä pakkauksessa häviää jotakin informaatiota. Luotaessa kuvaa uudelleen pakatusta datasta ei saada alkuperäistä kuvaa, vaan kuva, joka on pakkaussuhteesta ja tavasta riippuen lähes alkuperäisen mukainen. Käytännössä kaikki tehokkaat formaatit ovat häviöllisiä, koska näin saadaan tehokkaampi pakkaustulos. Edelleen tehokkaampi pakkaus saadaan antamalla pakkausalgoritmin hävittää yhä enemmän informaatiota, mikä lopulta tapahtuu havaittavan kuvalaadun kustannuksella. Häviöllisissä pakkausalgoritmeissa on yleensä säädettäviä parametreja, jolla voidaan kontrolloida pakkauksen ja kuvalaadun suhdetta. Häviöllistä pakkausta voidaan käyttää esimerkiksi aistein havaittavien asioiden, kuten kuva- tai äänidatan käsittelyyn, sitä ei voida käyttää yleensä numeerista dataan tai tekstiin, jossa informaatiolla on täsmällinen merkitys. ( Damjanovski 2005, 271. )

### 3.7.2 Tapoja videokuvan pienentämiseen

Valvontakameran luoman datavirran pienentämiseen voidaan käyttää esimerkiksi seuraavia menetelmiä:

- kuvakoon pienentäminen(esim. 720x576 ->360x288)
- kuvanopeuden laskeminen(esim. 20 -> 15 kuvaa per sekunti)
- pakkaaminen

Videokuva voidaan tallentaa peräkkäisinä still-kuvina, jolloin pakataan jokainen kuva erikseen. Yksittäisten kuvien pakkaaminen on käytössä joidenkin valmistajien multiplexeri –tyyppisissä tallentimissa, joissa eri kameroiden tuottama kuvamateriaali tallennetaan levyille peräkkäisinä erilliskuvina. Erilliskuvien tallentamisesta hyötynä saadaan lähinnä se, että jokainen kuva voidaan palauttaa ja käsitellä sellaisenaan ilman muiden kuvien apua, toisaalta menetelmä vaatii enemmän levytilaa. Yksittäisten kuvien pakkaamista tehokkaampi keino on hyödyntää tietoa siitä, että kaksi peräkkäistä kuvakenttää eroavat yleensä toisistaan vain vähän,

jolloin voidaan pakata esimerkiksi joka kymmenes kuva kokonaan ja seuraavista kuvista tallennetaan ainoastaan muutokset edelliseen kuvaan. Pakkauksessa voidaan myös käyttää hyväksi sitä tosiasiaa, että ihmissilmä havaitsee värin vaihtelut huomattavasti heikommin kuin kuvan kirkkauden vaihtelut. Videokuvasta voidaan hävittää osa väri-informaatiosta havaittavan kuvalaadun kärsimättä. Tässä yhteydessä puhutaan myös termistä downsampling, josta on jo mainittu aikaisemmin A/D kappaleessa. (Damjanovski 2005, 258.)

### 3.7.3 Videovalvonnassa käytettäviä pakkaustekniikoita

#### **JPEG** ( Joint Photographic Expert Group )

JPEG on standardoitu kuvanpakkaus mekanismi, joka käyttää diskreettiä kosini muunnosta vähentämään kuvassa olevaa ”ylimääräistä” informaatiota. Menetelmä toimii vain yksittäisten kuvien kanssa, eikä sen resoluutio ole määritelty. JPEG on laajasti käytetty menetelmä digitaalisessa valokuvauksessa, mutta sitä käytetään myös digitaalisessa videovalvontatekniikassa kun kuvia käsitellään yksittäisinä otoksina. Häviöllisessä pakkauksessa JPEG menetelmällä päästään noin kymmenesosaan alkuperäisestä kuvakoosta. JPEG tallentaa täysväri (full -color) informaatiota eli 24 bittiä/ pikseli. Harmaasävyjen pakkaamisessa ei JPEG - menetelmällä saavuteta läheskään yhtä hyviä pakkaustuloksia kuin värisävyjen pakkaamisessa. JPEG menetelmää voidaan käyttää pakkaamaan dataa myös eri väriavaruuksista kuten RGB , YCbCr ja CMYK, koska se käsittelee väri-informaation erillisenä. (Damjanovski 2005, 278.)

#### **M-JPEG** (Motion - JPEG)

Motion-JPEG on JPEG pakkauksen johdannainen, jota käytetään muun CCTV(Closed Circuit Television)- tekniikan ohella myös videovalvontajärjestelmissä. M-JPEG ei ole erillinen standardi, vaan se on menetelmä, jolla JPEG pakatut kuvat voidaan toistaa sujuvasti nopeasti peräkkäin, jolloin saadaan luotua vaikutelma liikkeestä. Kuvien välistä suhdetta ei M-JPEG -pakkauksessa vielä huomioida, ja sillä saavutettu pakkaustulos ei ole läheskään yhtä hyvä kuin MPEG - menetelmissä. M-JPEG pakkaus on käytössä joidenkin valmistajien digitaalisissa

tallentimissa, mutta standardin puuttumisen vuoksi laiteratkaisut ovat usein valmistajakohtaisia ja keskenään yhteensopimattomia. (Damjanovski 2005, 279.)

### **JPEG-2000**

JPEG-2000 on standardoitu pakkausmenetelmä, joka käyttää diskreetin kosinimuunnoksen (DTC) sijaan niin sanottua wavelet -pakkausta. Erotuksena DTC menetelmään wavelet -pakkaus käyttää muunnokseen koko kuva-alueita, eikä 8 x 8 lohkoja. Wavelet analysoi signaalia eri taajuuksilla eri resoluutioilla, ja pyrkii havaitsemaan paremmin kuvassa olevat yksityiskohdat, mikä on olennaista juuri videovalvontatekniikan kannalta. Yhtenä wavelet -tekniikan tuomana mielenkiintoisena lisäetuna saadaan toiminne, jossa kuvassa oleva mielenkiintoinen osa-alue voidaan pakata paremmalla laadulla esimerkiksi liikkeentunnistuksen perusteella, jolloin tallenteen kokonaistilantarve jää pieneksi, mutta tärkeä yksityiskohta on silti tallennettu hyvällä kuvanlaadulla. JPEG-2000 pakkauksesta on edelleen kehitetty Motion JPEG-2000 pakkausmenetelmä, joko on varsin joustava ja kykenee luomaan samasta videovirrasta erikokoisia kuvakehyksiä esimerkiksi paikallista tallennusta ja kuvan verkkosiirtoa varten. Kuvat ovat kuitenkin edelleen toisistaan riippumattomia yksittäiskuvia ja ne voidaan esittää ilman muiden kuvien apua. Kuvakehyksille voidaan antaa täsmällinen aikaleima, mikä on tärkeää multipleksausta käyttävissä videotallentimissa. Motion JPEG-2000 kykenee koodaamaan kaapatut kuvat tehokkaasti lähes reaali-ajassa, ja antaa mahdollisuuden hyvälaatuiseen videokuvaan verkon yli ja mahdollistaa tehokkaan tallennuksen. (Damjanovski 2005, 282.)

### **MPEG-1 (Motion Picture Experts Group )**

MPEG-1 on ensimmäisiä videokuvan pakkaamiseen suunniteltuja standardeja, joka toimii jatkuvan digitaalisen videosignaalin kanssa, ja se voi sisältää myös kaksi kanavaa äänelle. Käyttökohteita ovat esimerkiksi videosignaalin siirto verkon yli ja CD - soittimet. MPEG-1 kuva kokoa ei ole varsinaisesti määritelty, mutta se on suunniteltu toimimaan CIF kuvakoossa, joka on 352 x 288 PAL videosignaalin yhteydessä. Kuvanlaatua voidaan verrata analogisen VHS valvontanauhurin kuvanlaatuun. Tyypillisesti MPEG-1 pakatun datan bittivirta on noin 1 – 3 Mbit/s ja kompressiosuhde vaihtelee tyypillisesti välillä 1:30 – 1:200.



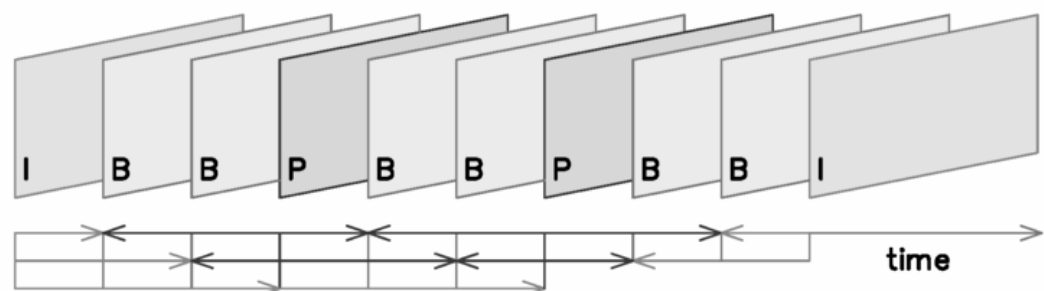
MPEG pakkausalgoritmit perustuvat diskreettiin kosinimuunnoksen (DTC), joihin niitä ei standardissa varsinaisesti ole määritelty ja tekniset ratkaisut ovatkin jossain määrin laitevalmistajakohtaisia. Perusidea kaikissa ajallisissa pakkausmenetelmissä on liikkeen ennustaminen, jossa osa kuvista voidaan laskea edellisten tai tulevien perusteella, jolloin kaikkien kuvien koko kuvainformaatiota ei tarvitse huomioida vaan voidaan kiinnittää huomioita vain kuvien välillä tapahtuneeseen muutokseen. (Damjanovski 2005, 282.)

MPEG koodatussa kuvassa on kolme kuva (frame) tyyppiä:

- I Intra - frame (normaalisti pakattu frame)
- P Predicted frame (laskettu edellisten perusteella)
- B Bi - directional frame (laskettu edellisten ja seuraavien perusteella)

I - frame ovat kuvakooltaan suurimpia ja ne ovat tavallisesti JPG – pakattuja yksittäiskuvia. I – frame toimii referenssikuvana. P – frame ovat noin kooltaan noin 1/10 I – framesta ja ne on ennustettu viimeisten I- tai ja B- framejen perusteella. B - frame ovat edelleen sitäkin pienempiä ja ne on muodostettu lähimpien kahden I- ja P – kuvan perusteella. (Damjanovski 2005, 283.)

Videokuva koostuu tyypillisesti 12 -15 ruudun mittaisista osista, niin sanotuista GOP -jaksoista (GOP - Group of Pictures)(Kuvio 8). Tyypillinen MPEG-2 GOP -jakso on esimerkiksi seuraavanlainen: I-P-P-P-P-B-B-B-B-P-B-B-B-P-I-P-P-P-P-B-B-B-B-P-I-P-P-P..



KUVIO 8. GOP - jakso

MPEG pakkaus aiheuttaa kuvaan tyypillisesti viivettä. Esimerkiksi 12 kuvan GOP – jakso saattaa aiheuttaa kuvaan noin puolen sekunnin viiveen, ja jos lasketaan lisäksi tietoverkon aiheuttamat siirtoviiveet saattaa viive olla jo yli sekunnin. Normaalisti sekunnin viiveelläkään ei välttämättä ole käytännön merkitystä, mutta jos valvontajärjestelmässä käytetään ohjattavia PTZ (Pan Tilt Zoom) –kameroita, saattaa viive jo muodostua merkitykselliseksi. Monien laitevalmistajien laitteet tarjoavat mahdollisuuden säätää bittivirtaa ja GOP –jakson pituutta juuri viiveaikojen muokkaamiseksi tarkoitukseen sopivammaksi. (Damjanovski 2005, 284.)

## **MPEG-2**

MPEG-2 on videokuvan ja äänen pakkausstandardi, jolla pyritään parempaan kuvanlaatuun pienemmällä bittivirralla kuin MPEG-1:ssä. MPEG-2 on saavuttanut suuren suosion maailmalla ja sitä käytetään erityisesti DVD -levyillä, Digi-TV:ssä sekä satelliittilähetyksissä ja sillä on mahdollista saavuttaa hyvä kuvanlaatu pienellä bittivirralla. MPEG-2 ei varsinaisesti ole pakkaustekniikka, vaan enempikin standardi, joka luo pohjaa digitaalisen datan entistä nopeampaan käsittelyyn ja prosessointiin. Videovalvontasovelluksissa MPEG-2 pakkauksella voidaan tuottaa datavirtaa joka on jopa 18 Mbit/s, mutta käytännössä jo 4 Mbit/s bittivirralla kyettään tuottamaan riittävän hyvää kuvaa videovalvontatarkoitukseen. MPEG-2 standardi määrittelee neljä eri profiilia ja tasoa eri sovelluksille, joissa edelleen on määrittäviä resoluutioista, bittivirrasta, näytteenotosta ja niin edelleen. (Damjanovski 2005, 286.)

TAULUKKO 1. MPEG-2 tasoja

<b>MPEG-2 tasot</b>	<b>Resoluutio</b>	<b>Tyyp. bittivirta</b>	<b>Käyttötarkoitus</b>
<b>Matala</b>	352x288x25	1.5 Mb/s	CIF koko, CD:t, digitaaliset tal- lentimet
	352x249x30		
<b>Normaali</b>	720x576x25	4 Mb/s	ITU-601, SDTV, monet digitaali- set tallentimet
	720x480x30		
<b>Korkea 1440</b>	1440x1152	12 Mb/s	4xITU-601, HDTV
<b>Erittäin korkea</b>	1920x1080	20 Mb/s	HDTV

Kuten MPEG-1, myös MPEG-2 perustuu GOP – kuvaryhmiin, jotka muodostuvat I-, P- ja B-kuvista, ja kuvan ennustamiseen edellisten ja seuraavien kuvien perusteella. Pakkaustapa käyttää liikevektoreita liikkeen ennustamisessa I- ja P – kehysten välillä. Liikevektori on jaettu vaakasuuntaiseen ja pystysuuntaiseen osaan ja osat saavat joko negatiivisia tai positiivisia arvoja riippuen liikkeen suunnasta. Mallissa otaksutaan, että jokainen muutos kuvakehysten välillä voidaan esittää pikselien siirtymänä ja siinä käytetään myös erityistä virheenennustus matriisia apuna kuvan uudelleenluontiin. (Damjanovski 2005, 286.)

MPEG-2 pakkausta ei varsinaisesti ole suunniteltu videovalvontatekniikkaa ajatellen, mutta tällä hetkellä käytössä on monia sen toiminnallisuuksia hyväksi käyttäviä digitaalisia tallentimia. Jos ajatellaan yhden kameran hyvälaatuisen MPEG-2 videokuvan tarvitsevan 4 Mb/s bittivirtaa, niin monen kameran yhtäaikaisen jatkuvan tallentamisen samalle kiintolevyllä ei voi laskea olevan kovin mielekäästä varsinkaan, jos edelleen huomioidaan monet esimerkiksi kuvien hakuun ja katseluun liittyvät operaatiot, joita tulisi kyetä tekemään samanaikaisesti tallennuksen kanssa. Hyvälaatuisen kuvan vaatiman kaistanleveyden vuoksi malli ei myöskään sovellu kovin hyvin etäyhteisiin, joissa käytetään hitaita verkkoyhteyksiä. Monet

laitevalmistajat käyttävätkin mielellään yhden kanavan tallennusta MPEG-2 pakkauksen yhteydessä. MPEG-2 pakkaus voidaan tehdä joko erityisellä pakkaukseen kehitetyllä piirillä tai ohjelmallisesti, katselu tapahtuu usein ohjelmallisesti pakkausta tukevalla coodekillalla (Damjanovski 2005, 286.)

## **MPEG-4**

MPEG-4 standardi on suunniteltu käytettäväksi tietoverkoissa ja telekommunikatiossa. Sen sovelluksia ovat kuvapuhelimet, matkapuhelimet, sähköposti ja tulevaisuuden elektroniset sanomalehdet. Pienimmillään sen tarvitsema kuvatiedon siirtonopeus on alle 64 kb/s, muut kaksi nopeusaluetta on 64 -384 kb/s ja 384 kb/s – 4 Mb/s. MPEG-4 tekniikalla saavutetaan erittäin tehokas pakkaustulos joka on laskennallisesti jopa 1/10 MPEG-2:sta. Pakkaaminen vaatii laitteistolta varsin paljon tehoa. Pakkauksen olennaisena erona aikaisempiin menetelmiin on olioluonteinen lähestymistapa kuvaan ja sitä käsitellään pikselien sijasta luonnollisten ja synteettisten objektien yhdistelmänä, mikä antaa täysin uusia mahdollisuuksia kuvan ja videovirran käsittelyyn. Yksi videovalvontatekniikan kannalta olennainen asia on esimerkiksi mahdollisuus skaalautuvaan videovirtaan kaistanleveyden ollessa pieni. ( Damjanovski 2005, 288.)

MPEG-4 tukee CCTV –tekniikassa käytettävää limitettyä videota ja krominanssi-formaattia 4:2:0. Samoin kuin MPEG-2 myös MPEG-4 on jaettu eri profiileihin eri käyttötarkoituksia varten. Simple- ja Core- profiilit käyttävät QCIF ja CIF kuvakokoa bittivirran ollessa 64 kb/s – 2Mb/s, Main - profiilissa kuvatkooot ja ovat CIF (352x288) , ITU-R 601 (720x576) ja HD (1920x1080) bittivirran ollessa 2 Mb/s – 38,4 Mb/s. ( Damjanovski 2005, 288.)

MPEG-4 tekniikka on kasvattanut asemaansa myös videovalvontajärjestelmissä ja lienee tällä hetkellä yleisin käytössä oleva tekniikka uusissa järjestelmissä. Tekniikalla on mahdollista saada lähes reaaliaikaista kuvaa parhaimmillaan 256 kb/s bittivirralla. Kaikki valmistajat eivät kuitenkaan käytä samoja profiileja tuotteissaan, joten niiden tuottama kuva ei välttämättä ole vertailukelpoinen huolimatta periaatteessa samasta pakkaustekniikasta. ( Damjanovski 2005, 288.)

## H.264

H.264 pakkausstandardi tunnetaan myös nimillä MPEG-4 part 10 ja MPEG-4 AVC. H.264 pakkauksen kehittämisen tavoitteena on edelleen ollut sekä pakkausta suorittavalle laitteistolle asetettavien suorituskyky vaatimusten, että vaadittavan verkkoliikenteen pienentäminen. H.264 käyttää erityistä CABAC (Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding) koodausta ja sisältää useita kuvanlaatuun vaikuttavia parannuksia esimerkiksi DCT:tä käyttäviin koodauksiin verrattuna. H.264 tekniikassa liikettä voidaan hallita vertaamalla perättäisiä kuvan osakenttiä ei vain seuraavaan ja edeltävään kuvaan, vaan myös mielivaltaisesti jo huomattavasti aikaisempiin kuviin - mikä joissakin tilanteissa antaa mahdollisuuden huomattavaan bittivirran pienenemiseen. H.264 pakkauksella on mahdollista saavuttaa 2 – 3 kertaa tehokkaampi pakkaustulos kuin MPEG-2 pakkauksella vastaavalla kuvanlaadulla, ja tekniikkaan tehdyillä laajennuksilla on myös voitu mahdollistaa värinäytteiden määrän lisääminen ja esimerkiksi YUV 4:2:2 ja 4:4:4 – sampling muotojen käyttö.

### 3.7.4 Diskreettikosinimuunnos

Diskreettikosinimuunnos on yksi pakkaustekniikoissa käytettävä algoritmi, jonka avulla kuvasta voidaan karsia ylimääräistä - silmälle näkymätöntä informaatiota. Videokuvaa pakattaessa käytetään kaksiulotteista muunnosta, jossa muuttujina toimivat leveys- ja korkeuskoordinaatit. Kullekin 8\*8 pikselin lohkolle lasketaan DCT – kertoimet, ja kuvalohko esitetään näistä kertoimista koostuvana matriisina. Ihmissilmä ei kykene erottelemaan tarkasti pieniä kuvan värin muutoksia, ja tästä syystä eri kuvalohkoja voidaan koodata samalla väriarvolla ja korvata kertoimia keskiarvoilla. Menetelmää on käytössä useissa häviöllisissä kuvanpakkausmenetelmissä kuten JPEG, MJPEG, DV ja MPEG. Käytetyt kertoimet voidaan edelle järjestää sopivasti häviötöntä pakkausta, kuten esimerkiksi Huffman -koodausta varten. ( Damjanovski 2005, 273. )

### 3.7.5 Huffman -koodaus

Huffman -koodaus on tietotekniikassa tiedonpakkaukseen käytettävä algoritmi. Tietokone esittää jokaisen merkin samanpituisena bittijonona. Huffman -koodauksen perusidea on asettaa lyhyempi binäärikoodi sellaisille merkeille, joiden esiintymistodennäköisyys on suuri ja vastaavasti pitempi sellaisille, jotka esiintyvät harvoin. Merkkien esiintymistiheyden vaihdellessa, voidaan tietoa tiivistää valitsemalla merkkejä kuvaavien bittijonojen pituudet siten, että yleisimmät merkit vastaavat lyhimpiä bittijonoja. Mallissa harvinaisemmille merkeille annetaan alkuperäistä pidemmät bittijonot, ja jos harvinaisia merkkejä olisi lähdetiedossa paljon, pakkaus toimisi datamäärää kasvattavasti ja vaikutus olisi näin ei toivottu. Huffman -koodauksessa merkeistä muodostuu koodipuu. Koodipuussa olevista biteistä saadaan jokaista merkkiä vastaava koodi ja jokaisen merkin esiintymistodennäköisyys. Näistä lasketaan yhteen aina kaksi joiden todennäköisyydet ovat pienimmät. Näin muodostuu Huffman -koodi. Tätä koodausta käytetään nykyään usein pakkaustuloksen viimeistelyyn muiden pakkausmenetelmien jälkeen. (Jokinen 2004, 54.)

### 3.8 Power over Ethernet

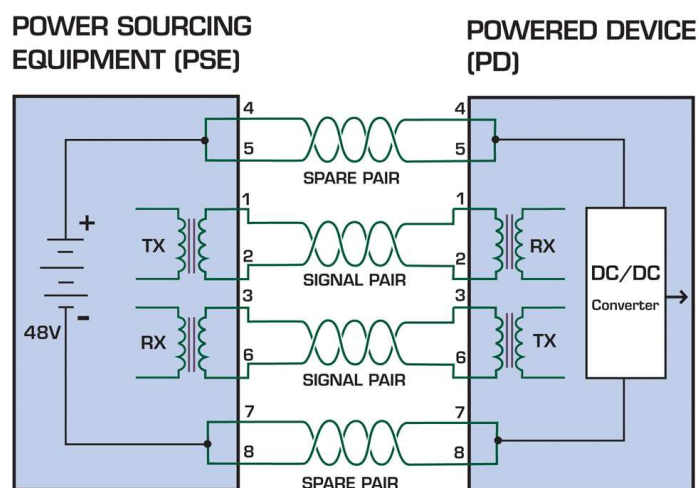
Power over Ethernet on (PoE) IEEE 802.3af standardin mukainen tekniikka, jolla voidaan lähiverkossa syöttää käyttöjännite esimerkiksi ip -puhelimille, wlan -tukiasemille ja valvontakameroille. Virransyöttö tapahtuu tekniikan avulla samassa kierretyssä parikaapelissa (esimerkiksi CAT5) kuin varsinainen dataliikennekin. (IEEE802.3af Power over Ethernet.)

Jotta virransyöttö olisi mahdollista, tarvitaan PoE -kytkin, tai laite, joka voidaan asentaa nykyisen kytkimen ja virtaa tarvitsevan päätelaitteen välillä. Kytkin syöttää käyttöjännitteen kaapeliin, joko parikaapelin käyttämättömien pariin kautta, tai samassa parissa dataliikenteen kanssa (Kuviot 9 ja 10). Käyttöjännite on valmistajasta ja laitteista riippuen yleensä 12VDC, 25VDC tai 48VDC. Mikäli liitettävät laitteet ovat PoE -yhteensopivia, ne saavat käyttöjännitteen suoraan liittimen kautta, muussa tapauksessa käyttöjännite on ensin erotettava parikaapelista yhteenso-

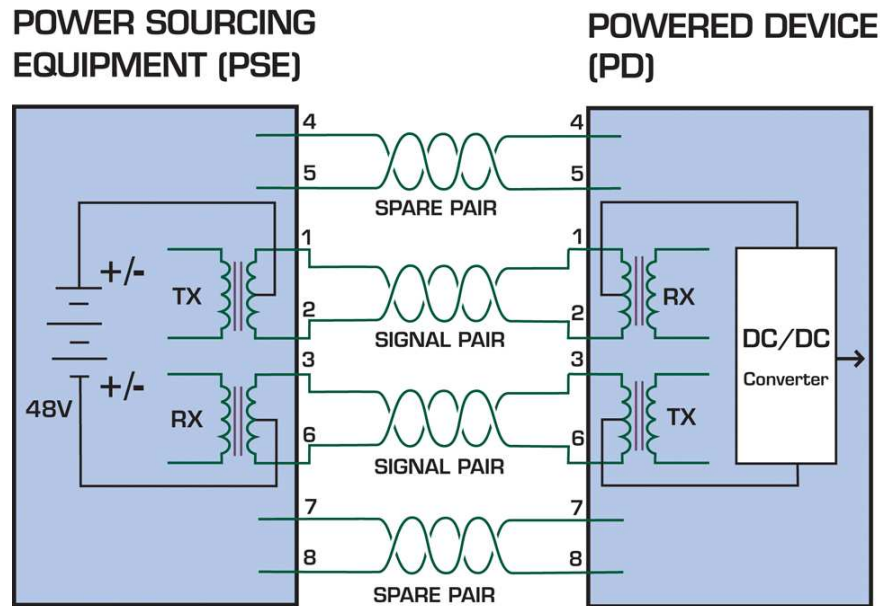
pivalla erottimella ja syötettävä liitettävän laitteen käyttöjänniteliihtään. (IEEE802.3af Power over Ethernet.)

PoE –tekniikan avulla voidaan säästää videovalvontajärjestelmän vaatimissa kaapeloinneissa sekä ajallisesti, että usein myös taloudellisessa mielessä. Ip –kameroiden tarvitsema jännite on tällöin kuljetettavissa samassa, mahdollisesti jo olemassa olevassa kaapelissa. Tekniikassa käytettävän jännitteen pienuuden vuoksi, ei välttämättä tarvita ulkopuolisia sähköurakoitsijoita hoitamaan kameroiden jännitesyöttöjä. Kameroiden mahdollisesti tarvitsema esimerkiksi sähkökatkonainen varavirta voidaan hoitaa samalla tekniikalla käyttämällä sopivasti mitoitettua varavirtalähdettä. (IEEE802.3af Power over Ethernet.)

PoE –tekniikka ei kuitenkaan sellaisenaan sovellu kaikille käytössä oleville ip –kamerajärjestelmille ja kaikkiin käyttötarkoituksiin. Esimerkiksi ulkokäyttöön tarkoitetuille kameroille, jotka vaativat lämmitystä tai ns. PTZ –kameroille, joita voidaan ohjata verkon yli, ei PoE -tekniikalla verkon yli saatava teho (maksimi noin 15 w) kuitenkaan useissa riitä, vaan niille käyttöjännite on järjestettävä muulla tavoin. Kehitteillä olevalla 802.3at standardilla pyritään maksimi käytettävissä oleva laiteteho nostamaan yli 50 watin, jolloin tekniikka saataisiin palvelemaan enemmän teho tarvitsevia laitteita. (IEEE802.3af Power over Ethernet.)



KUVIO 9. Jännitteensyöttö vapaassa parissa



KUVIO 10. Jännitteensyöttö samassa parissa datan kanssa

### 3.9 Tallennuksesta

Tietoverkkopohjaisessa videovalvontajärjestelmässä käytetään useimmiten NVR (Network Video Recorder) tyyppisiä tallentimia, joissa varsinainen tallenninohjelmisto toimii joko Windows tai Linux käyttöjärjestelmien päällä ja kuvainformaatio tallennetaan kiintolevyille. Laaja valvontajärjestelmä aiheuttaa omat vaatimuksensa myös tallenninlaitteiston suorituskyvylle ja kiintolevyjen tietojen käsittelynopeudelle, koska kuvainformaatiota tulee voida samanaikaisesti sekä tallentaa - usein kymmeniltä eri kameroilta - että tietoa tulee myös pystyä etsimään ja lukemaan ja edelleen käsittelemään ilman, että tallennukseen tulee katkoja. Tallennus kiintolevyille tapahtuu useimmiten pelkästään kuvassa havaittavan liikkeen tai muutoksen tai muun hälytystapahtuman perusteella, mikä osaltaan huomattavasti rajaa vaadittavan kapasiteetin tarvetta ja antaa myös työkaluja tallenteiden myöhempään tarkasteluun. Tallenteiden käsittelyyn ja kuvamateriaalin analysointiin ohjelmistot tarjoavat yhä kehittyneempiä toimintoja, tässä opinnäytetyössä ei kuitenkaan käsitellä aihetta laajemmin.



## 4 TCP/IP -ETHERNET

### 4.1 TCP/IP - protokolla

TCP/IP -protokolla on saanut nimensä sen kahden tärkeimmän protokollan TCP:n ja IP:n mukaan (Transfer Control Protocol ja Internet Protocol).

Kuten aikaisemmin on todettu nykyaikaisessa kameravalvontajärjestelmässä ollaan siirtymässä kuvansiirrossa ja kameroiden ohjauksessa erilaisiin verkkopohjaisiin ratkaisuihin. Kamerakuvat voidaan siirtää erilaisten tietoverkkojen, kuten lähiverkkojen ja internetin yli. Internetiin on kytketty suuri määrä erilaisia laitteita ja tietoverkkoja. Jotta laitteiden välinen kommunikaatio olisi mahdollista, kaikkien kommunikaatioon osallistuvien tietokoneiden ja laitteiden on käytettävä samaa protokollaa. IP -pohjaisen videovalvontajärjestelmän toiminnan kannalta olennainen asia on myös tietoverkkojen toiminnan ja niiden suorituskykyyn vaikuttavien seikkojen tiedostaminen.

Verkkoprotokollat ovat sääntöjä, jotka määrittelevät laitteiden välisen kommunikoinnin pelisäännöt tietoverkossa. TCP/IP on selvästi yleisin kaikista käytössä olevista protokollaperheistä, ja Internetissä tapahtuvaa tiedonsiirtoa ohjataan TCP/IP-protokollalla. TCP/IP puolestaan koostuu useista eri protokollista, jotka yhdessä mahdollistavat tiedonsiirron. Pääprotokollat TCP ja IP huolehtivat tietojen siirrosta ja varmistavat, että tietoja voidaan siirtää erilaisissa verkoissa. (Casad & Willsey 1999, 20-45.)

Internetissä ja lähiverkoissa yhteys voidaan muodostaa hyvinkin erilaisten medioiden kuten kaapeleiden, radiolinkkien tai jopa satelliittien välityksellä. TCP/IP varmistaa tietojen pääsyn perille huolimatta siitä, minkälaista yhteyttä käytetään. Pääprotokollien lisäksi TCP/IP sisältää koko joukon alaprotokollia, joista jokaisella on tietty tehtävä. TCP/IP protokollat määrittelevät verkossa käytettävän prosessin laitteiden välisessä kommunikoinnissa ja määrittelevät miltä välitettävän datapaketin on näytettävä ja mitä sen on pidettävä sisällään, jotta lähettäjä vastaanotta-

ja ymmärtäisivät toisiaan. TCP/IP ja siihen liittyvät muut protokolla määrittelevät tarkasti sen miten tietoja siirretään, vastaanotetaan ja käsitellään TCP/IP verkossa. TCP/IP - protokolla sisältää tiedonsiirron käyttöön lukuisia erilaisia ominaisuuksia, joista keskeisiä käsitteitä ovat looginen osoitteisto, reititys, nimipalvelu, virheiden havaitseminen ja tiedonsiirron valvonta sekä tuki mitä erilaisimmille sovelluksille. (Casad ym. 1999, 20–45.)

#### 4.2 TCP/IP -protokollan toiminta

TCP/IP -protokollaa tiedonsiirtoon käyttävissä laitteissa protokollan tehtävät ovat muun muassa seuraavat:

- Sovellukselta tulevien tietojen vastaanottaminen ja lähettäminen verkkoon.
- Lähetettävien sanomien pilkkominen hallittavissa oleviksi paloiksi, jotka voidaan lähettää verkkoon ja uudelleen koota.
- Osoitteiden hallinta: lähettäjän on voitava antaa lähetettävälle datasanomalle osoite jonka perusteella sanoma kuljetetaan verkon yli vastaanottajalle ja vastaanottajan on voitava tunnistaa ja käsitellä itselleen tulevat paketit.
- Reititys, Tietoverkon on kyettävä reitittämään lähetetyt sanomat vastaanottajan verkkoon riippumatta verkkojen fyysisestä rakenteesta.
- Virheiden havaitseminen, tietovuon valvonta ja vastaanotetun tiedon kuittaaminen.
- Muodostaa rajapinta laitteistotasolle verkkosovittimiin.

TCP/IP -protokollajärjestelmän toimintaa voidaan havainnollistaa ns. kerrosmallilla, jossa järjestelmä on jaettu erillisiin komponentteihin, joissa kullakin komponentilla, kerroksella, on oma periaatteessa itsenäinen tehtävänsä (Kuvio 11). Modulaarisen rakenteen ansiosta tcp/ip -protokollaa käyttävien sovellusten kehittäminen on yksinkertaisempaa ja sovelluksessa voidaan käyttää samoja kom-

ponentteja, vaikka se tehtäisiin toimimaan esim. erilaisen verkkokerroksentekniikan päälle ja tcp/ip - protokolla onkin kaikista protokollapinon protokollista sovel-lusohjelmasta ja laitteistosta riippumattomimpia. (Casad ym. 1999, 20 – 45.)



KUVIO 11. TCP/IP -mallin kerrokset

TCP/IP -mallin yhteydessä käytetään usein myös ns. OSI -mallia kuvaamaan protokollarakennetta. OSI (Open Systems Interconnection) -malli on kansainvälisen standardointiorganisaation laatima malli, jonka tarkoituksena yhdenmukaistaa verkkoprotokollajärjestelmää helpottaa eri järjestelmien yhteen liittämistä. OSI -mallissa (Kuvio 12.) sovelluskerros on jaettu kolmeen erilliseen osaan: sovellus, esittely ja istuntokerrokseen sekä verkkokerros on edelleen jaettu linkki- ja fyysiseen kerrokseen. (Casad ym. 1999, 20- 45.) Verkkopohjaisissa kameravalvontajärjestelmissä käytetään useita näistä protokollista, kuten esimerkiksi FTP:tä ( File Tranfer Protocol) ja RTP:tä ( Real Time Protocol ) kuva ja videomateriaalin siirtoon ja HTTP ( Hypertext Transfer Protocol) -protokollaa kameran toimiessa internet – palvelimena.

OSI-malli	Internet Protokollat
sovelluskerros	Telnet, FTP
esityskerros	SMTP, SNMP; HTTP
istuntokerros	RTP
kuljetuskerros	TCP, UDP
verkkokerros	IP
linkkikerros	ARP, RARP
fyysinen kerros	

KUVIO 12. OSI -mallin mukaiset kerrokset ja niillä toimivia protokollia

#### 4.3 TCP/IP -mallin kerrosten tehtävät

##### **Verkkokerros ( Network Access Layer )**

Toimii rajapintana fyysiseen verkkoon. Lähetettävät tiedot muotoillaan kerroksessa käytettävän verkkomedian muotoon ja osoitteena käytetään verkon laitteiden fyysistä osoitetta. Kerros hoitaa virheiden havaitsemisen fyysisellä tasolla, ja mikäli esimerkiksi lähetävässä datagrammissa on virhe, sitä ei lähetetä. (Casad ym. 1999, 24.)

##### **Internet-kerros (Internet Layer)**

Hoitaa loogisen, laitteistosta riippumattoman osoitteiden käsittelyn siten, että tiedot voidaan siirtää verkosta toiseen riippumatta verkoissa käytetystä fyysisentason tekniikasta ja kerros huolehtii fyysisten ja loogisten osoitteiden toisiinsa liittämi-

sestä. Internet-kerros vastaa reitityksestä laajempien tietoverkkojen ja internetin yli. (Casad ym. 1999, 24.)

### **Kuljetuskerros ( Transport Layer )**

Toimii rajapintana verkon sovelluksille, hoitaa tietovuon hallinnan ja virheiden havaitsemisen ja palvelujen vahvistamisen internetille. (Casad ym. 1999, 24.)

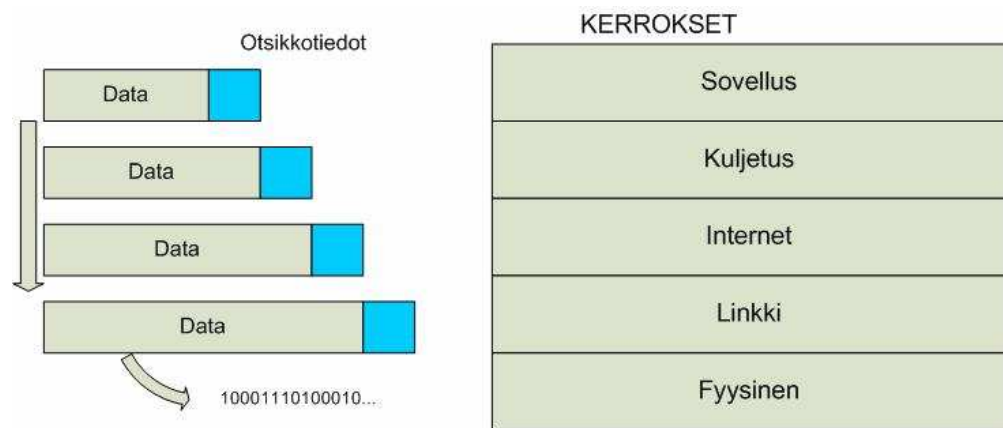
### **Sovelluskerros ( Application Layer)**

Sovelluskerros tarjoaa ohjelmointirajapinnat (application programming interface, API), joiden avulla esimerkiksi tietokoneen käyttöjärjestelmän varassa toimivat sovellukset voivat käyttää tietoverkkoa hyväkseen. Sovelluskerros sisältää sovelluksia tiedostojen siirtämiseen, etähallintaa, vikojen etsimiseen ja internet-toimintoihin. (Casad ym. 1999, 24)

## 4.4 Tiedon kulku TCP/IP -kerroksissa

Jokaisella tcp/ip -mallin kerroksella on siis periaatteessa itsenäinen tehtävä, ja ne palvelevat toisia kerroksia niiden suorittamissa tehtävissä. Lähetettävien tietojen kulkiessa kerrosten läpi, jokainen kerros lisää tietojen ympärille oman toimintansa kannalta tärkeitä tietoja, joita kutsutaan otsikoiksi. Alkuperäiset tiedot ja siihen seuraavassa kerroksessa liitetyt otsikot toimivat lähtötietona seuraavalle kerrokselle, joka edelleen liittyy siihen omat otsikkotiedot. Vastaanottaja toimii vastaavasti ja jokainen vastaanottopään kerros riisuu lähetyksestä omaan toimintaansa liittyvät otsikkotiedot ja käyttää ne omaan toimintaansa. (Casad ym. 1999, 26.)

Tietopaketti on erilainen eri kerroksissa ja myös sen nimi muuttuu kerrosten välillä. Sovelluskerroksessa pakettia kutsutaan sanomaksi (message), kuljetuskerroksessa sanomasta tulee segmentti (segment), internet-kerroksessa datagrammi ja edelleen verkkokerroksessa kehys (frame). Verkkokerroksen alin taso muuttaa kehyksen bittivirraksi ja lähettää sen verkkomediaan. (Kuvio 13.) (Casad ym. 1999, 20- 45.)



KUVIO 13. Tiedon kapselointi

#### 4.5 IP -protokolla

IP -protokolla toimii verkkokerroksella ja käyttää yhtenäistä ip -osoitteistoa kuljettaessaan datagrammeja mihin päin maailmaa tahansa. Sadat miljoonat tietokoneet ja muut tietoverkkoon liitetyt laitteet käyttävät yhtenäistä ip -osoitteistoa, mikä mahdollistaa tiedon kuljettamisen nopeasti ja tehokkaasti kymmenien verkkojen ja reitittimien läpi. IP -osoitteisto pysyy samana kuljettaessa fyysisesti erilaisten verkkojen, kuten esimerkiksi, Ethernetin, Sonetin, X.25:in läpi, jolloin huolimatta erilaisista verkkotekniikoista, datapaketit voidaan kuljettaa eteenpäin IP -protokollan huolehtiessa yhteensopivuudesta. IP -protokolla toimii yhteistyössä ARP -protokollan kanssa huolehdittaessa laitteiden fyysisten ja loogisten osoitteiden vastaavuuksien selvittämisessä ja tietojen ylläpidossa. (Casad ym. 1999, 48.)

IP -protokollalla on useita toimintoja, kuten esimerkiksi toiminnot datagrammien lähettämistä ja vastaanottamista varten. Kolme 32 -bittistä tietokenttää ovat IP -protokollan toiminnan kannalta kuitenkin keskeisessä asemassa (Casad ym. 1999, 49.)

- IP -osoite (IP-address), yksikäsitteinen 32 -bittinen (ipv4) osoite, joka on annettu verkon jokaiselle solmulla (tietokone tai vastaava)
- Aliverkon peite (Subnett Mask), 32 -bittinen kenttä, jonka avulla voidaan määrittää mikä osa IP -osoitteesta on verkko-osoitetta ja mikä osa isäntäkoneen tai laitteen tunnus
- Oletusportti (Default Gateway), reitittimen osoite, johon toiseen verkkoon tarkoitetut datagrammit lähetetään oletuksena

#### 4.5.1 IP -otsikon kentät

Verkkokerroksessa lähetäviin tietoihin lisätään IP -otsikko. Otsikko sisältää erilaisia tietokenttiä, joita vastaanottaja ja matkalla olevat reitittimet käsittelevät. IP -otsikon vähimmäispituus on 20 tavua, kentät on esitelty tarkemmin seuraavassa kuvassa ( Kuvio 14.). (Casad ym. 1999, 51.)

versio	IHL	palvelutyyppi	kokonaispituus			
tunniste			ei käyt.	DF	MF	osan sij.
TTL	protokolla		otsikon tarkistussumma			
lähettäjän IP -osoite						
vastaanottajan IP -osoite						
optiot		täyte				
tietokuorma						

KUVIO 14. IP -otsikon tietokentät

#### Tietokenttien merkitykset:

- versio: käytetyn IP -protokollan versio, nykyinen käytössä versio on 4 (IPv4)
- IHL: otsikon pituus 32 -bittisinä sanoina usein 5
- palvelutyyppi: lähettäjän toivomia valinnaisia reititystietoja esim. läpimeno, luotettavuusaste, viive ja prioriteetti
- kokonaispituus: datagrammin kokonaispituus tavuina, enintään 65536



- tunniste: lähettävän koneen laskema kasvava luku, joka yksilöi datagrammin
- lippu DF (don't fragment): jos 1, datagrammia ei saa osittaa
- lippu MF (more fragments): jos 1, datagrammi on ositettu, ja osia on tulossa lisää
- osan sijainti: ositetuille datagrammeille annetaan sijaintinumerot, joita käytetään datagrammin kokoamiseen vastaanottopäässä
- TTL (time to live): datagrammin elinaika sekunteina tai reititinhypyinä; kun
- TTL = 0, datagrammi poistetaan
- protokolla: tietokoneen vastaanottavan protokollan osoite: ICMP = 1, TCP = 6 ja UDP = 17
- optiot: valinnaisia lisäasetuksia, esim. reitin tallennus ja aikaleimat
- täyte: otsikko täytetään 32 bitin monikerraksi.

#### 4.5.2 IP -osoitteet (ipV4)

IP -osoitteiden voi kuvitella vastaavan ”reaalimaailman” katuosoitteita. Jokaisessa IP -osoitteessa on verkko-osa (Network ID), joka vastaa kadunnimeä ja isäntäkoneen osoite (host - ID) joka vastaa talon numeroa kyseisellä kadulla. IP -osoitteet ovat 32 bitin mittaisia ja käytännössä ne on jaettu 8 bitin mittaisiin oktetteihin. Selvyyden vuoksi nämä oktetit voidaan muuttaa kymmenjärjestelmän mukaisiksi luvuiksi, jolloin niiden käsittely ja ymmärtäminen on helpompaa. Oktetilla voidaan muodostaa 256 erilaista yhdistelmää ja se voidaankin muuttaa kokonaisluvuiksi joka saa arvon väliltä 0 – 255. (Casad ym. 1999, 52.)

DNS -nimipalvelun avulla voidaan nämä numero osoitteet muuntaa tekstiksi, jolloin esimerkiksi internet selaimen kirjoitettu www -osoite voidaan muuntaa ip -osoitteeksi ja palvelupyyntö voidaan lähettää oikeaan osoitteeseen. (Casad ym. 1999, 14.)

TCP/IP -osoitteita voidaan 32 -bittisen binääriluvun avulla laskea olevan yli 4 miljardia, jolloin teoreettisesti osoitteita riittäisi yhtä monelle tietokoneelle. IP -verkkoihin kytkettyjen laitteiden määrän kasvaessa lähitulevaisuudessa tultaneenkin ottamaan ipv6 -osoiteavaruus, jolloin käytettävissä olevien osoitteiden määrä kasvaa huomattavasti. IP-osoitteet jaetaan verkon koon mukaan tietokoneille annettaviin A-, B- ja C-luokkiin, lisäksi on käytössä D- ja E- luokkien osoitteita. D-luokkaa käytetään yhteislähetysiin C-luokan verkoissa. E-luokka on varattu tulevaisuuden käyttöön. Verkot voidaan edelleen jakaa pienempiin osiin - aliverkkoihin. Aliverkkoihin jako tapahtuu aliverkon peitteen pituutta muuttamalla, jolloin saadaan mukautettua verkon kokoa ja siihen kuuluvien koneiden määrää vastaamaan esimerkiksi yrityksen toiminnallisia tarpeita. Koneiden lukumäärät eri luokan verkoissa on esitetty taulukossa 2. Käytännössä määrät laskevat edelleen jaettaessa verkkoja pienempiin osiin. Aliverkon peite on 32 -bittinen bittijono, jota reititin käyttää erottamaan verkon tunnuksen isäntäkoneen tunnuksesta. (Casad ym. 1999,73.)

TAULUKKO 2. Koneiden lukumäärät eri verkoissa

LUOKKA	OSOITTEET	LAITTEIDEN LKM
A	0.0.0.0 - 127.255.255.255	16777214 (2 <sup>24</sup> -2)
B	128.0.0.0 - 191.255.255.255	65534 (2 <sup>16</sup> -2)
C	192.0.0.0 - 223.255.255.255	254(2 <sup>8</sup> -2)
D	224.0.0.0 - 239.255.255.255	254
E	224.0.0.0 - 239.255.255.255	-

#### 4.6 TCP -protokolla

Kuljetuskerroksessa on kaksi tärkeää protokollaa, TCP ja UDP, joista TCP:tä käsitellään tässä hieman tarkemmin. Kuljetuskerroksen kautta sovellusohjelmat voivat käyttää verkon palveluja. Kuljetuskerroksen avulla data voidaan lähettää tietyille sovellukselle eikä vain tiettyyn tietokoneeseen. Kuljetuskerros näkyy sovellusohjelmille sokettirajapintana (socket interface). Kuljetuskerroksen on kyettävä palvelemaan samanaikaisesti useita eri verkkosovelluksia ja lähettämään ne internetkerrokseen, vastaavasti vastaanottopäässä kerroksen luettava tiedot internetkerroksessa ja toimitettava ne vastaanottaville sovelluksille. Tähän käytetään limittämismekanismeja (multipleksaus, multiplexing), jonka avulla useampi sovellusohjelma voi lähettää yhtä aikaa tietoja yhteen tiedonsiirtokanavaan, internetkerros näkyy kuljetuskerrokseen yhtenä tiedonsiirtokanavana. (Casad ym. 1999, 100.)

UDP on yhteydetön, suhteellisen yksinkertainen ja epäluotettava protokolla. TCP on yhteydellinen, monimutkaisempi ja kehittyneempi protokolla, tilanteesta riippuen voidaan valita kumpaa protokollaa sovellusohjelma käyttää. Yhteydellinen protokolla luo yhteyden ja ylläpitää sitä, sekä valvoo tiedonsiirron edistymistä. Jokaisesta lähetyksestä saadaan kuittaus, jolloin viestin perille menosta voidaan

olla varmoja. Yhteys muodostetaan ennen tiedonsiirto ja tiedonsiirron päätyttyä se suljetaan. UDP:ssä tiedon perille menoa ei varmisteta mitenkään. (Casad ym. 1999, 106.)

TCP ja UDP käyttävät ns. porttinumeroita eri palveluiden tunnistamiseen. Kun asiakaskone haluaa käyttää palvelimen jotain palvelua, tiedot ohjataan sokettiin. Soketti - numero muodostuu liittämällä yhteen IP -osoite ja 16 -bittinen porttinumero. Asiakaskoneen sovellusohjelmat voivat käyttää useita palvelimen palveluja yhtä aikaa, jolloin TCP- tai UDP -yhteyksiä on auki useita yhtä aikaa. Asiakaskone voi ottaa yhteyden mistä tahansa omasta portistaan, mutta sen on otettava yhteys palvelinkoneen siihen tunnettuun porttiin, jonka palvelua se haluaa käyttää. Sekä TCP:lle että UDP:lle on määritelty standardissa useita tunnettuja portteja (well known ports), esim. FTP-portti on 21 ja www-selainohjelman porttina on oletuksena 80. (Casad ym. 1999, 93.)

Edellä esitetyn yhteydellisen kommunikaation lisäksi TCP:llä on myös seuraavia ominaisuuksia:

- Virtojen käsittely ( stream oriented processing ) , TCP ottaa vastaan tiedot tavu kerrallaan ja käsittelee tietoja virtana, tcp segmentoi tiedot ja siirtää ne internet-kerrokselle.
- Uudelleen järjestely ( reseduecing ) , TCP kykenee palauttamaan tietojen oikean järjestyksen jos ne saapuvat kohteeseen epäjärjestyksessä.
- Vuonohjaus ( Flow Control ) , TCP varmistaa ettei lähetettävä tieto ylitä vastaanottajien vastaanottokykyä , vaan lähetettävän tiedon lähetysnopeus voidaan sopeuttaa vastaanottajien suorituskykyyn.
- Yhteyden siisti sulkeminen ( graceful close), TCP varmistaa, että kaikki segmentit on lähetetty ja vastaan otettu ennen yhteyden sulkemista.

## 4.7 Ethernet

Kamerakuvaa voidaan siirtää erilaisten verkkojen yli kuten LAN (Local Area Network, MAN (Metropolitan Area Network) ja LAN (Local Area Network). Näiden verkkojen tiedonsiirron suorituskyky voi olla hyvinkin erilainen mm. käytettävästä tekniikasta riippuen. Tässä opinnäytetyössä testaan laitteita lähinnä lähiverkossa ja tästä syystä seuraavaksi käydään lyhyesti läpi joitakin Ethernet – verkossa käytössä olevia tekniikoita.

Ethernet on pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu (LAN), joka on yleisin ja laajasti hyväksytty lähiverkkotekniikka. Nimitys "Ethernet" viittaa joukkoon lähiverkkojen toteutustapoja, jotka käyttävät CSMA/CD-kilpavaraustekniikkaa jakaessaan siirtotietä eri verkkoon kytkettyjen laitteiden välillä. Ethernet toimii OSI -mallin kerroksilla 1 ja 2 (fyysinen ja siirtoyhteyskerros). IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) on standardoinut useita erilaisia Ethernet -kategorioita. (Taulukko 3.)(Casad ym. 1999, 42.)

### 4.7.1 10 Mb/s Ethernet

Perinteinen jaetun median LAN tekniikka, jonka maksimi tiedonsiirtokyky on 10 Mb/s. Ethernet voi käyttää tällä tekniikalla useita erilaisia medioita, joista yleisemmin käytössä ovat:

- 10BaseT – Ethernet over Twisted Pair Media ( parikaapeli)
- 10BaseF – Ethernet Over Fiber Media ( valokuitu )

10 Mb/s tekniikka on väistymässä nopeampien tekniikoiden tieltä, eikä se ole kovin soveltuva verkkotekniikka esimerkiksi laajempien kameravalvonta järjestelmien verkkotekniikaksi.

#### 4.7.2 Fast Ethernet

Fast Ethernet on yleisnimitys kaikille 100 Mbit/s siirtäville Ethernet -tekniikoille. Fast ethernet tekniikassa vaaditaan vähintään Cat5-luokan parikaapelin, mikä mahdollistaa myös kaksisuuntaisen (full - duplex) tiedonsiirron perinteisen yksisuuntaisen (half - duplex) lisäksi. Maksimi siirtoetäisyys tekniikalla on noin 100 metriä parikaapelissa.

- 100BASE-T yleisnimitys tekniikalle
- 100BASE-TX (esimerkiksi Cat5 parikaapelin yli)
- 100BASE-FX (siirtomediana valokuitukaapeli)
- 100BASE-4T (useita parikaapelin pareja käyttävä tekniikka)

Fast Ethernet -tekniikka on ehkä yleisin tällä hetkellä käytössä oleva tekniikka, ja myös ip -kameravalvontajärjestelmien tiedonsiirto rakennetaan yleisimmin tämän tekniikan varaan. (LAN – Local Area Networks.)

#### 4.7.3 Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet on yleisnimitys kaikille 1 Gbit/s siirtonopeuteen pystyville Ethernet -verkkotekniikoille. Tekniikka on standardoitu 1000BASE-T:ssa Cat5e kuparikaapeloinnille, 1000BASE-SX:ssa lyhyille kuituyhteyksille (maksimi 250 - 500 metriä) ja 1000BASE-FX pidemmille yhteyksille (maksimi 500 -5000 metriä). Lisäksi on käytössä 1000BASE-CX erityissuojattua kierrettyä paria käyttävä tekniikka, jolla päästään 25 metrin siirtoetäisyyteen. Gigabit Ethernetissä on Ethernet ja Fast Ethernet tekniikka pyritty säilyttämään ja samalla on saavutettu yhteensopivuus vanhoihin 10 Mbit/s ja 100 Mbit/s verkkoihin. Lähetys tapahtuu edelleen kilpavaraustekniikalla, mutta lyhyiden kehysten pituus on kasvatettu täytetuilla vähintään 512 tavuun, jotta lähetysaika kasvaa ja törmäys voidaan havaita koko segmentin pituudella.( LAN – Local Area Networks.). Gigabit Ethernet tekniikka alkaa myös olla yhä yleisemmin käytettävä lähiverkkotekniikka, ja se antaa myös vapaammat kädet valvontajärjestelmän suunnittelulle.

#### 4.7.4 10 Gigabit (Gb) Ethernet

10 Gb Ethernetin määrittely on esitetty IEEE 802.3 standardin liitteessä IEEE 802.3ae. Määriteltyjä mediatyyppejä on seitsemän, kaikki erilaisia kuituja. Kehitteillä on myös standardi kierrettyä parikaapelia varten. Ainoastaan kaksisuuntainen full-duplex liikenne on tekniikassa tuettu. 10 Gigabitin Ethernetissä on myös otettu käyttöön XGMII (Gigabit Media Independent Interface), jonka tarkoituksena on ohjata datavirta varsinaiselle siirtomediakohtaiselle alikerrokselle ja loogisesti erottaa siirtomediakohtainen elektroniikka kaikille toteutuksille yhteisestä siirtokerroksen elektroniikasta. ( Damjanovski 2005, 385. )

#### 4.7.5 Wireless Ethernet

Lähiverkoissa käytettävät langattomat laitteet ovat yleistyneet ja niille on myöskin kehitetty omia standardejaan yhteensopivuuden varmistamiseksi ( IEEE 802.11) . Myös videovalvontakäyttöön kehitetään jatkuvasti uusia laitteita, jotka käyttävät hyväkseen langatonta tiedonsiirtoa lähiverkossa. Suurin osa ryhmään kuuluvista laitteista kuuluu kahteen kategoriaan, joiden datasiirtonopeus on joko 11 Mb/s tai 54 Mb/s, ja ne käyttävät 2.4 GHz taajuutta. ( Damjanovski 2005, 385. )

TAULUKKO 3. Ethernet -standardeja (IEEE)

Standardi	Vuosi	Kuvaus
802.3i	1990	10BASE-T 10 Mb/s parikaapelissa
802.3j	1993	10BASE-F 10 Mb/s kuidussa
802.3u	1995	100BASE-T Fast Ethernet, 100 Mb/s
802.3x	1997	Full Duplex
802.3z	1998	1000BASE-X Gigabit Ethernet kuidussa
802.3ab	1999	1000BASE-T Gigabit Ethernet parikaapelissa
802.3ae	2003	10 Gigabit Ethernet kuidussa
802.3af	2003	Tehonsyöttö ja Ethernet samassa 4-parisessa kaapelissa, (Power over Ethernet)



## 5 TUTKIMUKSET

Verkkopohjaista kameravalvontajärjestelmää suunniteltaessa tulee huomioida tietoverkon suorituskyky suhteutettuna valvontajärjestelmän laajuuteen ja siinä käytettävien kameroiden teknisiin ominaisuuksiin ja niiden tuottamaan verkon yli siirrettävään datavirtaan. Jotkut kameravalmistajat antavat tuotteilleen teknisinä tietoina videosiirtonopeuden esimerkiksi 9,6 Kbps – 4 Mbps, toisten valmistajien kertoessa teknisissä tiedoissa kameralle maksimitiedonsiirtonopeudeksi esimerkiksi 45 Mbps. Kameravalvontajärjestelmää suunniteltaessa tavoitteena on luonnollisesti mahdollisimman hyvä tai tilanteeseen suhteutettu riittävä kuvanlaatu mahdollisimman pienellä verkkokuormituksella ja tallennuskapasiteetin käytöllä. Edellä mainitut kriteerit ovat hyvinkin tapauskohtaisia ja monesta eri osatekijästä riippuvaisia. Valvontatarkoituksesta riippuen hyvinkin erilainen kuvanlaatu voi olla riittävä ja toisaalta valvontajärjestelmälle käytössä oleva verkkokapasiteetti voi vaihdella huomattavasti kohteesta riippuen, eikä se välttämättä muodostu millään lailla määrääväkäksi tekijäksi valvontajärjestelmää rakennettaessa.

Suoritettavan tutkimuksen tarkoituksena on selvittää ip -kameroiden aiheuttamaa datavirtaa niiden erilaisilla tietoverkko kuormitukseen vaikuttavilla asetuksilla ja samalla arvioida erilaisten säätöjen vaikutusta kuvan laatuun. Datavirran mittaukset ja vastaavat kuvanlaatu arviot suoritetaan kolmelle valvontajärjestelmissä käytettävälle ip -kameralle ja yhdelle megapixel ip -kameralle. Kuvan laadun arvioinnissa käytetään apuna kameravalvonnan K – menetelmän mukaista testitaulua.

## 5.1 Tutkimusjärjestelyt

Testaukset suoritetaan 10/100 Base-T Ethernet -lähiverkossa, jossa testaushetkellä ei ole muuta liikennettä. Tutkittavat kamerat ja tallennin liitetään CAT 5 -luokan kaapeleilla verkossa olevaan kytkimeen. Kameroiden aiheuttamaa verkkoliikenteen määrän mitataan SNMP -protokollan avulla protokollaa tukevalla kytkinlaitteella. Protokollan avulla tieto kytkimien porteista kulkevasta liikenteestä saadaan verkkoon mittausta varten kytketylle mittaus tietokoneelle, jossa on asennettuna SNMP -protokollaa käyttävä PTGR -analysointiohjelma. Kuvan laadun arviointi tehdään arvioimalla verkkotallentimella saadusta valvontakuvasta otettuja yksittäiskuvia. Kuvan laadun arvioinnin apuvälineeksi kameras kuvan alueelle sijoitetaan K-menetelmän mukainen testitaulu. Testattavien ip -kameroiden ja testitaulun sijoittamisessa apuvälineenä ja kuva referenssinä käytetään kussakin kamerassa olevaa analogista videosaatteen ulostuloa kytkemällä se suoraan monitorin näytölle ilman tallenninta.

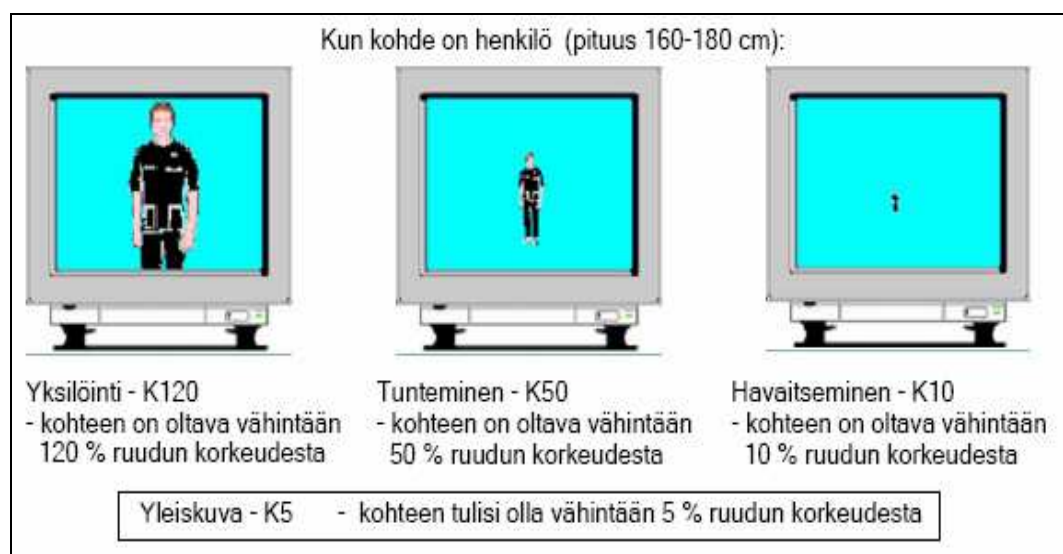
## 5.2 Testitaulumenetelmä

SVK:n (Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto nykyisin FK Finanssialan Keskusliitto) testitaulumittaus (K-menetelmä) on yksi käytettävissä oleva menetelmä kameravalvontajärjestelmän kuvanlaadun arvioimiseksi. Menetelmää on mahdollista käyttää SVK:n ohjeiden mukaan suunnitellussa valvontajärjestelmässä. Yksinkertaisuutensa vuoksi menetelmää voidaan käyttää kameravalvontajärjestelmien asennuksen ja huollon yhteydessä. Menetelmää voidaan pääasiallisesti käyttää kohteissa, joissa valvontajärjestelmä on rakennettu henkilöturvallisuus tarkoitukseen – yleensä rakennusten sisällä tai piha-alueella esimerkiksi valvottavan rakennuksen välittömässä läheisyydessä tai henkilökunnan kulkuportilla. Menetelmän avulla järjestelmästä pyritään tekemään asetettujen vaatimusten mukainen ja asennus voidaan myös dokumentoida esimerkiksi tarkistuskuvioiden avulla. Menetelmä on suunniteltu vain liikkumattoman kohteen staattiseen mittaamiseen. Liikkuvan

kohteen mittaukseen on olemassa muita menetelmiä esimerkiksi niin sanottu Rotak -menetelmä. (Kameravalvonnan K-menetelmä 2006.)

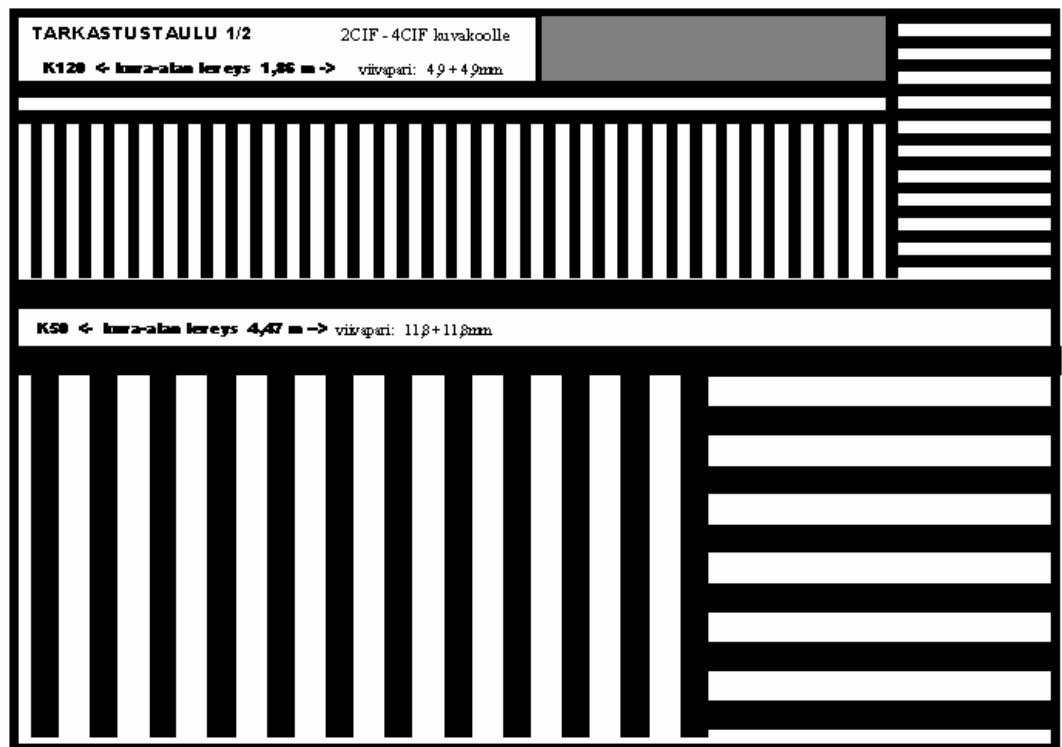
Kameravalvonnan tarkoitus on yleensä henkilö- tai omaisuusvahinkojen estäminen, joko reaaliaikaisella seurannalla ja välittömällä puuttumisella havaittuihin epäkohtiin tai myöhemmin tapahtuvan tarkastelun avulla. Jälkikäteen tehtävässä tarkastelussa kamerajärjestelmällä tallennettua kuvainformaatio tutkitaan ja pyritään selvittämään tapahtumaa. Tarkastelussa tärkeätä on kyetä tunnistamaan tai yksilöimään tapahtumaan liittyvät henkilöt. (Kameravalvonnan K-menetelmä 2006.)

Menetelmässä kameravalvonnan tavoitteena on kohteesta tuotettavan kuvan eritasoinen ennalta määrätty yksityiskohtaisuus erilaisissa tilanteissa. Menetelmässä erilaisille yksityiskohtavaatimuksille ja kohteen tunnistamiselle annetaan erilaiset arvot, jolloin puhutaan niin sanoista K -arvoista. K -arvoille on sovittu erilaisia vaatimuksia kuten yksilöinti (K120), tunteminen (K50) ja havaitseminen (K10). Vaatimusten on katsottu täyttyvän kun kohdetta (esimerkiksi 160 – 180 cm:n pituista henkilöä) monitorilta tarkasteltaessa kohteen korkeus on vähintään 120 prosentti ruudun korkeudesta – eli kohde mahtuu ruutuun vain osittain. Vastaavasti K50 arvolla kohteen korkeus on 50 prosenttia ruudun korkeudesta (Kuvio 15). (Kameravalvonnan K-menetelmä 2006.)

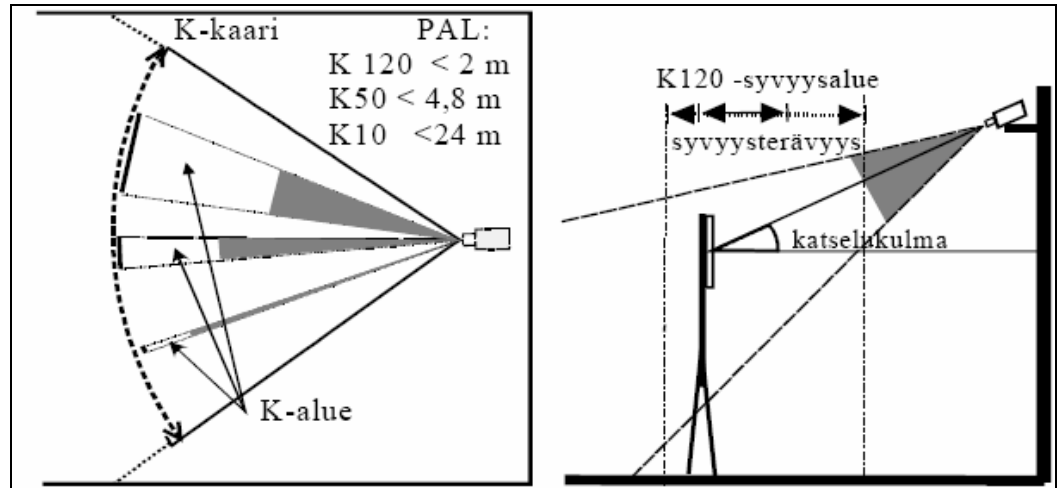


KUVIO 15. K-menetelmä (Kameravalvonnan K-menetelmä 2006)

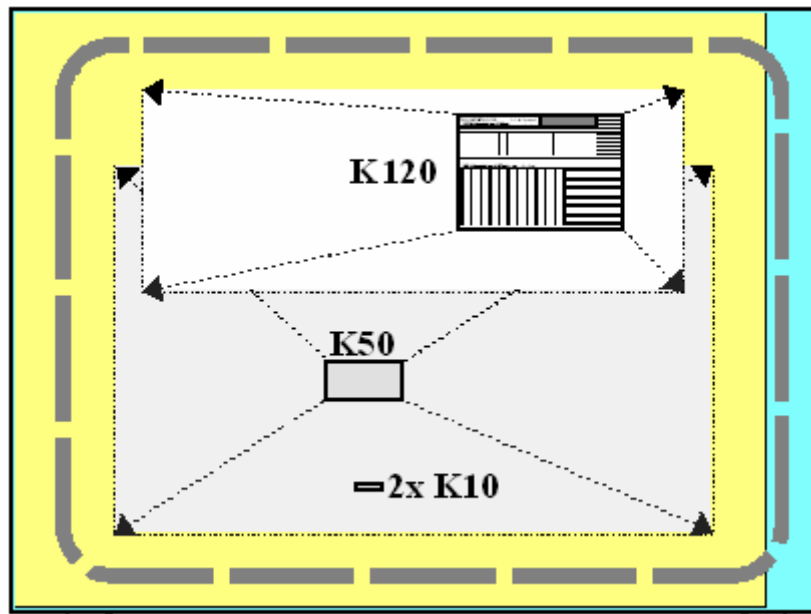
Mittaus ja kuvanlaadun arviointi voidaan suorittaa kamerakohtaisesti erikseen. Mittauksessa käytetään tarkistustaulua (Kuvio 16). Tarkistustaulu sijoitetaan ohjeen määrittelemään paikkaan - kamerasta katsoen etäisimpään kohtaan, jossa K120, K50, tai K10 -alue on määritelty (Kuviot 17 ja 18). Taulun fyysinen sijoitus ja kuva-alan ohjeen mukainen leveys on tällöin luonnollisesti riippuvainen esimerkiksi kamerassa käytettävästä optiikasta ja kuvakoosta. (Kameravalvonnan K-menetelmä 2006.)



KUVIO 16. Tarkastustaulu (Kameravalvonnan K-menetelmä 2006)



KUVIO 17. Testitaulun sijoittaminen (Kameravalvonnan K-menetelmä 2006)



KUVIO 18. Esimerkkejä testaustauluista monitorikuvassa (Kameravalvonnan K-menetelmä 2006)

Kuvien tulkinnassa kuvanlaadun katsotaan olevan riittävä ja tarkastustuloksen olevan hyväksyttävä, jos palkkirivin viivaparit koko leveydeltään ja korkeudeltaan toistuvat mustavalkoinformaatioltaan virheettömästi ja palkkien määrä ja geometria ovat kiistattomasti tunnistettavissa. (Kameravalvonnan K-menetelmä 2006.)

### 5.3 Testauksessa käytetyt laitteet

Testauksessa käytettiin kolmea eri valmistajien hyvälaatuista ip -valvontakameraa, lisäksi yhtä megapixel ip -valvontakameraa (Kuviot 19-22). Kuvien katseluun ja kamera-asetusten muokkaamiseen käytettiin Nuuo -verkkotallenninohjelmistoa asennettuna normaaliin tietokoneeseen sekä Internet Explorer 7.0 selainohjelmaa.

#### 1. ACTI CAM-5300HP



KUVIO 19. ACTI – verkkokamera

- 1/3” Sony Super HAD 470K pikselin kuvakenno.
- MPEG-4 kuvanpakkaus, säädettävissä.
- CIF - D1 (720X576) kuvantarkkuus, maksimi 25 kuvaa/s.
- 10/100 Base T Ethernet liitäntä (myös BNC – videoulostulo).
- Power over Ethernet tai AC 24 V tai jännitteen syöttö.

## 2. VIVOTEK IP6122



Kuvio 20. VIVOTEK IP6122 - verkkokamera

- 1/3" CCD – kenno.
- MJPEG ja MPEG-4 kuvanpakkaus valittavissa, tasot säädettävissä.
- Maksimi kuvakoko 704 X 576.
- kuvanopeus 1 - 25 kuvaa/s.
- tukee dynaamista ip – osoitetta.
- 10/100 Base T Ethernet liitäntä (myös BNC – videoulostulo).
- Ei Power Over Ethernet yhteensopiva.

### 3. SAMSUNG SNC-550P



KUVIO 21. Samsung - verkkokamera

- Kuvakenno 1/3" Super HAD CCD-
- Kuvapisteitä 795H x 596V (PAL), Erottelukyky (TVL) 530/570.
- 10/100 Base T Ethernet - liitäntä (myös BNC -videoulostulo).
- Käyttöjännite DC 12V / AC 24V / PoE.
- Pakkaus MPEG / JPEG, tasot säädettävissä.
- Kuvanopeus 1- 25 kuvaa sekunnissa.
- Protokollat http, tcp/ip, ftp, smtp, dhcp, ddns.
- Ip -osoite dynaaminen tai staattinen.
- WWW -palvelin.



#### 4. ACTI ACM-4200



KUVIO 22. Acti megapixel - verkkokamera

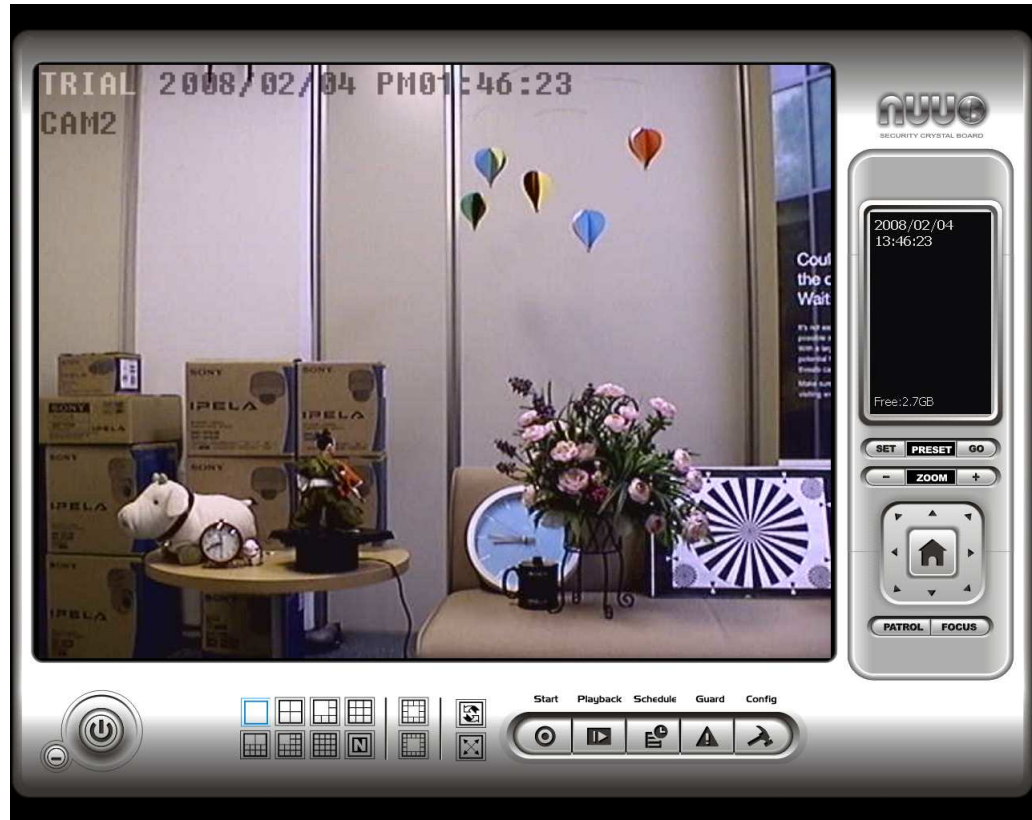
- Kuvakenno: Micron Progressive Scan SuperCMOS.
- Teholliset pikselit: 1280x1024 Pikseliä.
- Pakkaus: MPEG-4 tai Motion JPG.
- Kuva nopeudet:
  - SXGA 1280x1024      kuvanopeus 1 - 8 f/s
  - HD720 1080x720      kuvanopeus 1 - 10 f/s
  - VGA 640x480      kuvanopeus 1 - 30 f/s
- Käyttöjännite: 3.3 V DC, ei PoE.
- 10/100 Base Ethernet –liitäntä.
- Tuetut protokollat: tcp, udp, http, dhcp, rtp, rtsp, ftp, smtp, dns, ntp, icmp, igmp, arp.

## 5.4 Tallennin

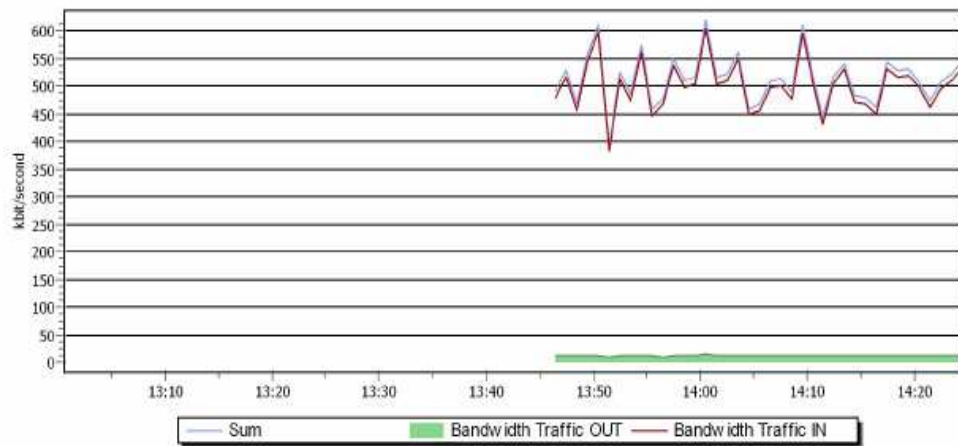
Käytössä oli Nuuo-merkkinen NVR (Network Video Recorder) ohjelmisto, jolla on mahdollista katsella ja tallentaa samanaikaisesti 1 - 64 ip -kameraa. Tallenninohjelmisto tukee useiden eri valmistajien kameratuotteita, tosin tutkimuksessa ollut Samsung -merkkinen kamera ei ollut ohjelman kanssa yhteensopiva vaan, sitä käytettiin IE -selaimella.

Tallennin voidaan asettaa tallentamaan jatkuvasti, hälytyksestä tai kuvassa tapahtuvasta liikkeestä. Ohjelmiston avulla voidaan valita kameran resoluutio, kuvien määrä, pakkaustaso, kaistanleveys, liikealue ja kuvalaadun säädöt. Tallenteen haku voidaan suorittaa graafisen käyttöliittymän avulla esimerkiksi päivämäärän, kellonajan, kameran tai liikkeen perusteella. Ohjelmisto tarjoaa myös laajat mahdollisuudet sen etäkäyttöön – tallenteita ja reaaliaikaista kuvaa voidaan katsoa ja internetselaimella, etäohjelmistolla sekä myös yhteensopivalla matkapuhelimella (esimerkiksi Nokia N - Sarja).

Ohjelmistolla voidaan myös suorittaa käyttäjämäärälaskentaa, varmuuskopioida tallenteet ja asetukset sekä edelleen määrittää lisäominaisuuksia, kuten puuttuvan tai ylimääräisen esineen tunnistus, kuvan epätarkkuuden tunnistus ja useita muita erilaisia hälytys toiminteita. Kuviossa 23 on nähtävissä tallenne internetin yli saatavasta testikuvasta. Kuvakoko 640 x 480, kuvanopeus 5 frame/s, pakkaus formaatti M-JPEG, normaali kuvanlaatu, mitattu kaistanleveys n. 500 kbit/s (Kuvio 24).( IP 202.238.124.35 portti 80). Kamera Sony SNC-RZ25.



KUVIO 23. Nuuo -tallenninohjelmiston käyttöliittymä



KUVIO 24. Käyttöliittymässä olevaa kuvatasoa vastaava verkkoliikenne

## 6 TULOKSET

Kameroiden tuottaman datavirran mittauksen ja testitaulumenetelmän avulla suoritettujen valvontakuvan laatuarvion tulokset on esitetty tiivistetysti kamerakohtaisesti seuraavissa taulukoissa. Kamerat ovat teknisten tietojensa ja ominaisuuksiensa puolesta varsin samankaltaisia, mutta osa niiden ominaisuuksista, kuten kuvan pakkaukseen liittyvät säätömahdollisuudet poikkeavat joiltain osin toisistaan. Tutkimusolosuhteet myös poikkesivat esimerkiksi valaistusolosuhteiden puolesta jonkin verran toisistaan eri kameroita tutkittaessa. Tutkimuksen tarkoituksena ei ollut varsinaisesti näiden eri kameramerkkien keskinäinen vertailu, vaan eri kameroilla saadut tulokset toimivat ikään kuin omina otoksinaan pyrittäessä antamaan vastausta varsinaiseen tutkimusongelmaan, eli kysymykseen saadaanko ip -kameroilla hyvälaatuista valvontakuvaa ja mikä on hyvälaatuisen valvontakuvan tarvitsema datavirran määrä missäkin tilanteessa.

Eri laitevalmistajat käyttävät erilaisia lähestymistapoja datavirran ja kuvalaadun säätämiseen. Kuvanopeutta voidaan kaikissa nyt tutkituissa kameroissa säätää samalla tavoin hieman erilaisin portain yleensä 1 – 25 frame/s. Kuvan pakkausta voidaan säätää esimerkiksi asteikolla Low - Normal - High tai säätö voidaan kohdistaa kameran tuottamaan datavirtaan esimerkiksi asteikolla 384 kbit/s – 3Mbit/s, jolloin kamera pakkausta ja joissakin tapauksissa kuvanopeutta säätämällä sovittaa datavirran halutun suuruiseksi. Kuvanlaatuarviot on taulukossa esitetty kirjaimin k (täyttää menetelmän mukaiset laatuvaatimukset) ja e (ei täytä laatuvaatimuksia). Tutkimuksen aikaisia valoisuus ja kuvan säätöolosuhteita ei ollut mahdollisuutta säilyttää täysin samoina testiä eri kameroilla tehtäessä, samoin testitaulumenetelmä jättää selkeästä esitystavastaan huolimatta jonkin verran subjektiivista tulkintamahdollisuutta kuvanlaatuarvion tekemiseen oltaessa hyväksyttävän ja hylättävän tuloksen raja-alueella. Tutkimuksen tarkoituksena oli kuitenkin, olosuhteet huomioon ottaen, ennemminkin löytää datavirran ja kuvalaadun toisiaan vastaava raja-alue, kuin tehdä absoluuttista tulkintaa peräkkäisten mittaustulosten välillä. Samoin taulukoista eivät välttämättä tule esille kaikki muut huomioitavat kuvalaatuun vaikuttavat tekijät, kuten pakkauksen aiheuttama kuvan joidenkin alueiden

epätarkkuus. Menetelmässä käytettävät testitaulut eivät myöskään ole mitoitettu testissä olleen megapixel ip – kamerassa käytetyille kuvakoolle. Taulukoissa 4-7 olevia tietoja tulkitaan tarkemmin kuitenkin vielä seuraavassa johtopäätöksiä kapaleessa.

TAULUKKO 4. Ote ACTI -kameran mittaustuloksista

ACTI CAM-5300HP (720x576, MPEG-4)					
Bittivirran yläraja	Kuvanop.	Bittivirta	Kuvanlaatu		
			kbit/s	K-120	K-50
3Mbit/s	1	800	k	k	k
	6	2950	k	k	k
	12	2950	k	k	k
	25	2950	k	k	k
2Mbit/s	1	800	k	k	k
	6	2011	k	k	k
	12	2011	k	k	k
	25	2011	k	k	k
1Mbit/s	1	800	k	k	k
	6	1020	k	k	k
	12	1020	k	k	k
	25	1020	k	k	k
500kbit/s	1	540	k	k	k
	6	540	k	k	k
	12	540	k	k	k
	25	540	e	e	e
384kbit/s	1	400	k	k	k
	6	400	k	e	k
	12	400	e	e	e
	25	420	e	e	e

TAULUKKO 5. Ote Samsung -kameran mittaustuloksista

Samsung SNC-550 (704x576, MPEG)					
Pakkaustaso	Kuvanop.	Bittivirta	Kuvanlaatu		
			kbit/s	K-120	K-50
High	1	180	k	k	k
	5	690	k	k	k
	10	1100	k	k	k
	25	2400	k	k	k
Normal	1	102	k	k	k
	5	350	k	k	k
	10	730	k	k	k
	25	1600	k	k	k
Lowest	1	65	e	e	e
	5	200	e	e	e
	10	360	e	e	e
	25	840	k	e	e

TAULUKKO 6. Ote VIVOTEK -kameran mittaustuloksista

VIVOTEK IP6122 (704x576, MPEG-4)					
Pakkaustaso	Kuvanop.	Bittivirta	Kuvanlaatu		
		kbit/s	K-120	K-50	K-10
High	1	110	e	k	k
	5	450	e	k	k
	10	500	e	k	k
	25	580	e	k	k
Normal	1	48	e	k	k
	5	160	e	k	k
	10	240	e	e	k
	25	270	e	e	e
Lowest	1	10	e	e	e
	5	30	e	e	e
	10	65	e	e	e
	25	80	e	e	e

TAULUKKO 7. Ote Acti mp –kameran mittaustuloksista

ACTI ACM-4200 (1280x1024, MPEG-4)					
Bittivirran yläraja	Kuvanop.	Bittivirta	Kuvanlaatu		
		kbit/s	K-120	K-50	K-10
3Mbit/s	1	3000	k*	k*	k*
	4	3000	k*	k*	k*
	8	3000	k*	k*	k*
2Mbist/s	1	2000	k*	k*	k*
	4	2000	k*	k*	k*
	8	2000	k*	k*	k*
1Mbit/s	1	810	k*	k*	k*
	4	810	k*	k*	k*
	8	810	k*	k*	k*
500kbit/s	1	510	k*	k*	k*
	4	510	k*	k*	k*
	8	510	k*	k*	k*
256kbit/s	1	280	k*	k*	k*
	4	280	k*	k*	e*
	8	280	e*	k*	e*
128kbit/s	1	200	e*	e*	e*
	4	200	e*	e*	e*
	8	200	e*	e*	e*
56kbit/s	1	200	e*	e*	e*
	4	200	e*	e*	e*
	8	200	e*	e*	e*

\* kuva koko ei menetelmän mukainen ks. johtopäätökset osio

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimusongelmana olleeseen kysymykseen, voidaanko ip –pohjaisella kamera-valvontajärjestelmällä saada hyvälaatuista valvontakuvaa, on tutkimuksen perusteella helppo vastata ja vastaus on, että kyllä voidaan. Tuloksin mahdollisuuksia antaa kuitenkin monella eri tasolla, ja ”hyvä” valvontakuvan laatu on monien eri muuttuvien osatekijöiden summa. Kuten todettua lähtökohtana tuotettavalle valvontakuvan laadulle ovat sille etukäteen esitetyt vaatimukset ja käyttötarkoitus. Käytetäänkö kuvaa esimerkiksi havaitsemiseen tai tunnistamiseen, pitääkö kuvasta nähdä tapahtuma, vai riittääkö pelkkä yksittäinen kuva ja niin edelleen.

Menetelmää arvioitaessa tulee myös huomioida, että se on suunniteltu liikkumattoman kohteen laadun arviointiin vakioituissa olosuhteissa. Usein kameravalvontajärjestelmät toimivat vaativissa jatkuvasti muuttuvissa valaistus ja sääolosuhteissa kohteiden liikkua nopeasti kuva-alueen läpi, eikä tässä tutkimuksessa käytetyllä menetelmällä voitu juurikaan arvioida kuvanlaatua liikkuvalla kohteella tai kameroiden suorituskykyä hämärissä olosuhteissa. Liikkuvasta kohteesta otetun kuvan laatu ei kuitenkaan normaaliolosuhteissa voi sanoa huomattavasti poikkeavan liikkumattoman kohteen kuvan laadusta. Kameroissa on myös useita erilaisia vaativiin olosuhteisiin kehitettyjä toimintoja, kuten kuvan muuttaminen mustavalkoiseksi heikoissa valaistusolosuhteissa.

Taulukoista luettavissa olevat kuvanlaatuarviot antavat kohtalaisen mustavalkoisesta kuvan saaduista tuloksista. Tuloksia tulisi kuitenkin tulkita ensinnäkin siten, että testissä olleilla laitteilla voidaan saavuttaa useimpiin tilanteisiin riittävä valvontakuvan laatu tarvittavan datavirran pysyessä ethernet -verkkoon sopivana vaikka järjestelmässä olisi useita kymmeniä kameroita. Kameroissa olevilla asetuksilla on mahdollista myös pakkausta ja/tai bittivirtaa säätämällä päästä tilanteeseen, jossa kameralta saatava kuva ei enää vastaa kuvan laadulle vaadittuja kriteereitä ja samalla päästen varsin minimaaliseen verkkokuormitukseen - mutta esimerkiksi hitaan adsl -yhteyden yli kuvia siirrettäessä tämäkin saattaa olla tarpeel-

lista. Edelleen taulukossa olevia kyllä tai ei tuloksia pitäisi tässä tapauksessa soveltaa hieman liukuvammin ja pyrkiä etsimään ennemminkin hyväksytyjen ja hylättyjen testitulosten välinen harmaa alue, jolloin varmuudella hyväksytyt ja hylätyt tulokset olisi selkeästi erotettavissa toisistaan. Kaikkien testattujen kameroiden kohdalla on myös havaittavissa selkeää kuvanlaadun edelleen paranemista annettaessa datavirran kasvaa hyväksytyin testitulosten rajalta lähemmäs kameran säätöarvojen ylärajaa.

Vaikka valvontakuvan kuvalaatu sinänsä testitulanteessa täytti testitaulumenetelmän edellyttämät laatuvaatimukset, on kuitenkin hyvä myös huomioida joitakin muita kuvalaatuun vaikuttavia seikkoja. Esimerkiksi Acti -kameralla suoritetuissa testeissä, huolimatta sinänsä hyväksyttävästä testituloksesta, dataliikenteen rajaus säätömahdollisuuksien alarajoille kuvaa voimakkaasti pakkaamalla yhdistettynä isompiin kuvanopeuksiin saattoi aiheuttaa valvontakuvan joillekin alueille epätarkkuutta ja täydellistä yksityiskohtien katoamista, jolloin ko. alueella tapahtuva muutos saattoi hyvinkin jäädä havaitsematta. Kuvassa havaittavissa oleva voimakas ”pakkaus-rasteri” vaikuttaa myös kuvan seuraamisen mielekkyyteen reaaliaikaisessa valvontatilanteessa.

Seuraavissa arvioissa on huomioitu varsinaisen testitaulumenetelmän tulokset ja lisäksi on pyritty huomioon ottamaan muita edellä esitettyjä seikkoja, sekä eri kamera-merkkien eroavaisuuksia.

Käytettäessä esimerkiksi kuvanopeutta 1 kuva/s kuvakoon ollessa 704x576, vaikutti kameran pakkaustaso ja liikennevirta vaativan säätöä yli 100 kbit/s nopeuteen, jolloin on mahdollista olla edelleen hyväksyttävällä alueella sekä testitaulumenetelmällä, että muuten kuvan havaittavaa pakkaantuneisuutta arvioitaessa.

Käytettäessä esimerkiksi kuvanopeutta 25 kuva/s kuvakoon ollessa 704x576, tulisi kameran pakkaustason tai datavirran minimiarvon olla säädetty siten, ettei datavirtaa pienennetä alle 1 Mbit/s nopeuteen, koska tällöin kuvassa havaittava pakkauksen aiheuttama rasteri saattaa alkaa muuttua kuva alaa hallitsevaksi tekijäksi, samoin testitaulumenetelmällä saatavassa kuvalaadussa siirrytään selkeästi hyväksyttävältä alueelta ”harmaalle alueelle”, jossa vaaditut kriteerit saattavat täytyä edelleen pienemmälläkin datavirralla, mutta tulokset alkavat kuitenkin olemaan



tulkinnanvaraisia. Havaittavaa on, että suuremmilla kuva nopeuksilla tehokas videokuvan pakkaus vaikuttaa voimakkaammin verrattuna esim. 1 kuva/s nopeuden tarvitsemaan tilaan, jolloin kuvanopeuden nosto ei nosta vaadittavaa datavirtaa samassa suhteessa.

Vertailun vuoksi käytettiin Samsung -kameralla myös MPEG4 pakkauksen sijaan yksittäiskuvien JPEG -pakkausta, jolloin datavirta oli selkeästi suurempi (esimerkiksi yli 6 Mbit/s datavirtaan käytettäessä 25 kuvaa/s nopeutta) kuvan laadun kuitenkaan parantumatta. Samoin testattaessa edelleen esimerkiksi 25 kuva/s kuvatahdilla voimakkaalla pakkaustasolla oli verkkoliikenne luokkaa 2,8 Mbit/s JPEG -paketun kuvalaadun ollessa täysin ala-arvoista, eikä kuvanopeuden pudottamisella tahtiin 1 kuva/s ja sen tuottamalla noin 150 kbit/s datavirralla saatu lähellekään hyväksyttävää kuvanlaatua. Tämä kuitenkin osaltaan vain vahvistaa MPEG pakkauksen tehokkuudesta annettua kuvaa. .

Testauksessa vertailuna käytetyllä Acti -megapixel kameralla oli mahdollista myös saavuttaa hyvä valvontakuvan laatu varsin kohtuullisella datavirran määrällä. Käytettäessä kamerassa suurinta mahdollista kuvakokoa 1280x1024 oli kuvanopeus säädettävissä välillä 1 - 8 kuvaa/ s. Datavirta oli kamerassa säädettävissä 56 kbit/s nopeudesta rajoittamattomaan, jolloin maksimi arvo oli mitattuna n. 5 Mbit/s. Tosin testattavassa kamerassa pienin mahdollinen datavirran arvo jäi annetusta säätöarvosta huolimatta noin 200 kbit/s nopeuteen. Kameralla saatava suurempi kuva koko antaa selkeää etua kuvaa tarkasteltaessa esimerkiksi isommalla näytöllä, sekä kuvan osa-alueiden suurentamisessa. Kamera myös tarjoaa periaatteessa paremman erottelun jo pienillä 200 kbit/s datavirroilla testitaulumenetelmää käytettäessä, tosin kuten jo aikaisemmin on todettu, menetelmä ei ole vertailukelpoinen tällä kuvakoollla, ja tästä syystä myös tulokset on merkitty taulukkoon (\*)-merkinnällä (Taulukko 7). Kameralla saatava kuvanlaatu on kuitenkin varsin hyvälaatuista kaikilla kuvanopeuksilla (1 – 8 f/s) kun datavirran annetaan kasvaa yli 500 kbit/s nopeuteen ja siitä edelleen ylöspäin.

Tietoverkkoa hyödyntävät valvontajärjestelmät ovat tänä päivänä täysin kilpailukykyinen vaihtoehto ja epäilemättä tulevaisuuden yhä kehittyvät tekniikat rakentuvat erilaisten tietoteknisten ratkaisujen ja tietoverkkojen varaan.

## LÄHTEET

Casad, J. & Willsey, B., P.1999. TCP/IP Trainer. Jyväskylä: Gummerus

Damjanovski, V., P. 2005. CCTV Networking and Digital Technology. UK: Elsevier Inc.

Dasys Oy. [verkkojulkaisu][viitattu 15.01.2008] Saatavissa: [www.dasys.fi](http://www.dasys.fi)

IEEE802.3af Power over Ethernet.[verkkojulkaisu][viitattu04.01.2007] Saatavissa: [http://www.poweroverethernet.com/articles.php?article\\_id=52](http://www.poweroverethernet.com/articles.php?article_id=52)

Introduction to Charge-Coupled Devices. [verkkojulkaisu][viitattu 15.12.2007] Saatavissa: <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/digitalimaging/index.html>

Introduction to CMOS Image Sensors. [verkkojulkaisu] [viitattu15.12.2007] Saatavissa: <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/digitalimaging/index.html>

Jokinen, J., P. 2004. Digikuva. 1. painos. Helsinki: Edita Prima

Kameravalvonnan K-menetelmä. [verkkojulkaisu][viitattu 05.02.2008] Saatavissa: <http://www.fkl.fi/asp/system/empty.asp?P=3079&VID=default&SID=834119902599986&S=2&A=closeall&C=32346>

LAN – Local Area Networks. [verkkojulkaisu][viitattu 18.01.2008] Saatavissa: <http://www.it.lut.fi/kurssit/07-08/CT30A2000/Lectures/Luento8.pdf>

Litwiller, D., CCD vs. CMOS. [verkkojulkaisu][viitattu 04.01.2008] Saatavissa: [http://www.dalsa.com/shared/content/Photonics\\_Spectra\\_CCDvsCMOS\\_Litwiller.pdf](http://www.dalsa.com/shared/content/Photonics_Spectra_CCDvsCMOS_Litwiller.pdf)

Reulke, R., 2003. Film-based and Digital Sensors – Augmentation or Change in Paradigm, Photogrammetric Week 2003, pp. 41-52. [verkkojulkaisu][viitattu 15.01.2008] Saatavissa: [foto.hut.fi/opetus/220/luennot/2/L2\\_2003.htm](http://foto.hut.fi/opetus/220/luennot/2/L2_2003.htm)

Sensorcleaning.com - What is a Sensor. [verkkojulkaisu] [viitattu 14.01.2008] Saatavissa: [http://www.sensorcleaning.com/pics/CCD\\_sensor\\_diagram.jpg](http://www.sensorcleaning.com/pics/CCD_sensor_diagram.jpg)

Seppälä, K. & Ageeko, E. 2003. Digitaalisen kuvankäsittelyn perusteet. [verkkojulkaisu][viitattu 17.12.2007] Saatavissa: [http://cs.joensuu.fi/pages/ageenko/public/notes/ea\\_dkp03.pdf](http://cs.joensuu.fi/pages/ageenko/public/notes/ea_dkp03.pdf)

Tarkoma, J., P. 2003. Digikuvaus. 2. painos. Hämeenlinna: Karisto Oy

The Evolution of Video Surveillance - from CCTV to IP-Based. [verkkojulkaisu][viitattu 15.01.2008] Saatavissa: [www.onssi.com/knowledgebase/evolution.php?pvc=.](http://www.onssi.com/knowledgebase/evolution.php?pvc=)

True Depth of Field - Cmos sensor array. [verkkojulkaisu][viitattu 15.01.2008] Saatavissa: <http://izhals.fotopages.com/?entry=769645>