

Jani Hassinen

LANGATON KOHTEEN VALVONTA

Insinöörityö  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Syksy 2002



Osasto	Koulutusohjelma
Tekniikka	Tietotekniikka
Tekijä(t)	
Jani Hassinen	
Työn nimi	
Langaton kohteen valvonta	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot	Ohjaaja(t)
Mittaustekniikka	Jukka Heino
Aika	Sivumäärä
25.9.2001 - 5.12.2002	35
Tiivistelmä	
<p>Insinööriyön päätavoitteena oli tutkia eri vaihtoehtoja, miten toteuttaa langaton kohteen valvonta. Lisäksi tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa prototyyppi langattomasta kohteen valvontalaitteistosta, joka ottaa kohteesta määrätyin väliajoin pysäytyskuvan ja lähettää sen käyttäjälle, jos kohteessa on tapahtunut muutosta edelliseen kuvaushetkeen verrattuna.</p> <p>Tutkinta selvitti, että tiedonsiirtomenetelmiä on useita, ja että oikean tavan valinta riippuu käyttöolosuhteista, siirtomatkasta sekä muista sovelluksen ominaisuuksiin liittyvistä seikoista.</p> <p>Laitteisto koostuu valvontakamerasta, keskusyksiköstä, joka suorittaa kuvien vertailun ja muodostaa kuvatiedoston sekä GSM-modeemista, joka lähettää kuvatiedoston Nokian 9210-kommunikaattoriin.</p> <p>Prototyyppi langattomasta kohteen valvontalaitteistosta tehtiin Kajaanin ammattikorkeakoulun rehtori Kari Juntuselle.</p>	
Luottamuksellinen	
Kyllä Ei	
Hakusanat	
Säilytyspaikka	



**Kajaanin  
ammattikorkeakoulu**  
Kajaani Polytechnic

**ABSTRACT  
FINAL YEAR PROJECT**

Faculty	Degree programme
Faculty of Engineering	Information Technology
Author(s)	
Jani Hassinen	
Title	
A Wireless Electronic Surveillance System	
Optional professional studies	Instructor(s) / Supervisor(s)
Measurement technology	Jukka Heino
Date	Total number of pages
25 September 2001 - 5 December 2002	35
Abstract	
<p>The main purpose of this final year project was to study various ways to build a wireless electronic surveillance system. The second purpose was to design and produce a prototype of a wireless electronic surveillance system that takes a still picture of the target at the determined intervals and sends it to the user if the consecutive still pictures are different.</p> <p>The studying informed that there are a number of methods how to transfer the data by using this kind of applications. The selection of the best method depends on the circumstances, distance of transfer and the application, with its properties.</p> <p>The equipment of the prototype contains a camera, the main unit which compares the taken pictures and produces the picture file, and a GSM-modem which sends the file to Nokia's 9210 communicator. The wireless electronic surveillance system was built in the information technology laboratory of Kajaani Polytechnic.</p> <p>The wireless electronic surveillance system was commissioned by Kari Juntunen, President of Kajaani Polytechnic.</p>	
Confidential	
Yes	
No	
Keywords	
Deposited at	

## ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty Kajaanin ammattikorkeakoululle, rehtori Kari Juntuselle syksyn 2001 ja syksyn 2002 aikana. Työn suunnittelu ja toteutus on tehty Kajaanin ammattikorkeakoulun tietotekniikan laboratoriossa. Työ oli haastava, mutta hyvin opettavainen ja palkitseva.

Haluan kiittää työn tilaajaa ja valvojana toiminutta tietoliikenteen yliopettaja Jukka Heinoa työn ohjauksesta, laboratorioinsinööri Ismo Talusta avusta ja avovaimoani Tiina Kilpeläistä sekä muita lähimmäisiäni tuesta ja kärsivällisyydestä.

Kajaanissa 5.12.2002

Jani Hassinen

## SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO .....	7
2 YLEISTÄ.....	8
2.1 Videosignaali.....	8
2.2 Kuvatiedostomuodot .....	12
2.2.1 BMP-kuvatiedosto .....	12
2.2.2 JPEG-kuvatiedosto.....	17
2.2.3 Vektorigrafiikka .....	18
2.3 Kuvien vertailu.....	18
2.4 Siirtomahdollisuudet.....	20
2.4.1 Koaksiaalisiirto.....	20
2.4.2 Videosignaalin siirto symmetrisessä kaapelissa .....	21
2.4.3 Videosignaalin siirto valokaapelissa .....	21
2.4.4 Suurtaajuussiirto .....	23
2.4.5 Tv-linkit .....	24
2.4.6 Digitaaliset siirtojärjestelmät .....	25
3 VALVONTALAITTEISTON VAATIMUKSET .....	28
3.1 Kuvan laadun vaatimukset .....	28
3.2 Kuvan laadun rajoitukset.....	28
4 VALVONTALAITTEISTON RAKENNE .....	29
5 TULOKSET JA TARKASTELU .....	31
5.1 Suunnittelu .....	31
5.2 Rakentaminen.....	32
5.3 Tulokset .....	32
6 JATKOKEHITTELYMAHDOLLISUUDET.....	33
7 YHTEENVETO .....	34
LÄHDELUETTELO .....	35

## SYMBOLILUETTELO

ADC	Analog to Digital Converter
bmp	bit map
CCIR	Comité Consultatif des Radiocommunications
GSM	Global System for Mobile Communications
kbit/s	kilobit/second
OS/2	Operating system
RAM	Random Access Memory
RLE	Run-Length Encoding

## 1 JOHDANTO

Tämä insinööriö käsittelee langatonta kohteen valvontaa ja seikkoja, jotka kannattaa ottaa suunnitteluvaiheessa huomioon.

Insinööriöön päätavoitteena oli tutkia eri vaihtoehtoja miten toteuttaa langaton kohteen valvonta. Lisäksi tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa prototyyppi langattomasta kohteen valvontalaitteistosta, joka ottaa kohteesta määrätyin väliajoin pysäytyskuvan ja lähettää sen käyttäjälle, jos kohteessa on tapahtunut muutosta edelliseen kuvaushetkeen verrattuna.

Laitteiston vaatimuksena oli, että se olisi halvempi kuin markkinoilla nykyisin olevat tuotteet. Lisäksi laitteisto eroaa jo markkinoilla olevista valvontajärjestelmistä, sen langattomuuden ja kuvatiedoston lähetystoiminnon ansiosta.

Työn suunnittelusta vastasi Jani Hassinen. Työn kustansi Kajaanin ammattikorkeakoulu. Työn valvojana toimi Kajaanin ammattikorkeakoulun tietoliikenteen yliopettaja Jukka Heino ja työn tilaajana Kajaanin ammattikorkeakoulun rehtori Kari Juntunen.

## 2 YLEISTÄ

Tekstiä on oleellisilta osiltaan lainattu lähteestä [1].

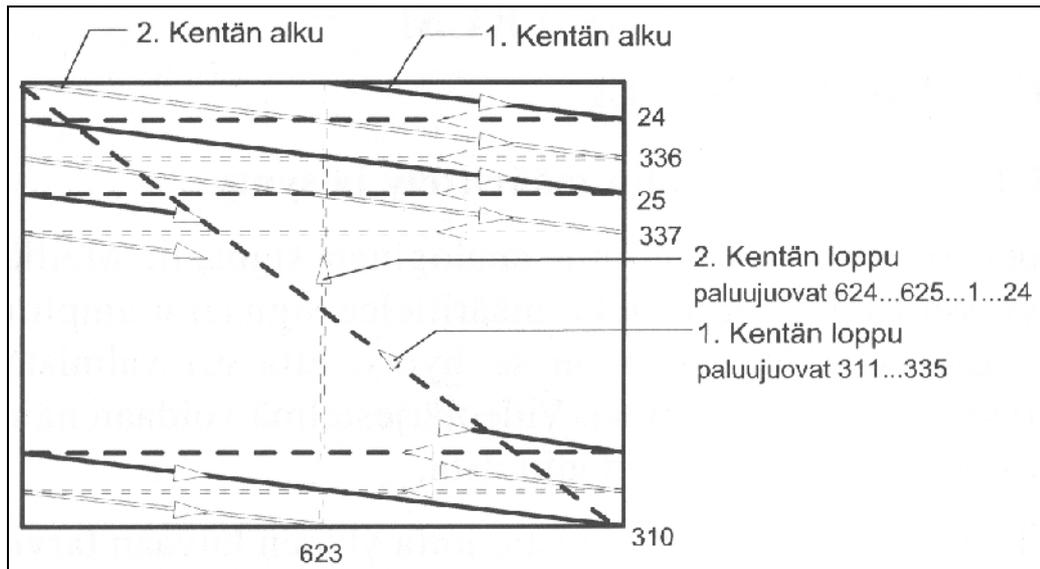
### 2.1 Videosignaali

Videosignaali on normioitu analoginen signaali. Suomessa on CCIR-normi, joka määrittelee signaalin amplitudin ja ajoituksen. Normista on se hyöty, että eri valmistajien laitteet ovat yhteensopivia. Videojärjestelmä voidaan näin ollen koota eri valmistajien laitteista.

Videokuva muodostuu juovista, joita yhteen kuvaan tarvitaan 625 kappaletta. Kuvan muodostumista voidaan verrata kirjan tai lehden lukemiseen. Lukeminen tapahtuu riveittäin: luetaan ensimmäinen rivi vasemmalta oikealle, jonka jälkeen siirrytään seuraavalle ja niin edelleen. Videokuva luetaan sekä kamerassa että monitorissa juovittain, joissa juova vastaa tekstiriviä. Kun ensimmäinen rivi eli juova on luettu, siirrytään seuraavalle. Aikaa, jona rivinsiirto tapahtuu, sanotaan juovasammutusajaksi ja sinä aikana ei informaatiota lueta eikä kirjoiteta. Kun kuvan kaikki rivit on luettu, palataan uudelleen alkuun ja luetaan samat juovat uudelleen. Tätä aikaa sanotaan kuvasammutusajaksi, jonka aikana ei informaatiota lueta eikä kirjoiteta.

Asia ei kuitenkaan ole ihan näin yksinkertainen. Normin mukainen tv-kuva on lisäksi lomiteltu, mikä tarkoittaa sitä, että kokokuva on jaettu kahteen puoli-kuvaan eli kenttään. Ensin piirretään 1. kenttä (juovat 1 – 312) ja sen jälkeen 2. kenttä (juovat 313 – 625). Lomittelun tarkoituksena on vähentää kuvassa esiintyvää välkkymistä. Kuvassa 1 on esitetty kaaviollisesti kuvan luenta sekä kuvassa 2 kaaviokuva kentänvaihtopulsseista 1. ja 2. kentän alussa ja lopussa CCIR-normin mukaan.





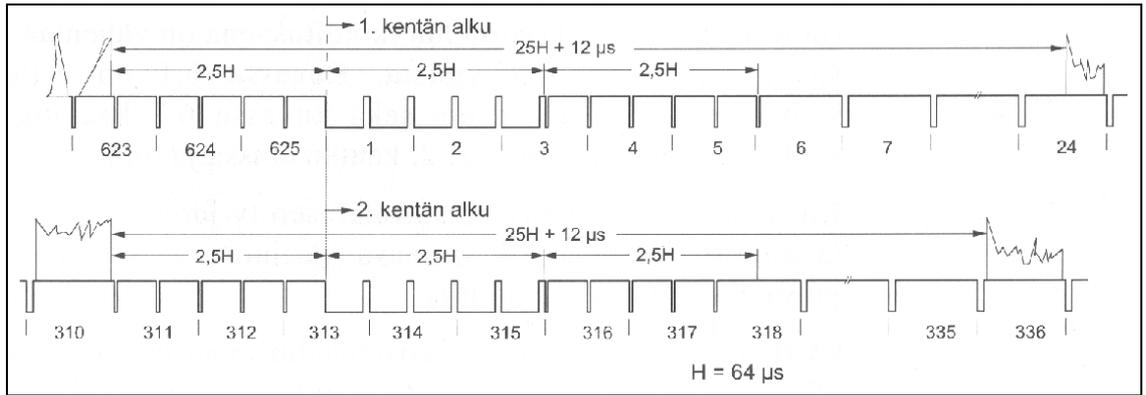
Kuva 1. TV-kuvan muodostuminen juovista. [1]

1. kenttä: Ensimmäinen informaatiojuova on juova 24 (puoli juovaa). Viimeinen informaatio on juova 310. Sen jälkeen paluu vasempaan ylälaitaan, juovat 311 – 223 (25 juovaa + 25  $\mu$ s)

2. kenttä: Ensimmäinen informaatiojuova on juova 336, viimeinen 623 (puoli-juova). Paluu ylälaitaan, juovat 624 – 625 ja 1 – 23.

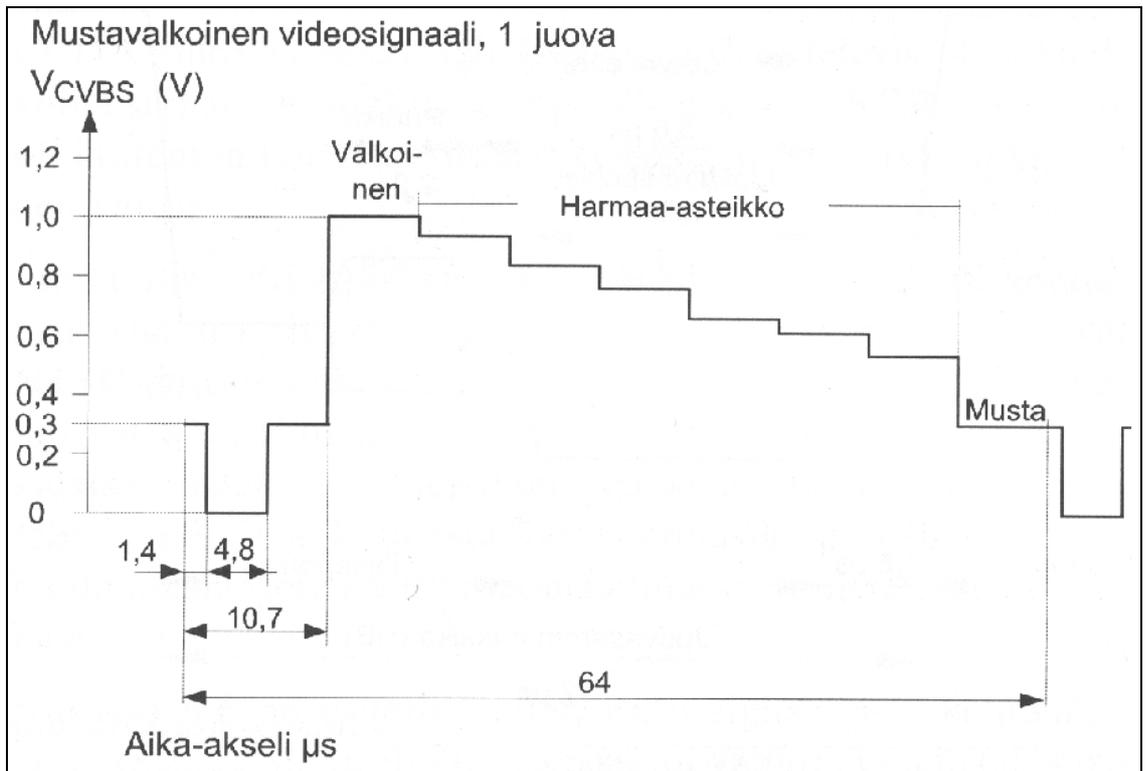
Kuvanvaihtoon käytetään yhteensä 50 juovaa ja koko kuvan informaation esittämiseen 575 juovaa eli yhteensä 625 juovaa. Reaaliaikaisessa videokuvassa lähetetään 25 kuvaa sekunnissa eli yhdessä sekunnissa lähetetään  $25 \times 625 = 15\,625$  juovaa. Juova- eli horisontaalitaajuus on siten  $15\,625$  Hz ja sen käänteisarvosta saadaan yhden juovan kesto aika  $64 \mu$ s.

Kuvassa 3 on esitetty mustavalkoisen tv-juovan amplitudit sekä ajoitus ja kuvassa 4 vastaava värijuova.



Kuva 2. Kenttätahtistuspulssit, kenttäsammutuspulssit ja tasauspulssit. [1]

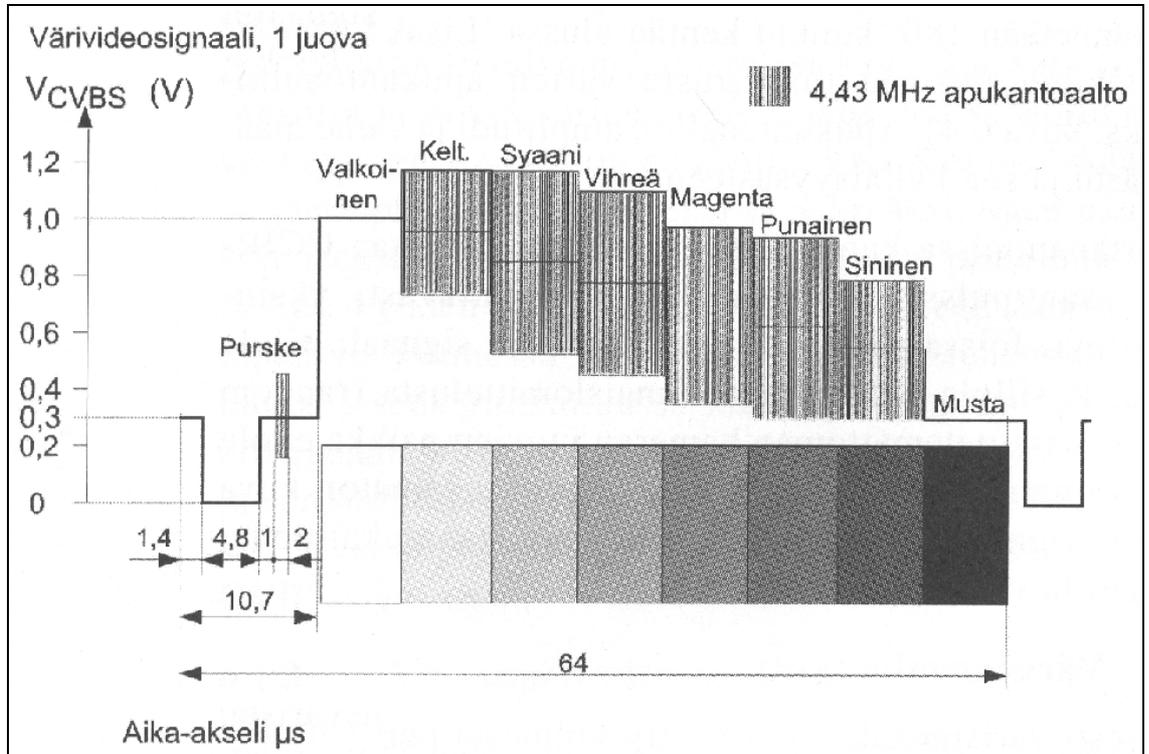
CCIR-normin mukaisen videosignaalin amplitudi on  $1 V_{hh}$   $75 \Omega$ :iin mitattuna. Kuvan 3 mukaisesti videosignaalin amplitudi vaihtelee  $0,3 - 1,0 V$ , missä  $0,3 V$  edustaa mustaa ja  $1,0 V$  edustaa valkoista. Tälle välille jäävät arvot edustavat harmaasävyjä mustasta valkoiseen. Tahdistuspulssit ovat  $0 - 0,3 V$  tasolla ja ovat siten "ylimustia" eivätkä näy kuvassa.



Kuva 3. Mustavalkoinen tv-juova (harmaapalkki). [1]

Väri-informaatio on lisätty mustavalkokuvaan apukanta-aallon avulla. Suomessa käytössä oleva värijärjestelmänormi on nimeltään PAL (Phase Alternation Line). Siinä apukanta-aallon taajuus on valittu siten, että se ei häiritsisi mustavalkokuvan vastaanottoa. Taajuus on juovataajuuden 283:n ja 284:n harmonisen puolivälissä eli taajuus on  $283,5 \times 15\,625 \text{ Hz} = 4\,429\,687,5 \text{ Hz}$ . Tällä taajuudella saadaan väriin liittyvät sivukaistat osumaan juovataajuuden harmonisten yliaaltojen väliin, jolloin valotiheys- ja värisignaalien keskinäiset häiriöt minimoituvat. PAL-järjestelmässä värisignaalin vaihe käännetään  $180^\circ$  jokaisen juovan alussa. Lisäksi kunkin juovan alkuun lisätään tunnistusta varten apukanta-aaltopurske (kuva 4). Apukanta-aallon amplitudi ja vaihe määräävät värin ja sen kylläisyysasteen.

Amerikkalainen NTSC-järjestelmä eroaa PAL-järjestelmästä kuvataajuudeltaan, sillä siinä lähetetään 25 kuvan sijasta 30 kuvaa sekunnissa. Toisekseen NTSC-järjestelmässä värisignaalin vaihetta ei käännetä  $180^\circ$  ja tästä seuraa ettei NTSC-järjestelmän värisävyt pysy oikeana.



Kuva 4. Väri-tv-juova (väripalkki). [1]

Halvemmissa kameroissa pulssit eivät vastaa CCIR-normia, vaan pulssit saattavat olla huomattavasti yksinkertaistettuja. Joissakin tapauksissa kameran signaalia ei ole lomiteltu, ja silloin puhutaan satunnaislomittelusta (random interlace). Lomittelemattoman kameran juovien paikka ei ole vakio kuvapinnalla, vaan kuva ”elää”. Lomittelematon kuva ei sovellu yleensä aika-viivenauhureille, monikuvajakajille tai kuvamuistilla varustetuille laitteille.

## 2.2 Kuvatiedostomuodot

### 2.2.1 BMP-kuvatiedosto

BMP-tiedostoformaatti on Microsoft Windowsin bittikarttaformaatti laitteisto-riippumattomille bittikartoille (Device Independent Bitmap, DIB). Se voi sisältää kuvia, joissa on 1, 4, 8 tai 24 bittiä kuvapisteellä eli pikselillä, ja se on talletettu yksittäisinä riveinä alhaalta ylös ja vasemmalta oikealle. Tästä formaatista on olemassa kaksi yhteensopimatonta versiota, yksi joka esiintyy OS/2-käyttöjärjestelmän ja toinen Microsoft Windows-käyttöjärjestelmän yhteydessä, joista jälkimmäinen on uudempi ja yleisempi. BMP-formaatti tukee RLE-pakkausta, mutta tätä mahdollisuutta on harvoin käytetty. [2, s. 173]

BMP-tiedoston ohjelmallinen rakenne alkaa Bitmapfileheader-strukturilla, jonka sisältämissä kentissä määritellään tiedoston tunnus (`bfType`), tiedoston koko (`bfSize`) ja bittikartan bittien alkupaikka tiedostossa tiedoston alusta laskettuna (`bfOffsetBits`). Lisäksi strukturi sisältää kaksi varattua kenttää, joiden arvot on asetettava nolaksi (`bfReserved1` ja `bfReserved2`):

```
typedef struct tagBITMAPFILEHEADER
{
    WORD        bfType;
    DWORD       bfSize;
    WORD        bfReserved1;
    WORD        bfReserved2;
    DWORD       bfOffsetBits;
}
BITMAPFILEHEADER, *PBITMAPFILEHEADER;
```

Tätä seuraa bitmapinfoheader-strukturi, jonka sisältämissä kentissä määritetään tämän struktuurin koko (`biSize`), kuvan leveys (`biWidth`), kuvan korkeus (`biHeight`), tasojen määrä (`biPlanes`), väribittien määrä kuvapistettä kohden (`biBitCount`), pakkaustapa (`biCompression`), bittikartan bittien määrä tavuina (`biSizeImage`), resoluutio vaakasuunnassa ilmoitettuna kuvapistettä/metri (`biXPelsMeter`), resoluutio pystysuunnassa ilmoitettuna kuvapistettä/metri (`biYPelsMeter`), kuvassa olevien värien määrä (`biClrUsed`) ja kuvassa olevien tärkeiden värien määrä (`biClrImportant`):

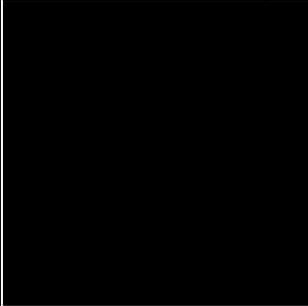
```
typedef struct tagBITMAPINFOHEADER
{
    DWORD    biSize;
    LONG     biWidth;
    LONG     biHeight;
    WORD     biPlanes;
    WORD     biBitCount;
    DWORD    biCompression;
    DWORD    biSizeImage;
    LONG     biXPelsPerMeter;
    LONG     biYPelsPerMeter;
    WORD     biClrUsed;
    WORD     biClrImportant;
}
BITMAPINFOHEADER, *PBITMAPINFOHEADER;
```

Tämän jälkeen on `rgbquad`-strukturi, jossa määritellään sinisen (`rgbBlue`), vihreän (`rgbGreen`) ja punaisen (`rgbRed`) värin voimakkuus. Lisäksi strukturi sisältää yhden varatun kentän (`rgbReserved`), jonka arvo on asetettava nolllaksi:

```
typedef struct tagRGBQUAD
{
    BYTE    rgbBlue;
    BYTE    rgbGreen;
    BYTE    rgbRed;
    BYTE    rgbReserved;
}
RGBQUAD;
```

Näiden kolmen edellä esitellyn rakenteen jälkeen tulee varsinainen kuvainformaatio, joka on määritelty edellä. Kuvassa 5 on esitettyä esimerkikkuva.bmp ja sen sisältö heksadesimaalimuodossa. Kuvan resoluutio on 250 x 250 ja väri musta.

esimerkkikuva.bmp



	Desimaali	Heksadesimaali
Vaakaresoluutio = 250	= 250	= FA
Pystyresoluutio = 250	= 250	= FA
Väribittiä/pikseli = 4	= 4	= 4

esimerkkikuva.bmp heksadesimaali-muodossa

```

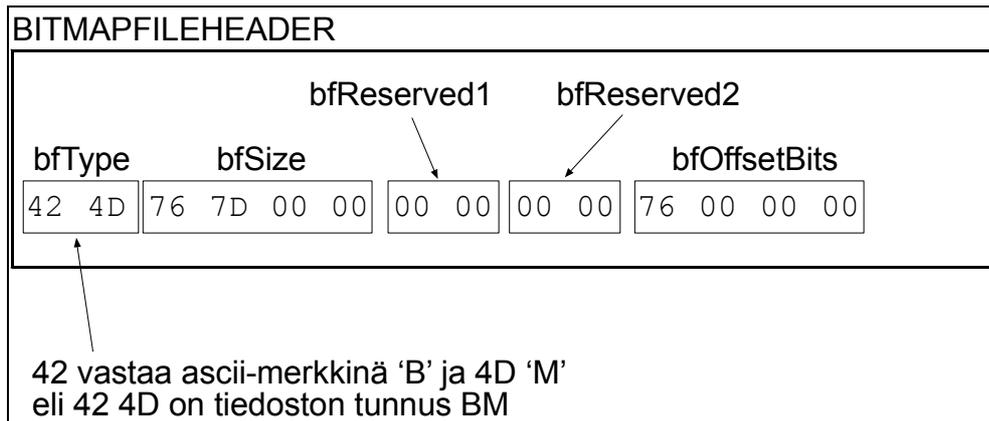
42 4D 76 7D 00 00 00 00 00 00 76 00 00 00 28 00
00 00 FA 00 00 00 FA 00 00 00 01 00 04 00 00 00
00 00 00 7D 00 00 12 0B 00 00 12 0B 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 11 11 11 00 22 22
22 00 33 33 33 00 44 44 44 00 55 55 55 00 66 66
66 00 77 77 77 00 88 88 88 00 99 99 99 00 AA AA
AA 00 BB BB BB 00 CC CC CC 00 DD DD DD 00 EE EE
EE 00 FF FF FF 00 00 00 00 00...

...00 00 00 00

```

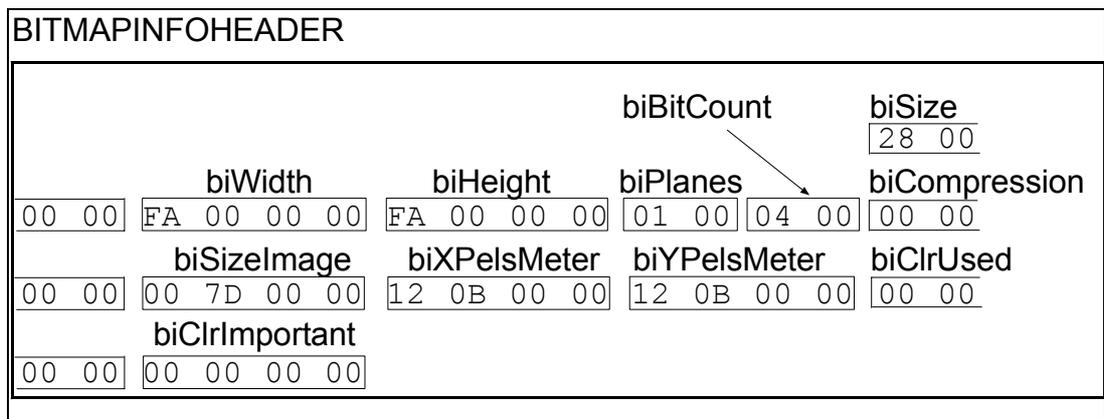
*Kuva 5. Esimerkkikuva.*

Kuvaan 6 on eritelty esimerkikkuva.bmp:n bitmapfileheader. Kuviin 6, 7 ja 8 merkityt kentät vastaavat edellä esiteltujen struktuurien kenttiä.



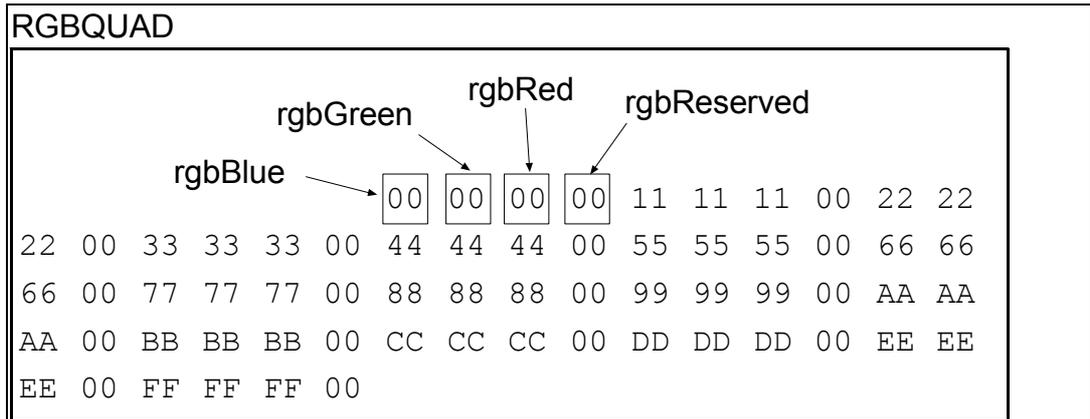
Kuva 6. Bitmapfileheader.

Kuvaan 7 on eritelty esimerkkikuvan bitmapinfoheader. Rakenteessa kaksi kertaa esiintyvä arvo "FA 00 00 00" on desimaaliksi muunnettuna 250 ja tarkoittaa kuvan vaaka- ja pystyresoluutiota. Kuvan väribittien määrä pikseliä kohden on puolestaan määritetty kentässä biBitcount. Kentän arvo 4 tarkoittaa tässä tapauksessa 16 harmaatasoa (kuva 8).



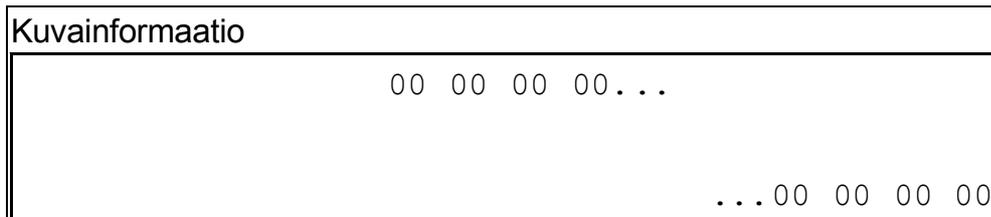
Kuva 7. Bitmapinfoheader.

Kuvaan 8 on eritelty esimerkkikuvan rgbquad, jossa on määriteltynä kuvan sisältämät 16 harmaatasoa mustan "00" -arvosta valkoisen "FF"-arvoon".



*Kuva 8. Rgbquad.*

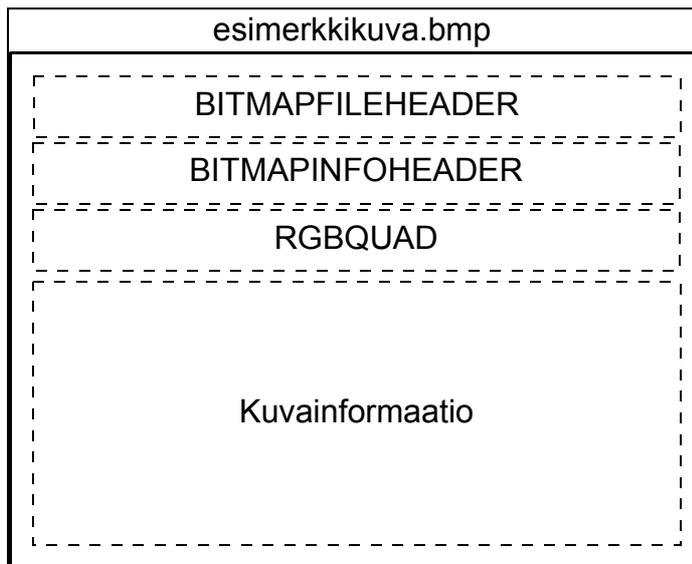
Kuvaan 9 on eritelty esimerkkikuvan kuvainformaatio. Esimerkkikuva.bmp on täysin musta, jonka takia yksittäisen pikselin arvo on 0. Toisin sanoen pikselin harmaataso esitetään rgbquad-struktuurin ensimmäisen harmaatason avulla.



*Kuva 9. Kuvainformaatio.*

Kuvatiedoston kokonaisrakenne on esitetty kuvassa 10. Bitmapfileheader- ja bitmapinfoheader-struktuurin koko on kuvasta riippumatta aina vakio. Rgbquad-struktuurin kokoon vaikuttaa, minkä verran kuvassa on harmaa- tai väritasoja. Esimerkiksi 8-bittinen kuva (kahdeksan bittiä kuvapistettä eli pikseliä kohden) käyttää 256 väritasoa.





*Kuva 10. BMP-kuvatiedoston rakenne.*

### 2.2.2 JPEG-kuvatiedosto

JPEG, joka tulee sanoista Joint Photographic Experts Group, on häviöllistä pakkausta käyttävä tiedostomuoto. Tallennus JPEG-muotoon (\*.jpg) hävittää kuvasta sellaisia yksityiskohtia, jotka eivät ole helposti ihmissilmän havaittavissa. Pakkauksen määrää voidaan säätää ja mitä enemmän sitä säädetään, sitä vähemmän tilaa se tarvitsee talletusta varten. JPEG on Internetin eniten käytetty kuvaformaatti.

Internetissä käytetään myös progressiivistä JPEG:ä, joka eroaa perus JPEG:stä kuvan purkamisen ja edelleen esittämisen suhteen. Tavallisessa JPEG:ssä koko kuva pakataan ja puretaan yhdellä kertaa, ja edelleen uudelleen muodostetaan ylhäältä alaspäin kokonaisuudessaan. Progressiivinen JPEG on jaettu pieniin osiin, jotka koodataan ja esitetään omana kokonaisuutenaan. Tämä tarkoittaa käytännössä, että kuva rakentuu ja tarkentuu asteittain. Progressiivinen JPEG on parhaimmillaan sovelluksissa, missä heikkotasoinenkin kuva on saatava nopeasti aikaan. Tällaisia sovelluksia ovat esimerkiksi liikkuvaa kuvaa käyttävät järjestelmät kuten videoneuvottelut. Toisaalta, vaikka tarvittaisiin tarkkaa kuvaa, progressiivistä JPEG voidaan käyttää järjestelmissä joissa tiedonsiirto on hidasta. Progressiivistä kuvaa tarkennetaan lisäinformaation

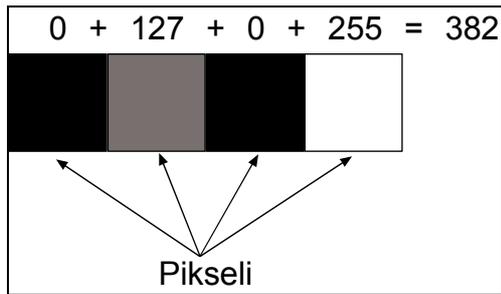
saapuessa. Tämä selittää viiveen hitaalla tiedonsiirtoväylällä varustettujen videoneuvottelujärjestelmien liikkuvan kuvan esityksessä.

### 2.2.3 Vektorigrafiikka

Vektorigrafiikka muodostuu matemaattisesti määritellyistä elementeistä ja niitä voidaan suurentaa kuvan laadun kärsimättä. Lisäksi vektorigrafiikan etuna on sen pieni koko. Pikselikuvakin on mahdollista muuntaa vektorigrafiikaksi, jolloin sitä voidaan käyttää liikkuvan kuvan esitykseen. Vektorigrafiikan haittapuoli on, että se tarvitsee kuvan muodostamiseen sekä sen näyttämiseen paljon laskentatehoa ja se on hidasta jopa nopeammilla prosessoreilla.

### 2.3 Kuvien vertailu

Kuvien vertailun avulla on pystyttävä päättämään, onko kohteessa tapahtunut muutosta peräkkäisten kuvien aikana. Vertailu on toteutettavissa laskemalla kuvan pikseliväriarvot yhteen (kuva 11). Vertailussa on otettava huomioon myös ympäristön kirkkauden vaihtelu. Tämä voidaan huomioida jakamalla kuvien pikseliväriarvojen summat keskenään. Näin saadaan korjauskerroin, jonka avulla kerrotaan uudemman kuvan pikseliväriarvot, jotta kuvat olisivat vertailukelpoisia. Seuraavaksi kuvasta lasketaan pikseliväriarvojen summa, jossa on huomioituna ympäristön kirkkauden vaihtelu. Kuvien pikseliväriarvojen summat jaetaan keskenään ja kerrotaan sadalla, jolloin saadaan kuvien prosentuaalinen eroavaisuus. Saatua prosentuaalista eroavaisuutta on helppo verrata sovittuun raja-arvoon.



*Kuva 11. Pikseliväriarvojen laskentaperiaate.*

Kuvassa 12 on esitettyä kaksi harmaasävykuvaa, joiden resoluutio on 100 x 100 pikseliä. Oikean puoleiseen esimerkkikuvaan on lisätty 20:n pikselin kokoinen musta alue. Vasemman puoleisen kuvan pikseliväriarvojen summa on 76507 ja oikean puoleisen kuvan 76207. Tästä saadaan lasketuksi esimerkkikuvien kuvainformaatioiden prosentuaaliseksi eroavaisuudeksi -0,4 %.



*Kuva 12. Kuvien vertailu.*

Kuvien vertailuun on käytettävissä myös muita tapoja, kuten esimerkiksi yksittäisten pikselien vertailua keskenään. Tämä on kuitenkin kohteen valvontaa ajatellen turhan herkkä, koska se havaitsisi puun oksan heilahduksen tai jopa lehden tippumisen puusta.

## 2.4 Siirtomahdollisuudet

Videosignaalin siirtoon on lukuisia eri mahdollisuuksia. Sitä voidaan siirtää epäsymmetrisessä koaksiaalikaapelissa, symmetrisessä pari- tai nelikierte-kaapelissa, siirto voi olla reaaliaikainen tai niin sanottu hidaskuvansiirto. Siirtoon voidaan käyttää optista kuitukaapelia tai langatonta linkkiyhteyttä. Linkki voi toimia radiotaajuuksilla tai se voi olla optinen, IR-linkki (infrapuna). Myös suurtaajuussiirtoa koaksiaalikaapelissa voidaan käyttää.

Siirtomenetelmän valinta riippuu paikallisista olosuhteista, siirtomatkasta sekä muista järjestelmän ominaisuuksiin liittyvistä seikoista.

### 2.4.1 Koaksiaalisiirto

Valvonta-tv-sovelluksissa ylivoimaisesti eniten käytetty siirtotapa on  $75 \Omega$  koaksiaalikaapeli, joka on edullinen menetelmä lyhyillä, alle 400 m siirtoetäisyyksillä. Tällöin lisälaitteita ei yleensä tarvita, koska kaikki laitteet ovat valmiiksi sovitettu  $75 \Omega$  epäsymmetrisiä kaapeleita varten.

Videokäyttöön on suunniteltu aivan omia kaapeleita, joiden ominaisuudet pysyvät mahdollisimman vakioina koko videotaajuusalueella. Videojärjestelmät pitäisi toteuttaa videokäyttöön tarkoitetulla kaapeleilla. Käytännössä kaapeliverkko rakennetaan usein suurtaajuuskaapeleilla (antennikaapeleilla), sillä niiden saatavuus on parempi. Suurtaajuuskaapeleiden ominaisuudet eivät kuitenkaan ole pienillä taajuuksilla yhtä hyvät kuin videokaapeleiden. Lisäksi suurtaajuuskaapelit ovat useimmiten varustettu foliovaipalla ja koaksiaaliliittimen asennus siihen ei ole yhtä helppoa ja luotettavaa kuin palmikkovaippaiseen videokaapeliin.

Koaksiaalikaapelin vaimennus kasvaa verrannollisena taajuuden neliöjuureen taajuuden kasvaessa. Kullakin kaapelityypillä on suurin sallittu siirtoetäisyys, ja se määrittelee kuhunkin kohteeseen parhaiten soveltuvan kaapelin. Raja-arvona valvonta-tv-sovelluksissa käytetään mustavalkoisen kuvan siirrossa 6

dB vaimennusta 5 MHz taajuudella (tai 8,5 dB 10 MHz) ja värisingnaalille 3 dB vaimennusta 5 MHz taajuudella (4,5 dB 10 MHz).

Kaapelin valintakriteerejä ovat:

- siirtoetäisyys, joka määrää kaapelin vaimennuksen.
- asennustapa, joka määrää kaapelin mekaaniset ominaisuudet.

Muita huomioonotettavia seikkoja ovat asennusreittien valinta erilaisten häiriölähteiden eliminoimiseksi sekä lämpötila-alue, koska kaapelien ominaisuudet ja varsinkin taivuteltavuus ovat lämpötilasta riippuvia.

#### 2.4.2 Videosignaalin siirto symmetrisessä kaapelissa

Videosignaalia voidaan siirtää tietyin edellytyksin myös symmetrisessä kaapelissa, jolloin siirtoon käytetään parikaapelia tai nelikierrekaapelia. Lisäksi tarvitaan aina lähetin- ja vastaanotinvahvistin. Lähetin sovitaa epäsymmetrisen videosignaalin symmetriseen parikaapeliin, vastaanotin puolestaan sovitaa symmetrisen linjan jälleen epäsymmetriseksi ja korjaa linjavirheet. Pitkillä siirtoyhteyksillä voidaan käyttää välivahvistimia.

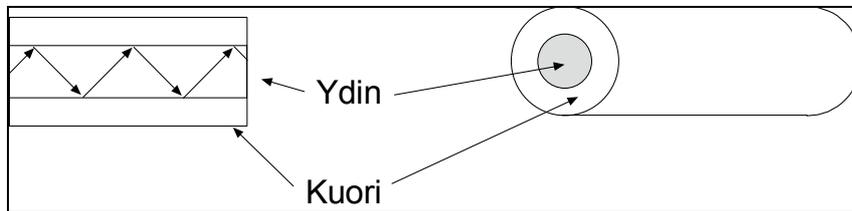
Symmetrisen parikaapelin käyttö videojärjestelmissä on lisääntynyt vahvistimien kehittyessä ja niiden hintojen alentuessa. Siirto symmetrisessä kaapelissa on myös edullista pitkillä siirtolinjoilla sekä kohteissa, joissa jo olevaa kaapelointia voidaan hyödyntää. Kauko-ohjattavissa järjestelmissä parikaapeli- ja nelikierrekaapelisiirto on luonnollinen ratkaisu, sillä kameralle riittää yksi nelikierrekaapeli, toinen pari videota ja toinen kauko-ohjausta varten.

#### 2.4.3 Videosignaalin siirto valokaapelissa

Videosignaalia voidaan kantataajuisena siirtää myös valokaapelissa eli optisessa kuidussa. Kantataajuussiirrossa tarvitaan yksi kuitu kutakin siirrettävää signaalia kohti.

Valokaapelisiirron suurin etu on se, että se on immuuni sähkömagneettisille häiriöille. Valokaapelisiirron avulla päästään myös pitkiin siirtoetäisyyksiin. Haittoina voidaan pitää kaapelin ja siirtolaitteiden suhteellisen korkeaa hintaa sekä erityisesti kaapelin vaikeaa liitostekniikkaa. Valokaapelin käyttö on kuitenkin nopeasti lisääntymässä kaikessa tiedonsiirrossa.

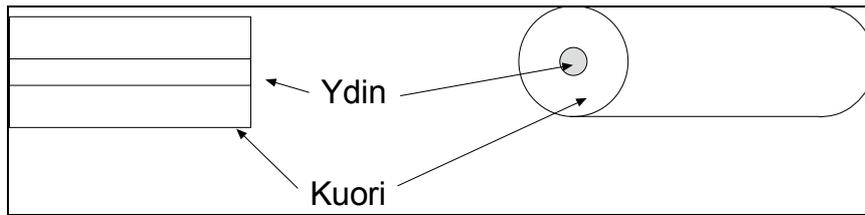
Tiedonsiirto valokaapelissa perustuu valon etenemiseen lasisessa valojohtimes-  
sa eli optisessa kuidussa. Kun valo syötetään kuidun lieriömäiseen ydinosaan,  
se heijastelee ytimen ja sen päällä olevan lasisen kuoriosan rajapinnassa  
edeten kuidussa pitkiä matkoja heikentyen vain hyvin vähän (kuva 13).



*Kuva 13. Monimuotokuitu.*

Eri kokonaisuheijastuskulmilla ytimessä etenevät muodot joutuvat kulkemaan eri pituisen matkan, mistä aiheutuu eroa myös säteiden kulkuajoissa. Tämä ilmiö saa aikaan sen, että suorakaiteen muotoinen valopulssi alkaa pyöristyä reunoiltaan. Kyseinen ilmiö tunnetaan muotodispersiona, joka rajoittaa kaistanleveyttä.

Ytimen taitekerroinprofiili voi olla asteittain muuttuva, jolloin päästään parempaan kaistaleveyteen. Kun ytimen halkaisijasta tehdään riittävän pieni, kuidussa etenee ainoastaan valon perusaaltomuoto, jolloin puhutaan yksimuotokuidusta (kuva 14). Tämä vastaa tilannetta, jossa valo etenee suoraan kuidun ydintä pitkin. Yksimuotokuiduilla ei esiinny muotodispersiota.



Kuva 14. Yksimuotokuitu.

Valokaapeleissa käytetään sekä yksimuoto- että monimuotokuituja. Monimuotokuidut toimivat 850 nm ja 1300 nm ja yksimuotokuidut 1300 nm ja 1550 nm valon aallonpituusalueilla.

Valvontakäyttöön on kehitetty myös kaksisuuntaisia vahvistimia. Näissä toiseen suuntaan siirretään videosignaali ja vastasuuntaan koodattu kauko-ohjaussignaali.

#### 2.4.4 Suurtaajuussiirto

Videosignaali voidaan moduloida suurtaajuiseksi signaaliksi ja siirtää samaan tapaan kuin tv-antennista vastaanotettuja signaaleita. Lisälaitteena tarvitaan kamerakohtainen modulaattori, jolla kamerakuva moduloidaan jollekin tv-kanavalle. Siirtoverkkona voidaan käyttää keskusantennijärjestelmää ja monitorina normaalia tv-vastaanotinta. Menetelmä on käyttökelpoinen sovelluksissa, joissa tarvitaan vain yksi tai enintään muutama kamera ja useita vastaanottopisteitä.

Salattavuuden kannalta järjestelmä on huono, sillä kuva voidaan nähdä kaikista antennipisteistä normaalilla tv-vastaanottimella. Lisäksi kuvan laatu kärsii modulointi-demulointiprosessissa.

Suurtaajuussiirron eräs sovellus on toteutettu niin sanotuissa pakettikameroissa. Näissä järjestelmä koostuu kamerasta ja monitorista. Joissakin monitori sisältää videovalitsimen, jolloin järjestelmään voidaan liittää useita kameroita. Kamera saa käyttöjännitteensä koaksiaalikaapelin kautta monitorilta. Samaa koaksiaalia pitkin syötetään moduloitu videosignaali kameralta monitorille.

Suurtaajuussignaali ei yleensä ole tv-kanavan taajuus. (Monitoria ei voi käyttää tv-vastaanottimena ja näin vältetään tv-lupamaksuilta.) Taajuus on normaalisti 15 – 45 MHz. Järjestelmän etuna on, että kameralle riittää yksi kaapeli sekä jännitesyöttöön että videosignaaliin. Usein kameraan liittyy vielä mikrofoni, jolloin valvottavasta kohteesta saadaan kuvan lisäksi myös ääni. Järjestelmän haittoina voidaan mainita rajoitettu kameramäärä ja laitteiden yhteensopimattomuus normaalien videolaitteiden kanssa.

#### 2.4.5 Tv-linkit

Langaton tv-kuvan siirto on asennusteknisesti nopea tapa siirtää kuvaa paikasta toiseen. Tv-Mikroaaltolinkkilaitteisto koostuu lähettimestä, vastaanottimesta ja antennista. Mikäli käytetään radiotaajuuksilla toimivia linkkejä, on muistettava, että toiminta on luvanvaraista. Valvonta-tv-käyttöön on hyväksytty 1,35 GHz alueella toimiva järjestelmä sekä joissakin tapauksissa 2,5 GHz alueella toimivia laitteita. Valvonta-tv-käyttöön hyväksytyjen lähettimien lähetysteho on rajoitettu 250 mW:iin, jolloin päästään antennista riippuen muutaman kilometrin toimintasäteeseen. Suuritehoisia tv-linkkejä valmistetaan 22 – 150 GHz taajuusalueelle. Näillä päästään 15 – 60 km siirtomatkoihin, mutta luvan saanti saattaa olla vaikeaa.

Tv-linkin etuihin kuuluvat asennuksen nopeus ja helppo siirrettävyys. Tv-linkki on lähes ainoa vaihtoehto, mikäli reaaliaikaista kuvaa halutaan siirtää liikkuvaan kohteeseen tai liikkuvasta kohteesta (auto, helikopteri, työkone).

Haittoina voidaan pitää siirron häiriöalttiutta ja huonoa salattavuutta, sillä hyväksytyt laitteet toimivat samalla taajuudella. Siirtoetäisyys rajoittuu käytännössä muuttamaan kilometriin. Käyttämällä voimakkaasti suuntaavaa antennia ja sijoittamalla se mahdollisimman korkealle voidaan siirtomatkaa kasvattaa, mutta periaatteessa siirtoetäisyys on sama kuin näköetäisyys.



Tv-linkki on yksisuuntainen, joten kameran kauko-ohjaustietoja ei voida siirtää vastasuuntaan. Sen sijaan on olemassa lähettimiä, joissa videotulon lisäksi on äänitulo ja kuvan lisäksi voidaan siirtää äänisignaali.

On olemassa tv-linkkilaitteisto, joka sisältää kaksisuuntaisen yhteyden: toinen suunta kuvaa ja toinen kauko-ohjauskäskyjä varten. Kuva siirretään 1,35 tai 2,5 GHz taajuudella ja kauko-ohjaus noin 450 MHz taajuudella.

### IR-linkki

Infrapuna-alueella toimivan IR-linkin käytössä ei tarvita lupaa, sillä tässä menetelmässä siirretään ihmissilmälle näkymätöntä IR-valoa. Järjestelmästä voidaan helposti rakentaa kaksisuuntainen.

IR-linkkijärjestelmä edellyttää näköyhteyttä, ja sillä päästään enintään 500 m siirtoetäisyyteen. Linkkejä voidaan ketjuttaa, jolloin päästään suurempiin siirto-matkoihin. Sumu, vesi- ja lumisade haittaavat siirtoa. ”Antennit” on sijoitettava korkealle, jotteivät liikkuvat esineet, kuten ajoneuvot, katkaise yhteyttä.

IR-linkki on käyttökelpoinen kaupunkialueella, jossa kohteet sijaitsevat lyhyellä etäisyydellä ja IR-säteilijät voidaan sijoittaa korkealle. Toinen sovelluskohte on vesistöjen yli tapahtuva liikenne, esimerkiksi kuvan siirto saareen tai saaresta mantereelle.

### 2.4.6 Digitaaliset siirtojärjestelmät

Nopeimmin kehittyvä alue valvonta-tv-tekniikassa ovat digitaaliset tv-kuvan siirtojärjestelmät. Digitaalista kuvansiirtoa käytetään, kun siirtoetäisyydet ovat pitkiä tai halutaan hyödyntää olemassa olevia tietotekniikan paikallisverkkoja. Mahdollisia siirtoteitä ovat normaali puhelinlinja, ISDN-linja, GSM-yhteys sekä lähiverkot (LAN/WAN).

Digitaalisissa siirtomenetelmissä ei siirretä ”liikkuvaa” kuvaa samalla tavalla kuin normaalissa videosiirrossa. Kuva siirretään yksittäiskuvia hitaammalla nopeudella. Kuvien siirtonopeus riippuu käytettävästä siirtotiestä, kuvan erotelutarkkuudesta ja sen pakkaustavasta. Useimmat järjestelmät on toteutettu siten, että ensimmäisen kuvan siirron jälkeen siirretään vain kuvan muuttuneet osat. Mikäli muutokset kuvassa ovat vähäisiä, päästään lähes ”liikkuvaan” kuvaan.

Digitaalinen siirtojärjestelmä koostuu lähettimestä, siirtotiestä ja vastaanottimesta. Lähetin ja vastaanotin voivat olla erillisiä laitteita tai ne voivat olla sisäänrakennettuja mikrotietokoneeseen.

### Lähetin

Lähettimessä videokuva muutetaan digitaalseksi, kuva pakataan ja tallennetaan muistiin. Muistissa oleva kuva luetaan siirtomenetelmää vastaavalla nopeudella ja siirretään digitaalimuodossa siirtotielle. Muistiin luetaan seuraava kuva, jota verrataan edelliseen. Siirtotielle lähetetään pakattuna ainoastaan kuvassa tapahtuneet muutokset.

### Vastaanotin

Vastaanottimessa digitaalinen signaali tallennetaan vastaanottimen muistiin, puretaan pakattu kuva ja luetaan muistin sisältö videosignaalin pyyhkäisy-nopeudella. Muistin sisältö päivittyy lähettimeltä tulevalla muutostiedolla, joka siirretään edelleen monitorille.

Vastaanottoon voidaan käyttää mikrotietokonetta, jossa ulkoinen tai sisäinen modeemi tai sovitin ja vastaanottoon suunniteltu ohjelma korvaavat erillisen vastaanottimen. Vastaanotettu kuva nähdään mikrotietokoneen näytöllä.

## Perusteita videokuvan digitoinnista

Videosignaalin AD-muunnoksessa analogisesta signaalista otetaan näytteitä, jotka muutetaan digitaalimuotoon. Täydellinen tv-kuva muodostuu 575 näkyvästä juovasta. Jotta digitaalikuvan laatu vastaisi alkuperäistä, on kuvasta otettava 760 näytettä noin 575 juovaa kohden eli 437 000 pikseliä. Kuvan harmaa-asteikon toistamiseen tarvitaan 8 bittiä kutakin pikseliä kohti ja värientoistoon 2 x 8 bittiä. Tällöin tarvitaan 24 bittiä/pikseli ja koko kuva sisältää 10 488 miljoonaa bittiä tai 1,311 megatavua (Mbyte). Toisin sanoen yksi pakkaamaton videokuva tarvitsee 1,3 Mb tilan taltiointiin.

Reaaliaikainen videokuva muodostuu 25 kuvasta/s. Jos tämä halutaan siirtää digitaalisena, on siirtolinjan kyettävä siirtämään  $10\,488 \text{ Mbit/kuva} \times 25 \text{ kuvaa/s} = 262 \text{ Mbit/s}$ . ISDN-linjan siirtonopeus on 64 kbit/s kanavaa kohden, joten ollaan kaukana reaaliaikaisen kuvan siirtomahdollisuuksista. ISDN-linjaa tai linjoja voidaan kuitenkin hyödyntää videoneuvottelujärjestelmiin käyttäen luvussa 2.2.2 kerrottua progressiivistä JPEG:tä. Tällöin joudutaan hieman tinkimään kuvan laadusta eikä videokuva ole täysin reaaliaikainen.

### 3 VALVONTALAITTEISTON VAATIMUKSET

Laitteiston vaatimuksena oli, että se olisi halvempi kuin markkinoilla nykyisin olevat tuotteet. Lisäksi laitteisto eroaa jo markkinoilla olevista valvontajärjestelmistä sen langattomuuden ja kuvatiedoston lähetystoiminnon ansiosta.

#### 3.1 Kuvan laadun vaatimukset

Kuvan resoluution on oltava riittävä, jotta kuvattava kohde mahtuu siihen kokonaisuudessaan. Toiseksi kuvassa on oltava riittävä määrä väri- tai harmaatasoja (eli kuinka monella bitillä yksi pikseli esitetään), jotta kohde pystytään erottamaan taustasta.

#### 3.2 Kuvan laadun rajoitukset

Ensimmäinen tekijä on, kuinka usein uusi kuva otetaan ja lähetetään vastaanottopäähän, koska kuvan laatua rajoittaa lähetyspään ja vastaanottopään välinen tiedonsiirtonopeus. Mitä pidempi väliaika kuvien lähetyksessä on, sitä parempilaatuisampaa kuvaa on mahdollista lähettää, sillä tiedonsiirtoon on tällöin käytettävissä enemmän aikaa. Lisäksi kuvan laatua rajoittaa olennaisesti myös prosessorin nopeus ja siihen liitettävissä olevan muistin määrä, joka viimeistään määrää käytettävissä olevan kuvan laadun.

#### 4 VALVONTALAITTEISTON RAKENNE

Valvontalaitteisto koostuu TS-6020PCS-värikamerasta (kuva 15), keskusyksiköstä, Siemens TC35 GSM-modeemista (kuva 16) ja vastaanottimesta, joka on tässä sovelluksessa Nokian 9210-kommunikaattori (kuva 17).



*Kuva 15. TS-6020PCS-värikamera.*

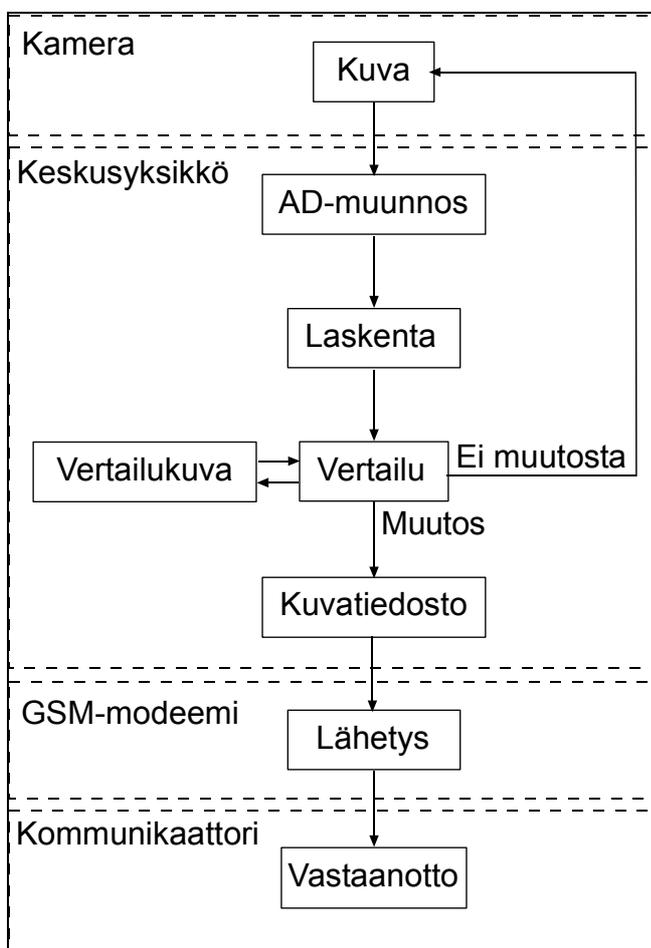


*Kuva 16. Siemens TC35 GSM-modeemi.*



*Kuva 17. Nokia 9210-kommunikaattori.*

Valvontalaitteiston toimintaperiaate on seuraava: Videokamera kuvaa jatkuvasti kohdetta ja lähettää analogista videosignaalia keskusyksikköön. Analogisesta videosignaalista kaapataan määrätyn väliajoin pysäytyskuva (still-kuva). Pysäytyskuvalla tehdään pikseleittäin AD-muunnos, jonka jälkeen digitaaliselle kuvalle suoritetaan laskenta (luku 2.3). Laskennan avulla verrataan kahta peräkkäistä pysäytyskuvaa toisiinsa. Mikäli uudessa kuvassa on vähintään määritellyn raja-arvon verran eroa vanhempaan kuvaan, kuvasta muodostetaan BMP-formaattia oleva mustavalkokuvatiedosto. Kuvatiedosto lähetetään keskusyksikön sarjaportin kautta GSM-modeemiin ja GSM-modeemin välityksellä Nokian 9210-kommunikaattoriin. Tämän jälkeen lähetetty kuva toimii uutena vertailukuvana. (kuva 18).



Kuva 18. Toiminnallinen vuokaavio.

## 5 TULOKSET JA TARKASTELU

### 5.1 Suunnittelu

Työ alkoi ulko- ja valvontakäyttöön sopivan kameran etsinnällä. Kameran täytyi olla mahdollisimman edullinen ja pienikokoinen. Markkinoilla olevien kameroiden tarjonta oli runsas ja monipuolinen. Työhön valittiin TS-6020PCS värikamera, joka maksoi noin 390 €.

Seuraavaksi täytyi etsiä AD-muunnin, joka osaa muuntaa analogisen video-signaalin digitaalseksi. Lisäksi muuntimen oli oltava muunnosnopeudeltaan tarpeeksi nopea ja hinnaltaan edullinen. Kyseiset vaatimukset täytti flash-muunnin National ADC1173.

Kun analoginen signaali oli teoriassa muutettu digitaalseksi, oli aika miettiä kuvankäsittelyä. Kuvien vertailu toteutettiin vertailemalla kuvien pikseliarvojen summia keskenään, sillä se tuntui riittävältä tähän sovellukseen. Ohjelmallinen kuvatiedoston muodostus oli sen sijaan huomattavasti vaativampaa. Ratkaisu tähän löytyi tutkimalla BMP-kuvatiedostoja Windows-käyttöjärjestelmän mukana tulevalla debug-ohjelmalla, joka näyttää binääristä dataa sisältävän tiedoston heksadesimaalimuodossa, ja soveltamalla luvussa 2.2.1 kerrottua teoriaa.

Lopuksi kuvatiedosto oli siirrettävä langattomasti kommunikaattoriin. Tarkoitukseen täytyi hankkia dataa siirtävä GSM-modeemi. Dataa siirtävien GSM-modeemien tarjonta oli hankintahetkellä hyvin suppea, joten valintakriteereistä jouduttiin tinkimään. Tehtävään löytyi Siemens TC35 GSM-modeemi, joka maksoi lähetysantennin kera noin 300 €.

## 5.2 Rakentaminen

Laitteisto rakennettiin osittain kytketylle piirikortille. Piirikortti komponentteineen muodostaa niin sanotun keskusyksikön, johon liitettiin GSM-modeemi ja kamera. Keskusyksikkö toimii myös virtalähteenä kameralle ja GSM-modeemille.

## 5.3 Tulokset

Laitteiston tuottama kuvatiedosto on mustavalkoinen 250 x 250 resoluutiota oleva noin 32 kb kokoinen bmp-tiedosto. Mustavalkokuvan käyttö värikuvan sijasta helpottaa laitteiston suunnittelua, sillä laitteisto tarvitsee tällöin vähemmän muistia ja kuvatiedoston lähetys on nopeampaa kuvan pienemmän tiedostokoon vuoksi.

Lähetettävän kuvan laatua oli heikennettävä merkittävästi, koska kuvan käsittely on hitaalle prosessorille raskasta. Toisaalta kuvan laatua sekä kuvanlähetystiheyttä rajoitti myös GSM-modeemi, joka pystyy lähettämään dataa vain nopeudella 9,6 kbit/s. Myöskään Nokian 9210 kommunikaattorin tarjoama 43,2 kbit/s tiedonsiirtonopeus ei luonut edellytyksiä liikkuvalla kuvalla.



## 6 JATKOKEHITTELYMAHDOLLISUUDET

Seuraavassa on kerrottuna erinäisiä vaihtoehtoja laitteiston jatkokehittelyä varten.

Toisen RAM-muistin käyttöönotto kuvan käsittelyssä mahdollistaa joko kuvan resoluution tai värimäärän kasvattamisen tai jopa molempien.

Kuvatiedoston pakkaus, esimerkiksi RLE-pakkauksen avulla vaatii prosessorilta enemmän laskenta-aikaa, mutta mahdollistaa lyhyemmän tiedonsiirtoajan GSM-modeemin ja kommunikaattorin välillä. Myöskin vaihtoehtoisen kuvaformaatin (esim. JPEG) käyttö lyhentää tiedonsiirtoaikaa, mutta vaatii enemmän laskenta-aikaa.

Vesitiivis kotelointi, mikä mahdollistaa laitteen käytön eri sääolosuhteissa. GSM-modeemi kannattaa integroida samaan koteloon, jolloin siitä tulee kompakti paketti.

Piirilevyn suunnittelun avulla komponentit pystyy tinaamaan suoraan piirilevylle, jolloin päästään hyppylankojen räppäyksestä eroon ja laitteistosta tulee vähemmän häiriöherkkä.

Laitteiston kokonaishintaa on todennäköisesti mahdollista pienentää etsimällä edullisempia osia tai komponentteja.

## 7 YHTEENVETO

Insinööriyön päätavoitteena oli tutkia eri vaihtoehtoja miten toteuttaa langaton kohteen valvonta. Lisäksi tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa prototyyppi langattomasta kohteen valvontalaitteistosta, joka ottaa kohteesta määrätyin väliajoin pysäytyskuvan ja lähettää sen käyttäjälle, jos kohteessa on tapahtunut muutosta edelliseen kuvaushetkeen verrattuna.

Tutkinta selvitti, että tiedonsiirtomenetelmiä on useita, ja että oikean tavan valinta riippuu käyttöolosuhteista, siirtomatkastasta sekä muista sovelluksen ominaisuuksiin liittyvistä seikoista. Lisäksi tutkinnan myötä kävi ilmi, että käytetäessä GSM-yhteyttä on datan siirtoon pystyvien GSM-modeemien tarjonta hyvin suppea.

Laitteisto koostuu valvontakamerasta, keskusyksiköstä, joka suorittaa kuvien vertailun sekä muodostaa kuvatiedoston ja GSM-modeemista, joka lähettää kuvatiedoston Nokian 9210-kommunikaattoriin. Laitteiston kustannushinnaksi muodostui noin 750 €.

Prototyyppi langattomasta kohteen valvontalaitteistosta tehtiin Kajaanin ammattikorkeakoulun rehtori Kari Juntuselle.

## LÄHDELUETTELO

- 1 Sähkötieto ry. Videovalvontajärjestelmät  
Tampere: Tammer-Paino, 1999. 253 s. ISBN 952-9756-60-7
- 2 Charles Petzold. Tehokäyttäjän opas Windows ohjelmointi  
Jyväskylä: Gummerus, 1996. 1027 s. ISBN 951-762-406-9