

Mikko Martikainen

Digi-tv Suomessa ja maailmalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Tietotekniikka  
Insinöörityö  
10.5.2013

Tekijä(t) Otsikko	Mikko Martikainen Digi-tv Suomessa ja maailmalla
Sivumäärä Aika	47 sivua + 1 liite 10.5.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tietoliikenne
Ohjaaja(t)	yliopettaja Pertti Jäppinen
<p>Insinööriyön aiheena on digi-tv Suomessa ja maailmalla. Työ on tutkielmatyyppinen.</p> <p>Aluksi insinööriyössä selvitetään, miksi Suomessa siirryttiin analogisesta tv-lähetyksestä digitaaliseen lähetykseen. Lisäksi käydään läpi digi-tv:n historiaa ja kehitystä nykypäivään saakka. Työssä käydään läpi digi-tv-tekniikkaa, käytettyjä standardeja sekä digi-tv:n ominaisuuksia. Seuraavaksi työssä selvitetään kirjallisuuskatsauksen ja haastattelun avulla, miksi Suomessa siirryttiin analogialähetyksistä digitaalisiin lähetyksiin sekä miten digitalisointia voidaan hyödyntää erilaisissa sovelluksissa.</p> <p>Tv-tekniikassa siirryttiin digitaaliseen lähetykseen hyvin perustelluista syistä. Tärkein syy olivat säästöt siirtokustannuksissa. Digi-tv:n tulevaisuus antaa monta mahdollisuutta sekä ohjelmaoperaattoreille että verkko-operaattoreille kuin myös kuluttajille. Nyt koettu tv-jakelun muutos tulee jatkumaan. Näkyvissä on koko tv-katselun kulttuurin muutos internetin käytön myötä.</p>	
Avainsanat	digi-tv, DVB

Author(s) Title	Mikko Martikainen Digital television in Finland and around the world
Number of Pages Date	47 pages + 1 appendix 10 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information technology
Specialisation option	Telecommunication
Instructor(s)	Jäppinen, Pertti (Principal Lecturer)
<p>The thesis studies a digital TV in Finland and around the world.</p> <p>Initially it is investigated why Finland switched from the analog tv transmission system to the digital tv transmission system. In addition digital TV's history and development to the present day are examined. In the theses the digital television technology, standards as well as digital TV's features are examined. Next, based on literature review and an interview, it is studied why Finland changed from analog to digital transmission, as well as how digitization can be utilized in a variety of applications.</p> <p>The transition to the digital tv transmission system was implemented with very good reasons. The main reason was the saving in the transmission costs. In the future digital tv will offer many options for program operators and network operators as well as for consumers. The changes in the tv distribution will continue. It seems that the entire culture of watching tv will change through the use of the Internet.</p>	
Keywords	digital tv, DVB

## Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Keskeiset käsitteet	1
3	Tutkimus ja käytetyt menetelmät	2
3.1	Tutkimuskysymykset ja rajaus	2
3.2	Käytetyt menetelmät	2
3.3	Tutkielma	2
3.4	Tiedonkeruu	3
4	Tiedon analysointi	4
5	Haastattelu ja sen tulokset	4
5.1	Digi-tv:n haasteet	5
5.2	Digi-tv:n mahdollisuudet	6
6	TV-lähetystoiminnan historiaa	6
6.1	Televisiotoiminnan alku	6
6.2	Televisiotoiminnan alku Suomessa	7
7	Digitaaliset televisiolähetykset Suomessa	8
7.1	Digitalisen tv-lähetysten alku	9
7.2	Digitaalinen lähetysverkko	11
7.3	Digisovitin	11
7.4	Analogialähetysten lopettaminen	13
7.5	Ongelmat digivastaanotossa	14
7.6	Kritiikkiä digitalisointia kohtaan	14
8	Digitaaliteknikan ominaisuudet	15
8.1	Signaalin digitalisointi	15
8.2	Ohjelmien salaus	17
8.3	Digi-TV:n palveluja	17
9	Digitaalisten tv-järjestelmien siirtotekniikat	18

9.1	Digitaalinen videolähetys maanpäällistä jakelua varten (DVB-T)	19
9.2	Digitaalinen videolähetys maanpäällistä jakelua varten (DVB-T2)	20
9.3	Digitaalinen videolähetys kaapelijakelua varten (DVB-C)	23
9.4	Digitaalinen videolähetys satelliittijakelua varten (DVB-S)	24
9.5	Modulaatiomenetelmiä	26
9.6	Antennit	29
10	Teräväpiirtotelevisio	30
10.1	Yhteinen kuvaformaatti	30
10.2	Teräväpiirtotelevision ominaisuudet	31
10.3	HDTV:n historia	31
10.4	HDTV:n palvelut	33
11	Digi-tv nyt ja tulevaisuudessa	34
11.1	Digi-tv:n lähetykset maailmanlaajuisesti	34
12	Digitaaliset televisionlähetykset maailmalla	35
12.1	Digitalisointi Yhdysvalloissa	35
12.2	IPTV	36
12.3	Tulevaisuuden haasteet	37
13	Johtopäätökset ja oman työn arviointi	38
	Lähteet	40
	Kuvioluettelo	44
	Liite	1

## Lyhenteet ja symbolit

ARIB	Association of Radio Industries and Businesses, radio- ja tietoliikennealan yhdistys
ASK	Amplitude Shift Keying, digitaalisen signaalin modulaatiomuoto
ATSC	Advanced Television System Committee, työryhmä, joka on kehittänyt Yhdysvalloissa, Kanadassa, Meksikossa, Taiwanissa ja Etelä-Koreassa käytössä olevan digi-tv:n ATSC-standardin
BBC	British Broadcasting Corporation, Britannian yleisradioyhtiö
BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem, lineaarinen virheenkorjauksen BCH-koodi, joka on nimetty tekijöidensä mukaan
BER	Bit Error Ratio, bittivirhesuhde
BPSK	Binary Phase Shift Keying, binäärinen kaksivaiheinen vaihemodulaatio
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization, eurooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö
C/N	Carrier to Noise Ratio, kantoaaltokohinaetäisyys tai -suhde
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex, monikantoaaltojärjestelmä
DA	Digital to Analogy Converter, digitaalisanalogia –muunnin tai -muutos
DMA	Designated Market Area, nimetty markkina-alue
DTMB	Digital Terrestrial Multimedia Broadcast, digitaalinen maanpäällinen multimedialähetys
DVB	Digital Video Broadcasting, digitaalinen videolähetys

DVB-C	Digital Video Broadcasting Cable, digitaalinen videolähetys kaapelijakelua varten
DVB-S	Digital Video Broadcasting Satellite, digitaalinen videolähetys sateliittijakelua varten
DVB-T	Digital Video Broadcasting Terrestrial, digitaalinen videolähetys maanpäällistä jakelua varten
EBU	European Broadcasting Union, Euroopan yleisradiounioni
EPG	Electronic Program Guide, sähköinen ohjelmaopas
ES	Elementary Stream, perusbittivirta, kuten ääni tai kuva
ETSI	European Telecommunication Standards Institute, eurooppalainen telealan standardisoimisjärjestö
FSK	Frequency Shift Keying, taajuusmodulointimenetelmä, jolla lähetetään digitaalista tietoa
HD-MAC	High Definition Multiplex Analogue Components, analoginen teräväpiirtotekniikka
HDMI	High Definition Multimedia Interface, teräväpiirtotelevisiota varten suunniteltu digitaalisen videon ja audion siirtämiseen tehty liitäntästandardi. Se sisältää fyysisen liittimen, kaapelin sekä määrittäykset siitä, miten dataa siirretään laitteiden välillä
HDTV	High Definition TV, teräväpiirtotelevisio
IEC	International Electrotechnical Commission, sähköalan kansainvälinen standardisoimisjärjestö
IPTV	Internet Protocol television, internet-protokollan käyttöön perustuva televisiojakelujärjestelmä

ISDT-B	Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial, Japanilainen maanpäällisen digitaalilähetyksen standardi
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardisoimisjärjestö
MAC	Multiplex Analogue Components, MAC-lähetyksstandardi, jota ei ole koskaan otettu käyttöön
MHP	Multimedia Home Platform, ohjelmointirajapinta sovelluksia varten
MPEG	Motion Picture Experts Group, videon ja äänen pakkausstandardi
NICAM	Near Instantaneous Companded Audio Multiplex, digitaalinen ääniformaatti analogisille televisiolähetyksille
NTSC	National Television System Committee, 60Hz sähköjakelujärjestelmää käyttävissä Tyynen valtameren ympäryksissä käytössä oleva SDTV-television värijärjestelmä
OFDM	Orthogonal Frequency-Division Multiplexing, modulointi, joka perustuu yhtäaikaiseen tiedonsiirtoon lukuisilla toisiaan häiritsemättömillä taajuuskanavilla
PAL	Phase Alternate Line, analogisen videokuvan värijärjestelmä ja koodausmenetelmä Euroopassa
PCR	Program Lock Reference, ohjelman aikareferenssi
PID	Package Identification, lähetyksvirtapaketin tunnistamiseen tarkoitettu numerosarja
PS	program stream, ohjelmasiirtovirta
PSI	program specific information, ohjelmasiirtovirran mukana lähetettävä ohjelman vastaanotossa tarvittava tieto



PTS	presentation time stamp, lähetyksen eri osien tahdistamiseen tarvittava aikamerkki
QAM	Quadrature Amplitude Modulation, modulointitekniikka, joka yhdistää vaihemodulaation ja amplitudimodulaation.
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying, nelivaiheinen vaiheavainnus
RGB	RGB colour model, väriäriavaruus, jossa eri värejä muodostetaan sekoittamalla keskenään punaista (R), vihreä (G) ja sinistä (B) valoa
SECAM	Séquentiel couleur à mémoire, Sequential Color with Memory, väritelevisiostandardi, jota on käytetty Itä-Euroopan maissa ja Ranskassa
SI	service information, palvelutieto
S/N	Signal to noise ratio, signaalikohinasuhde
TFS	Time Frequency Slicing, aikaviipalointi
TS	Transport Stream, siirtobittivirta
YUV	Colour difference signal. YVA on videosignaali, jossa Y on kirkkaussignaali, U ja V ovat värierosignaaleja

## 1 Johdanto

Aloite tähän insinööriyöhön tuli DI Juha Ristilältä, joka oli päivittämässä digi-tv - tekniikan vuoksi Sähkötiedon julkaisemaa antennijärjestelmiä koskevaa ST-käsikirjaa 12. Ristilä pyysi selvittämään, mikä on digit-tv:n nykytilanne ja sen tulevaisuus sekä millainen on tilanne Suomessa ja muissa maissa. Lisäksi työn tavoite on tutkia, miksi Suomessa siirryttiin analogisesta tv-lähetyksestä digitaaliseen tv-lähetykseen. Työssä selvitetään, mitä tekniikoita digi-tv -tekniikassa käytetään. Lisäksi selvitetään, mikä on dig-tv:n nykytilanne ja tulevaisuus sekä Suomessa että maailmalla.

## 2 Keskeiset käsitteet

**Analoginen signaali** on jatkumollinen ja portaaton sähkömagneettinen aaltoliike, jossa informaatio seuraa suoraan kuvattavaa ilmiötä (Granlund 1999, 14).

**Digitaalinen signaali** muodostuu tietyin väliajoin analogisesta signaalista otetuista näytteistä. Näytteenottohetkellä vallinnut signaalin voimakkuus koodataan binääriluvuksi. (Hämeen-Anttila, Hölttä & Niinioja, 1994, 16.)

**Digitaalinen televisio** on televisiojärjestelmä, jossa käytetään digitaalista signaalinvälitystä. Suomessa käytetään DVB-standardia. (Digi-TV-sanasto 2006, 23.) Digitaaliseen televisiotoimintaan käytettävä taajuusalue Suomessa on 470 MHz – 790 MHz (A 1159/2002).

**DVB** on kansainvälinen standardi, joka määrittelee digitaalisen television signaalin jakelutavan. (Digi-TV-sanasto 2006, 27.)

**DVB-C** on DVB- standardi, joka määrittelee, miten signaali siirretään kaapeliverkossa. C-kirjain tulee sanasta kaapeli (cable). (Digi-TV-sanasto 2006, 27.)

**DVB-S** DVB- standardi, joka määrittelee, miten signaali siirretään satelliittiyhteyden välityksellä. S-kirjain tulee sanasta satelliitti (satellite). (Digi-TV-sanasto 2006, 27.)

**DVB-T** on DVB- standardi, joka määrittelee, miten signaali siirretään maanpäällisessä verkossa. T-kirjain tarkoittaa maanpäällistä (terrestrial). (Digi-TV-sanasto 2006, 27.)

### **3 Tutkimus ja käytetyt menetelmät**

Tässä luvussa esitetään tutkimuskysymykset sekä käydään läpi insinööriyössä käytetyt tutkimusmenetelmät ja tiedon analysointimenetelmät.

#### 3.1 Tutkimuskysymykset ja rajaus

Tässä insinööriyössä selvitetään, mikä on digit-tv:n nykytilanne ja sen tulevaisuus sekä millainen on tilanne Suomessa ja muissa maissa. Lisäksi työssä tutkitaan, miksi Suomessa siirryttiin analogisesta tv-lähetyksestä digitaaliseen tv-lähetykseen. Työssä myös selvitetään, mitä tekniikoita digi-tv -tekniikassa käytetään. Lisäksi selvitetään, mikä on dig-tv:n nykytilanne ja tulevaisuus sekä Suomessa että maailmalla.

#### 3.2 Käytetyt menetelmät

Tämän insinööriyön tutkimuksellinen lähestymistapa on laadullinen tutkimus. Työ on tutkielmatyyppinen insinööriyö. Työssä käytetään tiedonkeruumenetelminä kirjallisuuskatsausta ja puolistrukturoitua teemahaastattelua. Tiedon analysointi tehdään dokumenttianalyysin avulla.

#### 3.3 Tutkielma

Tämä insinööriyö on tutkielmatyyppinen. Tutkielma on tutkimukselle asetettuja vaatimuksia noudattava ammattialaan kytkeytyvä työ. Se voi olla teoreettinen tutkielma, joka palvelee työelämän tarpeita. Tutkielman tehtävän on osoittaa sisällöllisesti ja kielellisesti, että tutkija hallitsee asiakokonaisuuden. Usein tutkielma kuvaa joko 1) tiettyjä tapahtumia tai asiantiloja, 2) asiantilojen arvottamisesta tai 3) jonkin toiminnan mahdollisuuksista. Laadullisessa työssä voidaan käyttää analyysimenetelmää, jossa aineisto jaetaan joko aineistolähtöisiin tai teoreettisesti perusteltuihin luokkiin. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2008, 269–272; .)

Tutkimusote voi olla joko määrällinen tai laadullinen tai niiden yhdistelmä. Laadullista tutkimusmenetelmää voidaan käyttää silloin, kun halutaan tuottaa selvitys tai kokonaisvaltainen ymmärtäminen tarkasteltavasta ilmiöstä todellisessa elämässä. Tuloksena saadaan tiettyyn aikaan ja paikkaan rajoittuvia ehdollisia selityksiä. (Hirsjärvi ym. 2008, 131–133, 157, 160.) Tämän insinööriyön tutkimusote on laadullinen.

### 3.4 Tiedonkeruu

Tämän insinööriyön tiedonkeruunmenetelmänä on käytetty kirjallisuuskatsausta ja haastattelua. Hirsjärven, Remeksen ja Sajavaaran mukaan laadullisessa tutkimuksessa tiedonkeruunmenetelmänä voidaan käyttää kirjallisuuskatsausta ja haastattelua (Hirsjärvi ym. 2008, 203, 252–254). Kirjallisuuskatsauksen avulla perehdytään alan kirjallisuuteen sekä selvitetään, mitä tietoa aiheesta on julkaistu tähän mennessä. Kirjallisuuteen perehtymällä tutkija saa yleiskuvan tutkittavasta aiheesta, tunnistaa keskeiset käsitteet sekä tutustuu käytännön seikkoihin ja ongelmiin. Kirjallisuuskatsauksessa tutkijan on tunnettava aihe riittävän hyvin, jotta hän kykenee seulomaan aiheeseen suoraan liittyvän kirjallisuuden. (Hirsjärvi ym. 2008, 252–254; Metsämuuronen 2003, 7-11.)

Haastattelussa tietoa hankitaan siten, että tutkija keskustelee tutkittavan kanssa. Tutkittava on tietolähde. Haastattelu on ainakin kahdessa mielessä herkkä menetelmä, koska haastateltava voi tuntea haastattelijan urkkijaksi ja täten voi päättää olla kertomatta kaikkia seikkoja. Haastateltava voi kertoa myös muunneltua totuutta esimerkiksi miellyttääkseen haastattelijaa. Haastatteliija voi esimerkiksi syyllistyä siihen, että hän kuuntelee vain ne asiat jotka kiinnostavat häntä eli asiat jotka sopivat hänen tutkimukseensa. Puolistrukturoitu teemahaastattelu on haastattelu, jossa teemaan liittyen haastatteliija on kehittänyt tarkkoja strukturoituja kysymyksiä ja avoimia teemaan liittyviä ohjaavia kysymyksiä. (Järvinen & Järvinen 2004, 145–146.)

Haastattelu toteutettiin puolistrukturoituna teemahaastatteluna, jossa kaikille haastateltaville esitetään samat kysymykset samassa järjestyksessä. Joidenkin määritelmien mukaan kysymysten järjestystä voidaan kuitenkin vaihdella. Haastattelulle mietitään teemat ja niiden lisäksi valmistellaan tarkkoja kysymyksiä, jotka kaikki esitetään haastateltaville. Puolistrukturoitu haastattelu sopii hyvin

tilanteisiin, joissa halutaan tietoa tietyistä asioista, eikä haastateltaville haluta tai ole tarpeellista antaa kovin suuria vapauksia haastattelutilanteessa. (KvaliMOTV, 2013.)

#### **4 Tiedon analysointi**

Tässä insinööriyössä tietoa on analysoitu dokumenttianalyysin avulla. Dokumenttianalyysin avulla tehdään päätelmiä kirjalliseen muotoon saatetusta aineistosta. Dokumentteihin luetaan kaikki tutkittavasta ilmiöstä hankittu kirjoitettu, puhuttu tai kuvattu materiaali. Menetelmän avulla analysoidaan järjestelmällisesti dokumentteja ja luodaan selkeä kuvaus tutkittavasta aiheesta. Sisältöanalyysin avulla järjestetään aineisto tiiviiksi ja selkeäksi kokonaisuudeksi ja tarkoituksena on lisätä informaatioarvoa. Dokumenttianalyysissä voidaan analysoida myös valmiita aineistoja. Aineisto puretaan aluksi osiin, jotka sitten käsitellään ja kootaan uudeksi, toisella tavalla loogiseksi kokonaisuudeksi. Dokumenttianalyysin vaiheet ovat laadullisen tutkimuksen yleisen mallin mukaiset eli aineiston kerääminen ja valmistelu, aineiston pelkistäminen, aineistossa toistuvien rakenteiden tunnistaminen ja tulkinta sekä kaikkiin vaiheisiin liittyvä kriittinen tarkastelu. Kriittisen tarkastelun avulla tunnistetaan ja korjataan eri vaiheissa mahdollisesti syntyneitä virheitä ja vääristymiä tulosten laatua ja luotettavuuden parantamiseksi. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2009, 121–123.)

#### **5 Haastattelu ja sen tulokset**

Työn aluksi haastattelun avulla selvitettiin digi-tv –tekniikan asiantuntijan näkemyksiä digitalisoitumisesta. Haastatteluja pyydettiin kahdelta tunnetulta asiantuntijalta, joista toinen kieltäytyi haastattelusta. Haastattelu toimi esitietojen kartoittamisena, joten se tehtiin aivan työn alkuvaiheessa elokuussa 2012. Haastattelukysymykset on esitetty liitteessä 1.

Haastateltu digi-tv –tekniikan asiantuntija on apulaisrehtori, DI Juha Ristilä Keudan ammattipistosta. Ristilä työskenteli Nokia Oyj:ssä vuosina 1997–2004, jolloin hän osallistui digi-tv:n standardisointityöhön useissa eri tehtävissä. Hän oli muun muassa CENELEC TC 209 Information and Communication Technology –komitean

puheenjohtaja. Lisäksi hän oli toimi puheenjohtajana CELENEC –ETSI – koordinoitiryhmässä, joka sopi siitä, miten digi-tv:n standardisointityö jaettiin CENELECin ja ETSIn välillä. Ristilä toimi myös Nokian edustajana Digi-tv Foorumissa. Hän on kouluttanut antenniurakoitsijoita 1990-luvulta lähtien muun muassa Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry:n kursseilla.

Haastattelun tulokset on jaettu kahden teeman, haasteiden ja mahdollisuuksien, alle.

### 5.1 Digi-tv:n haasteet

Digitaalisuuteen siirtymisen suurin haaste Suomessa oli se, että kuluttajien tuli ostaa digisovitin. Suomalaisissa kotitalouksissa on tyypillisesti useita televisiovastaanottimia ja oma ulkoinen digisovitin tarvittiin jokaiselle vanhemmalle televisiolle, jossa ei ollut sisäistä digisovitinta. Vanhempia televisiomalleja oli runsaasti käytössä digitaalisuuteen siirtymisen alkuvaiheessa. (Ristilä, 2012.)

Yhteisantenniverkot on Suomessa tyypillisesti suunniteltu siten, että ylärajataajuus on 230 MHz ja siksi analogialähetysten aikana UHF-kanavat (470 MHz - 790 MHz) muutettiin alle 230 MHz taajuuksille. Digikanavien kohdalla näin ei voitu menetellä. Tämän vuoksi yhteisantenniverkkojen kunnostus UHF-kelpoiseksi aiheutti haasteita. Lyhyessä ajassa antenniurakoitsijoita tarvittiin lukuisiin kohteisiin kunnostamaan antenniverkkoja. Tästä syntyi suuri tarve kouluttaa antenniurakoitsijoita uuteen tekniikkaan. (Ristilä, 2012.)

Suomi oli ensimmäisiä maita Iso-Britannian jälkeen, jotka siirtyivät digitaalisiin lähetyksiin ja näin toimimme pioneereina. Suomessa hankaluutta aiheutui tekstityksen käytöstä. Analogia-aikana tekstitys oli osa videosignaalia. DVB-standardissa sen sijaan määritellään, että tekstitys lähetetään omana signaalinaan. Näin digitaalilähetyksessä katsoja voi valita tekstityksen kielen. Suomi otti uuden tekstitysmenetelmän käyttöön pioneerina. VastaanotINVALMISTAJILLA ja tv-ohjelmaoperaattoreilla oli erilainen tulkinta standardista ja siksi tekstitys ei toiminut aluksi. Kokemuksen mukaan digi-tv:tä koskeva siirtostandardit ovat olleet hyviä. Tekstitysongelma ei ollut standardin puute, vaan standardin tulkintavirhe. (Ristilä, 2012.)

## 5.2 Digi-tv:n mahdollisuudet

Kun digitaalisuuteen siirtyminen saatiin valmiiksi eli analogiset lähettimet poistettiin käytöstä, digitalisoitumisen edut tulivat esille muun muassa kanavatarjonnan moninkertaistumisena ja kuvan laadun parantumisena.

Digi-tv mahdollistaa kaksisuuntaiset palvelut. Niitä ei ole vielä tarjolla. Television katsominen on passiivista toimintaa. Kuluttajat hakevat, ainakin toistaiseksi, interaktiivista eli vuorovaikutteista palvelua vain Internetin kautta.

Vaikuttaa siltä, että digitaalisuus on ollut oikea kehityssuunta. Digitaalisuuden ansiosta teräväpiirtolähetykset ovat olleet mahdollisia. Niiden yleistymisen on erittäin todennäköistä, sillä kuvan laatu on tällöin selvästi parempi.

Käytössä oleva DVB-T2 –siirtostandardi mahdollistaa nyt liikkuvan vastaanoton, joka ei aiemmin ollut mahdollista Doppler-ilmion vuoksi. Tämän avulla kuluttaja voi katsoa televisiota liikkuvassa kulkuneuvossa, kuten liikkuvassa autossa tai junassa. Liikkuvan vastaanoton tarpeen vuoksi kehitettiin aluksi DVB-H –siirtostandardi, joka jäi tarpeettomaksi DVB-T2-siirtostandardin myötä. Liikkuva vastaanotto sopii hyvin nykyaikaiseen elämäntapaan.

## 6 TV-lähetystoiminnan historiaa

Tässä luvussa tuodaan esille tv-toiminnan alku ja sen toiminta toisen maailmansodan aikana. Lisäksi luvussa esitetään lähetystoiminnan alkuvaiheet Suomessa.

### 6.1 Televisiotoiminnan alku

Televisiotoiminnan historia on lyhyt, eikä Suomi ole ollut tv-lähetystoiminnan kärkimaita. Ensimmäinen julkinen tv-lähetys tapahtui Iso-Britanniassa, Lontoossa, vuonna 1926. Säännölliset televisiolähetykset alkoivat vuonna 1935 Saksassa, vuonna 1936 Iso-Britanniassa, vuonna 1938 Neuvostoliitossa ja vuonna 1939 Yhdysvalloissa. Ruotsissa televisiotoiminta aloitettiin vuonna 1954 ja Virossa vuonna 1955.

Yhdysvaltojen viivästymisen lähetyksien aloittamisessa voi selittää suurien verkostojen väliset standardi- ja patenttikiistat sekä haluttomuus panostaa kaupallista arvoa takaamattomaan tekniikkaan. (Televisiotoiminnan alku Suomessa 2012.)

Toisen maailmansodan aikana tv-lähettimien valmistus lopetettiin kokonaan, mutta tv-lähetystoiminta kuitenkin jatkui. Yhdysvalloissa New Yorkin sairaaloissa vastaanotettiin kahtena yönä viikossa tv-lähetyksiä, joita näytettiin haavoittuneille sotilaille. Siviileille puolestaan lähetettiin heille suunnattua puolustautumista käsitteleviä ohjelmia. Vuonna 1934 Philadelphiassa lähetettiin Army-Penn -jalkapallo-ottelu. Iso-Britanniassa tv-lähetykset lopetettiin kokonaan, kun sota julistettiin Saksaa vastaan. Kun Saksa valloitti Pariisin, alettiin Eiffel-tornin lähettimillä lähettää uutisia ja ohjelmia haavoittuneille sotilaille Pariisin sairaaloihin. (Early Electronic Television, Television during World War.)

## 6.2 Televisiotoiminnan alku Suomessa

Televisiotoiminta alkoi Suomessa vasta vuonna 1954 Radioinsinööriseuran ja tekniikan tohtori Jouko Pohjanpalon aktiivisuudesta. Pohjanpalo oli Yleisradion johtokunnan jäsen ja hän esitti johtokunnassa. televisiolähetyksen aloittamista. Ehdotus ei saanut kannatusta, koska television katsottiin olevan vain rikkaiden huvia. Radioinsinööriseura kuitenkin katsoi, että Suomessa tuli aloittaa television tutkimustoiminta, ja siksi keväällä 1954 seura asetti toimikunnan tutkimaan tilannetta. Tutkimukselle ei saatu rahoitusta, joten Radioinsinööriseura perusti syyskokouksessa 1954 televisiokerhon, jonka tehtäväksi annettiin televisiotoiminnan kehittäminen Suomessa. Ensimmäinen koelähetys tapahtui onnistuneesti 24.4.1955 Helsingissä 15 eri vastaanottimeen. (Televisiotoiminnan alku Suomessa 2012; Hietala 1996, 18.)

Suomen ensimmäinen julkinen televisiolähetys tapahtui 24.5.1955 ja lähetys oli mustavalkoinen. Tekniikan Edistämisseatiö (TES) sai toimiluvan 26.5.1956. Vuonna 1957 Lähetysasema otti nimekseen TES-TV, jossa mainokset ja sponsoroidut ohjelmat muodistivat lähetyksestä suuren osan. Säännöllinen televisiolähetystoiminta pääsi vähitellen alkuun ja syksystä 1957 lähtien lähetyksiä oli kahtena iltana viikossa. Lähetinten alhaisen tehon vuoksi lähetyksiä voitiin nähdä vain Helsingissä ja sen lähiseudulla. Sen vuoksi Turun alueelle perustettiin alilähettimet. Yleisradio, jonka rahoitus perustui lupamaksuihin, aloitti omat lähetyksensä vuonna 1957. Yleisradion



kilpailuasema oli huono mainosvaroilla toimivaan TES-TV:hen verrattuna. Yleisradion kilpailuasema parani, kun tämä otti vuokralaisekseen Oy Mainos-TV-Reklam Ab -yhtiön (MTV). Se ei saanut toimilupaa ja toimi siksi Yleisradion verkossa vuokralaisena. (Televisiotoiminnan alku Suomessa 2012; Hietala 1996, 18, 28–30.) Valtiovalta vaikutti merkittävästi TES-TV:n toimintaedellytyksiin, sillä sen toimiluvan jatkumisesta ei ollut varmuutta. Valtiovalta pyrki turvaamaan Yleisradiolle monopoliaseman. TES-TV ajautui taloudellisiin vaikeuksiin ja vuonna 1964 Yleisradio osti TES-TV:n ja perusti siitä TV 2:n. (Keinonen, 2011, 82–83.)

Hietala mainitsee (1996, 28), että väritelevisioita oli yritetty kehittää jo 1900-luvun alusta asti. Niiden kaupallisuuteen ei kuitenkaan uskottu pitkään aikaan. Osasyynä pidettiin värien epäluonnollisuutta. Elokuvat värittyivät lopullisesti 1950-luvulla ja myös televisio siirtyi väriaikakauteen. Väritelevisiot saapuivat markkinoille vuonna 1954 Yhdysvalloissa. Vuonna 1967 väritelevisioita myytiin Yhdysvalloissa enemmän kuin mustavalkovastaanottimia. Vuonna 1968 Yleisradio teki päätöksen PAL-väri-lähetysjärjestelmän käyttöönotosta ja ensimmäinen värillinen lähetys Suomessa oli presidentti Urho Kekkosen uudenvuoden puhe 1.1.1969. Värivastanottimien myyntiä lisäsivät merkittävästi vuonna 1972 Münchenin olympialaiset sekä vuonna 1976 Montrealin olympialaiset. (Hietala 1996, 28.)

Vuonna 1993 tapahtui kanavauudistus, jossa MTV sai kokonaan käyttöönsä kolmoskanavan ja Yleisradion hoidettavaksi jäi kaksi muuta kanavaa. Uusi kilpailutilanne johti siihen, että katsojalukumittarit alkoivat ohjata uusien ohjelmien ja ohjelmatyyppeiden syntyä. Tapa on ollut käytössä Yhdysvalloissa jo pitkään. Vuonna 1994 vaihdettiin koko Yleisradion johto pääjohtajaan asti, koska yhtiö ei saavuttanut kanavauudistuksessa asetettuja katsojaosuuksia. Mediatutkijat ovat kyseenalaistaneet katsojalukutilastojen luotettavuuden. Katsojalukumittarit kuitenkin kertovat ohjelmien ja kanavien imagosta ja ovat siten suuntaa antavia. (Hietala 1996, 30, 44–46.)

## **7 Digitaaliset televisiolähetykset Suomessa**

Tässä luvussa käydään läpi digitaalisen televisiolähetysten syyt, digi-tv-toiminnan alku Suomessa, alkutaipaleen haasteet sekä digisovittimien tarve. Lopuksi tuodaan esiin kritiikkiä digitalisointia kohtaan.

Periaatteessa television digitalisointi alkoi jo 1970-luvulla. Ensimmäisenä se ilmeni mikroprosessorin käytöllä tv:n toimintojen ohjaamisessa ja samalla infrapunalla toimiva television kaukosäädin alkoi yleistyä. Mikroprosessoreja käytettiin aluksi television kanavoiden virittämisessä ja kanavatietojen säilyttämisessä. Mikroprosessorit poistivat mekaaniset osat, joiden asennus oli vaikea tehdä automaattiseksi ja ne olivat myös epäluotettavia. (Ikonen 2009, 10.)

## 7.1 Digitalisen tv-lähetyksen alku

Digitalisoinnin yksi tärkeimpiä syitä Suomessa oli se, että valtio halusi vapauttaa tv-taajuuksia muuhun käyttöön. Suuri pelko oli taajuuksien loppuminen. Taajuuspula oli kuitenkin suuresti liioiteltua. (Järvinen 2007, 292–294.)

Suomen hallitus päätti ensimmäisen kerran television digitalisoinnista 18.5.1996. Samalla päätettiin, että Yleisradion jakelutekniikka siirretään erilliselle yritykselle ja uudet valtakunnalliset toimiluvat julistetaan haettaviksi. Alun perin haluttiin, että jakeluverkko myytäisiin Soneralle. Yleisradio ehti sopia jo marraskuussa 1999, että Sonera ostaa 34 prosenttia Digitan osakkeista. Kilpailuvirasto asetti kuitenkin kaupalle ehdon, että Sonera ei saa hakea tv-toimilupaa. Sonerassa tv-lupaa pidettiin tärkeämpänä kuin jakeluverkkoa, joten kauppvoja ei tehty. Jakelutekniikan yhtiöittämisestä syntyi Digital Oy, joka myytiin France Telecomin tytäryhtiölle TDF:lle. Yleisradio sai myynnistä lähes 230 miljoonaa euroa ja varat käytettiin digitalisoinnin alkutaipaleen kustannuksiin. Kaupassa on myös kääntöpuolensa. Verkot ja lähetyksasemat omistaa nyt Digita Oy, joten Yleisradio ja muut suomalaiset tv-yhtiöt ostavat jakelun palveluna ja maksavat lähetyksistään. (Järvinen 2007, 284–286; Keränen, Lamberg & Penttinen 2005, 312–313.)

Ensimmäiset digitaaliset koelähetykset tehtiin Suomessa vuonna 1997, mainitsee Pesari (2000, 188). Samana vuonna satelliittivälitteinen TV Finland aloitti toimintansa. Kesällä 1998 suomalaiset tv-alan toimijat perustivat Digi-tv Forumin, jonka avulla päästiin yhteisymmärrykseen ongelmatilanteissa. (Pesari 2000, 188; Digita 2013a.) Suomen Digi-TV-Forum toimi yhteistyöelimenä niille yrityksille ja järjestöille, jotka toteuttivat digitaalitelevision Suomessa. Forumin kokosi yhteen alan toimijoiden näkemykset

digitaalisen television teknisistä ratkaisuista, tarjottavista palveluista sekä myös kuluttajanäkökulmista. (Digi-tv Euroopassa 1998.)

Digi-TV Forum päätti muun muassa salaustekniikasta, television kaksisuuntaistavasta palvelusta (MHP) sekä ohjasi myös eri osapuolien välistä yhteistyötä. Lähetyksen rakentamisesta, ylläpidosta ja myynnistä vastasi Digita Oy ja verkon rakentaminen aloitettiin toukokuussa 1999. Digitaalisen tv-verkon ensimmäiseen vaiheeseen Suomessa kuuluivat Espoon, Tampereen ja Turun asemat. Ne valmistuivat sopivasti ennen Sydneyn olympialaisia vuonna 2000 ja vuoden lopussa valmistuivat myös Lahden ja Eurajoen asemat. (Pesari 2000, 188, 191.)

Maaliskuussa 1999 viestintäpoliittinen ministeriryhmä päätti, että toimilupia myönnetään vain tv-toimintaa varten ja enintään 15 prosenttia koko kapasiteetista varataan muille digitaalisille palveluille. Yleisradion johto halusi nopeuttaa digiaikaan siirtymistä, koska se pelkäsi satelliittikanavien vyöryä ja halusi sitouttaa suomalaiset antennijärjestelmään ennen tätä. Kaupalliset kanavat anoivat kesällä 2000 lykkäystä aikatauluun, koska ne pitivät digitalisoinnin etenemistä liian nopeana. (Järvinen 2007, 284–286.) (Keränen ym. 2005, 312–313.) Perusteena oli se, että saadun tiedon mukaan digi-tv-vastaanottimia ei tule ajoissa markkinoille. (Miettinen 2006, 12.) Kulttuuriministeri Suvi Lindén esitti 3.2.2001 digiajan alun siirtämistä vuodella. Ajatus oli, että oli parempi lykätä siirtoa, kuin epäonnistua käyttöönotossa. Päätöksen tueksi liikenne- ja viestintäministeri Olli-Pekka Heinonen tilasi Accenture-konsulttiyhtiöltä selvityksen. Sen mukaan vuorovaikutteisuuden pystyviä vastaanottimia oli saatavilla valmistajilta kuluvan vuoden syksyyn mennessä. Heinonne päätti, että lähetykset aloitetaan elokuussa, alkuperäisen suunnitelman mukaan. Aloituksessa onnistuttiin, mutta se jäi vajaaksi. Sovittimia ei ollut myynnissä, joten digikanavia ei voinut katsoa. Sovittimia ilmestyi kauppoihin vasta marraskuussa 2001. (Järvinen 2007, 284–286.) (Keränen, Lamberg, Penttinen 2005, 312–313.)

Television digitaaliset lähetykset aloitettiin vuonna 2001, jolloin Suomessa ei juurikaan ollut käytössä digi-tv-vastaanottimia. Jo tätä ennen digitaalitekniikkaa käytettiin tv-ohjelmien tuotannossa, mutta signaali muutettiin lähetystä varten analogiseksi. Suomi siirtyi 1.9.2007 maanpäällisissä lähetyksissä pelkästään digitaalitelevisiolähetyksiin.

Digitaalitelevisiolähetystä lähetetään maanpäällisen antenniverkon kautta, satelliittien kautta sekä kaapeliverkon kautta. (Pesari 2000, 186).

## 7.2 Digitaalinen lähetyverkko

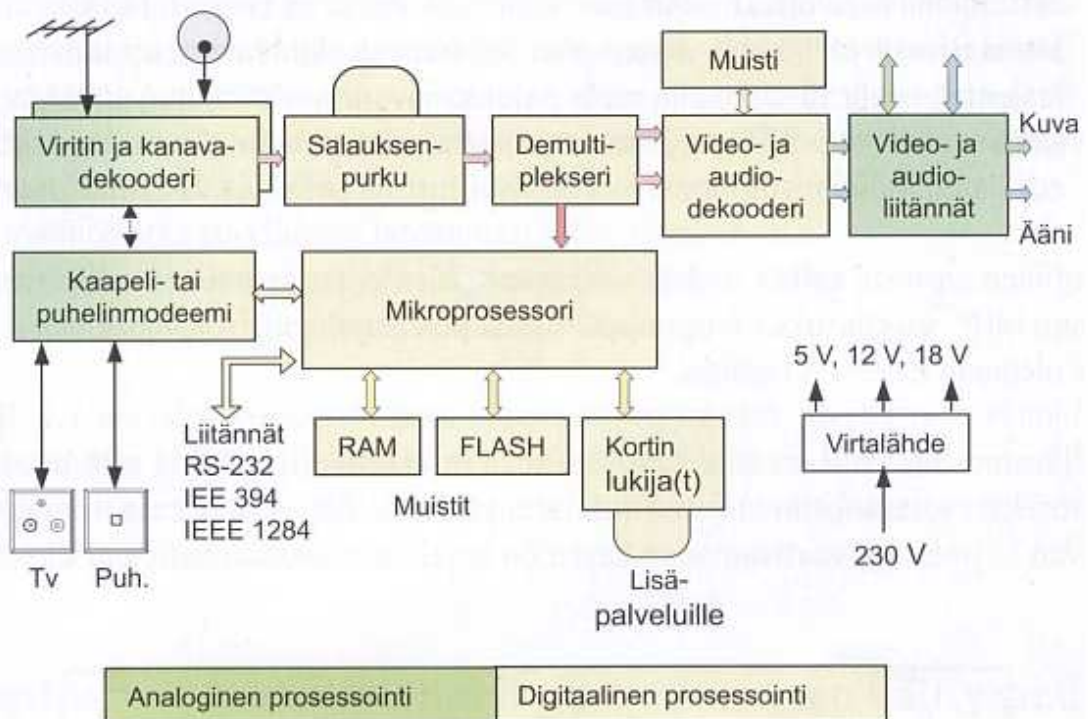
Suomen digitaalinen lähetyverkko on jaettu kanavanippuun eli multiplekseihin. Vuonna 2013 Manner-Suomessa antennitelevisioverkkojen tv-kanavat jaetaan valtakunnallisesti tai lähes valtakunnallisesti seitsemässä eri kanavanipussa. Verkkotoimilupa eli lähettimien lupa on seuraavalla kolmella yrityksellä: Digita Oy, DNA Oy ja Anvia Oyj. Valtakunnallisten verkkojen lisäksi on käytössä eräitä alueellisia kanavanippuja. Kaikki ohjelmakanavat eivät näy koko Suomessa. Toimilupa asettaa vaatimukset sille, kuinka suurelle osalle väestöstä jokainen ohjelma on vähintään jaettava. (Antennitelevisiojaku ja kanavaniput 2013.)

Kanavanippujen A, B, C ja E verkko-operaattori on Digita Oy. Kanavaniput käyttävät DVB-T -tekniikkaa ja UHF-alueen taajuuksia. A- ja B-kanavaniput kattavat 99,9 % Suomen väestöstä. C-kanavanippu kattaa ohjelmakanavasta riippuen 78 - 90 % väestöstä ja E-kanavanippu 95 % väestöstä. (Antennitelevisiojaku ja kanavaniput 2013.)

Kanavanipun D operaattori on Digita Oy. Kanavanipussa ei ole tällä hetkellä säännöllistä lähetystä. Kanavanippu on varattu mobiili-tv:lle eli liikkuvaan vastaanottoon tarkoitettulle tv-jakelulle. Signaalia voi kuitenkin vastaanottaa kaikilla DVB-T2-yhteensopivilla vastaanottimilla. (Antennitelevisiojaku ja kanavaniput 2013.) Muihin kanavanippujen verkko-operaattorina toimii DNA Oy ja ne muodostuvat kanavanipuista VHF A, VHF B ja VHF C. Ne käyttävät DVB-T2-tekniikkaa ja jaetaan VHF-taajuuksilla. Pohjanmaan seudun alueellisen kanavanipun operaattori on Anvia Oyj. Kanavanippu toimii UHF-alueilla DVB-T-tekniikalla. Ahvenanmaalla voidaan vastaanottaa kahden kanavanipun kautta yhdeksän TV-kanavaa. (Antennitelevisiojaku ja kanavaniput 2013.)

## 7.3 Digisovitin

Digitaalisten lähetysten vastaanottoon tarvitaan digitaalinen vastaanotin. Kuviossa 1 on esitetty digisovittimen lohko-kaavio.



**Kuvio 1: Digisovittimen lohkoakaavio (Naskali & Suikkanen 2004, 313).**

Digisovitin muodostuu seuraavista toimintalohkoista: viritimestä ja kanavadekooderista, salauksen purkulohkosta, demultiplekseristä, video- ja audiodekooderista sekä niiden liitännöistä sekä mahdollisista kaapeli- tai puhelinmodeemista. Lisäksi digisovittimessa on muisteja ja kortinlukijoita. Tarvitaan myös virtalähde. Viritintä tarvitaan valitsemaan läheteestä haluttu kanava. Viritin myös muuntaa signaalin kantataajuudelle tai välitaajuudelle. Dekooderi poistaa modulaation, muodostaa digitaalisen signaalin ja tekee virheenkorjauksen. Salauksenpurkulohko poistaa salauksen, jos digisovittimella vastaanotetaan maksullista lähetystä. Demultiplekseri erottelee video-, audio- ja datapaketit datavirrasta ja mikroprosessori käsittelee datapaketit. Mikroprosessori ohjaa digisovittimen toimintoja sekä suorittaa sovellusohjelmia. Video- ja audiopakettit syötetään dekooderille, joka muodostaa analogiset video- ja audiosignaalit televisiovastaanottimeen kytkettäväksi. (Naskali & Suikkanen 2004, 312–313). Digisovittimien teknisiä ratkaisuja kehitetään koko ajan ja lohkoakaaviossa esitettyjä toimintalohkoja yhdistetään uusien piirien avulla.

Digitaalinen vastaanotin voi olla joko digisovitin tai vaihtoehtoisesti integroitu televisio, jossa on tekniikka sisäänrakennettuna. Erillistä digisovitinta ei tarvita integroituun

televisioon silloin, kun katsellaan A-, B-, C- ja E-kanavanippuja. Digisovittimia kutsutaan arkikielellä digibokseksi. Ohjelmien tallentamiseen tarvitaan erillinen DVD-tallennin. Perusdigisovittimessa on vain yksi viritin, joten sen kautta voidaan tallentaa vain sitä kanavaa, jota kulloinkin katsotaan. On saatavissa myös kovalevyllä varustettuja tallentavia digibokseja. Kahdella viritimellä varustetulla tallentavalla digisovittimella voi katsella ja nauhoittaa eri digikanavia yhtäaikaisesti. Maksullisten tv-kanavien katselua varten tarvitaan maksukorttipaikalla tai -moduulilla varustettu digisovitin. Näitä digisovittimia on saatavana myös tallentavina. (Kuluttajavirasto 2006a; Digita 2013.)

#### 7.4 Analogialähetysten lopettaminen

Jo alussa tiedettiin, että siirtyminen digiaikaan tulee olemaan vaikeaa. Edelliset tv-tekniikan läpimurrot kuten väritelevisio, teksti-tv ja nicam-radio olivat helppoja, sillä ihmiset pystyivät siirtymään niihin silloin kun halusivat. Digilähetysten kohdalla siirtyminen oli ehdotonta. Kyse oli siitä, kuinka pitkä siirtymäaika katsojille annettiin. Tv-yhtiöt toivoivat lyhyttä siirtymäaikaa, koska päällekkäisten tv-lähetysten lähettäminen on kallista. Lisäksi tv-yhtiöt halusivat päästä mahdollisimman nopeasti jakamaan maksukanavia. Kuluttajat taas halusivat pitkän siirtymisajan. Aluksi digilaitteiden laatu oli huono ja monet olivat tyytymättömiä analogisiin lähetyksiin. Suomi oli myös ensimmäinen maa siirtymässä, joten laitteiden saatavuus oli huono. Analogisten lähetysten toimiluvat olivat voimassa vuoden 2006 loppuun asti. Alkuperäisen siirtymissuunnitelman tavoitteena oli, että silloin myös analogisten lähetysten lähetys lopetetaan. Virallisesti suomalaisilla oli kuusi vuotta aikaa hankkia digilaitteet. Suurimmalle osalle kansaa vaihtoaika jäi lyhyemmäksi, koska digiverkko laajeni koko Suomen kattavaksi jo kesällä 2005. Suomessa oli valittu linja, jonka mukaan kaikki piti muuttaa digitaaliseksi. Tämä tarkoitti muun muassa sitä, että kaapeli-tv-lähetysten piti myös muuttua ja digitaalisen signaalin muuntaminen analogiseksi eli remodulointi esimerkiksi taloyhtiöihin tai hotelleihin kiellettiin. (Järvinen 2007a, 289–291.)

## 7.5 Ongelmat digivastaanotossa

Digitaalisen tv-lähetysten vastaanotto oli aluksi ongelmallista. Tilanne saattoi olla sellainen, että kanavat eivät näkyneet lainkaan tai kuva oli mosaiikkinen. Vika saattoi aiheutua antennin suuntauksesta. Väärin analogialähetysten aikana suunnattu antenni ei välttämättä pystynyt vastaanottamaan heikompaa digilähetysten signaalia. Tekstityksen vastaanoton kanssa oli ongelmia Ylen kanavien kanssa. Ongelma syntyi siitä, että Yle käytti ainoana ohjelmaoperaattorina DVB-standardin mukaista tekstitystä, jota monet alkuaikojen digisovittimet eivät ole osanneet lukea. Ongelma poistui usein digisovittimen päivittämisellä. Ongelma ei aina aiheutunut tekniikasta, vaan käyttäjästä. Silloin, kun vielä oli sekä analogisia että digitaalisia lähetystyyppejä, yleinen ongelma oli se, että digisovitinta sammuttaessa television ääni meni täysille. Tämä aiheutui siitä, että digisovitin vaimentaa television ääntä, eikä sovitinissa ole omaa äänivahvistinta. Jos television ääni on säädetty puoliväliin, ääntä voi pienentää digisovittimesta, mutta sitä ei saa televisiosta säädettyä tasoa kovemmalle. Ääntä voi siis vain vaimentaa digisovittimesta. Kun televisiota katsoo digisovittimen kautta, television oma äänensäätö voi olla kovalla, mutta ääni tulee normaalina digisovittimen äänen säädön vuoksi. Kun katsottiin digitaalisia lähetystyyppejä ja sammutettiin digisovitin ensimmäisenä, televisio kytkeytyi analogialähetykseen ja äänenvoimakkuus oli tällöin television äänensäädön mukainen. (Digi-TV 2006; Toimintaohje kuluttajille digisovittimen vikatilanteessa 2006.)

## 7.6 Kritiikkiä digitalisointia kohtaan

Järvinen (2007b, 315–319) tuo esiin digisovittimen mukanaan tuomia ongelmia. Erillinen digisovitin sai aikaan lisää johtoja ja toisen kaukosäätimen tarpeen. Ongelmasta pääsi eroon vain vaihtamalla koko television. Digitalisoinnin alkuaikoina digisovittimissa ja televisioissa oli tyypillisesti vain yhden standardin, T tai C, mukainen viritin. Tämän vuoksi antenniverkkoon hankittu digitelevisio ei sopinut kaapeliverkkoon ja päinvastoin. Jos esimerkiksi antenniverkkotalosta muutettiin kaapeliverkkotaloon, piti ostaa uusi televisio tai hankkia vanhan televisioon uusi digisovitin. Tämä ongelma on tosin poistunut, sillä nykyään jo valmistusvaiheessa digitelevisioihin lisätään molemmat viritin. Suomi oli yksi ensimmäisiä digiaikaan siirtyneitä maita, joten suomalaiset kuluttajat joutuivat uuden tekniikan ”koekaniiniksi”. Laitteet jumittuivat ja tekstitykset takertelivat. Ongelmia yritettiin aluksi korjata antennisignaalin mukana kuljetettavilla

sovittimien päivityksillä. Tämä olisi tullut kuitenkin maahantuottajille kalliiksi Digitan veloittaman siirtohinnan vuoksi. (Järvinen 2007b, 315–319.)

## **8 Digitaali-tv-tekniikan ominaisuudet**

Järvinen (2007a, 299–302) ja Pesari (2000, 186, 190) tuovat esiin digitaali-tv -tekniikan etuja. Edut ovat huomattavat analogiseen tekniikkaan verrattuna. Analogisissa tv-signaaleissa on totuttu näkemään haamukuvia ja kohinaa. Katsojan kannalta digitaaliset tv-lähetykset ovat aina hyvälaatuisia, eikä kohinaista digi-tv -kuvaa ei ole olemassa. Signaalin heikentyessä digikuva muuttuu ensin mosaiikiksi ja katoaa kokonaan tv-kentän raja-alueilla kentänvoimakkuuden pienentyessä alle vastaanottorajan. Digitaalitekniikan myötä tv-vastaanoton äänen ja kuvan laatu ovat parantuneet. Lisäksi ääntä ja kuvaa voidaan käsitellä monipuolisemmin. Digitaalisessa informaatiosiirrossa signaali heikkenee ja voi vääristyä matkalla, mutta vääristymiä voidaan korjata. Myös informaation pakkaus tiiviimpään muotoon on mahdollista. Käytettävissä olevia tv-kanaville varattuja taajuusalueita voidaan käyttää tehokkaammin. Kun analogisessa 7 MHz leveässä kaistassa voidaan lähettää vain yksi tv-kanava, niin samassa 7 MHz kaistassa voidaan lähettää kuusi digitaalista tv-kanavaa. Näin tv-yhtiöt saavat digi-tv:n myötä taloudellista etua. (Järvinen 2007a, 299–302; Pesari 2000, 186, 190.)

### **8.1 Signaalin digitalisointi**

Nykyaikaisissa HDTV-kameroissa kuvasensorit tuottavat suoraan digitaalista signaalia, korostaa Ikonen (2009, 170–171). Yksi kuvasensori voi tuottaa digitaaliset RGB-signaalit tai vaihtoehtoisesti jokaiselle päävärille on oma sensori. Kuvasensorin kanssa yhteen sijoitetut DA-muuntimet voivat tuottaa 14 bittiä näytteitä, vaikka sensorista lähtee näytteitä vain 10 tai 12 bittiä. Sensorin ylimääräisiä ominaisuuksia voidaan käyttää esimerkiksi gammakorjauksessa jo piirin sisällä. Kun gammakorjaus tehdään signaalille, josta on otettu paljon näytteitä, voidaan kuvaa siirtämään tarvittaessa pienemmällä tarkkuudella. Näytteenottotaajuus studiolaadun 1080p50 HDTV-signaalille on 148,5 MHz. (Ikonen 2009, 170–171.)

Signaalin pakkaaminen aloitetaan muuttamalla gammakorjatut RGB-signaalit eri muotoon matrisoinnilla eli yhteenlasku- ja vähennyslaskuoperaatioilla. Tästä syntyy



valoisuus-komponentti eli Y-signaali. Kun sinisestä ja punaisesta värisignaalista vähennetään valoisuuskomponentti ja se kerrotaan vakiolla, syntyy värierokomponentit eli U- ja V-signaalit. YUV-signaalit ovat matrisoinnin jälkeen kaistanleveydeltään samankokoisia. Signaalit voidaan halutessa käänteisellä matrisoinnilla muuttaa takaisin RGB-signaaliksi.

RGB-signaali voidaan YUV-signaaliksi seuraavan kaavan avulla (FOURCC 2011):

$$Y = (0.257 * R) + (0.504 * G) + (0.098 * B) + 16$$

$$Cr = V = (0.439 * R) - (0.368 * G) - (0.071 * B) + 128$$

$$Cb = U = -(0.148 * R) - (0.291 * G) + (0.439 * B) + 128$$

YUV-signaali voidaan muuttaa RGB-signaaliksi seuraavan kaavan avulla (FOURCC 2011):

$$B = 1.164(Y - 16) + 2.018(U - 128)$$

$$G = 1.164(Y - 16) - 0.813(V - 128) - 0.391(U - 128)$$

$$R = 1.164(Y - 16) + 1.596(V - 128)$$

YUV-signaaleja voidaan käyttää kuvasignaalin kaistanleveyden rajaamiseen esimerkiksi tiputtamalla U- ja V-signaalien näytteenottotaajuus puoleen Y:n näytteenottotaajuudesta pienentäen tarvittava siirtokapasiteetti kolmanteen. Tässä on kyse 4:2:2-näytteenotosta. 4:2:0-näytteenotossa U- ja V-kanavien näytteitä otetaan vain joka toisesta kuvapistestä ja juovasta. (Ikonen 2009, 171–172.)

Äänen välittäminen tapahtuu teräväpiirtotelevisioon stereona tai monikanavatiläänä. Mikrofoonilta tai muista äänilähteistä saatu ääni alipäästösuodatetaan ja digitalisoidaan 44,1 kHz tai 48 kHz näytteenottotaajuudelle. Teoriassa näytteenottotaajuuden pitää olla kaksinkertainen verrattuna suurimpaan tositettavaan äänitaajuuteen. (Ikonen 2009, 173.)

## 8.2 Ohjelmien salaus

DVB-järjestelmissä salaus perustuu monitasoisten salausavaimien käyttöön. Järjestelmät sisältävät salaisen, standardin määrittämän osan sekä salausjärjestelmäkohtaisen osan ylempien tasojen avaimien hallintaan ja välityksen. Yhteisesti käytetyillä salausalgoritmeilla on myös toinen etu. Sen avulla sama tv-ohjelma voidaan koodata erikseen eri järjestelmille ja kuluttajaryhmille. Kaikki järjestelmät pystyvät avaamaan salauksen, koska alimman tason avain on kaikille sama. (Ikonen 2009, 26–27.)

## 8.3 Digi-TV:n palveluja

Kun digivastaanotin käynnistetään ensimmäisen kerran, vastaanotin etsii sille tarjolla olevat palvelut. Ensimmäisenä vastaanotin skannaa sen käytössä olevan taajuusalueen. Löydettyään kanavan se pysähtyy ja tutkii, onko kanavalla tarjolla TS-bittivirta ja sen ohjelmatietoja. (Ikonen 2009, 24.)

Perinteinen tv-verkko toimii yksisuuntaisella broadcast-periaatteella, jossa yhdestä paikasta lähetetään samaa ohjelmaa usealle henkilölle. Digitaalisissa verkoissa broadcast-lähetyksen lisäksi voidaan tarjota maksullisia ohjelmia, joissa käyttäjä maksaa lähetyksajan mukaan. Video-On-Demand palvelussa käyttäjä saa hallintaansa elokuvan tai muita ohjelmia. Near-Video-On-Demand -palvelussa sama ohjelma lähetetään eri kanavilla eri aikoihin, jolloin käyttäjä voi valita katseluajankohdan. interaktiiviset tv-ohjelmat kuten tietovisat, pelisovellukset, Internetpalvelut, etäopetussovellukset ja videoneuvottelut. (Keränen, Lamberg, Penttinen 2005, 310.)

Digi-TV:n informaatiopalvelut jakautuvat kahdenlaisiin palveluihin: yksisuuntaisiin ja paluukanavaa hyödyntäviin kaksisuuntaisiin (Rinnetmäki & Pöyhtäri 2001, 15–16). Esimerkiksi teksti-tv on sovellus, jossa vastaanotin vastaanottaa kaikkia sivuja ja käyttäjä valitsee yhden kerrallaan katsottavaksi. (Keränen, Lamberg, Penttinen 2005, 314–315.) Yksisuuntaisia palveluja ovat myös teksti-tv:n seuraajat, joissa voidaan esittää laajempia asiakokonaisuuksia, käyttää hyperlinkkejä, eri merkistöjä, kuvia ja taustagrafiikkaa. Kaksisuuntaiset palvelut muistuttavat TV-ruudulle sovitettua Internet-selainta. Paluukanavana tavallisesti käytetään Internet-yhteyttä, joten käytön mukavuus on täysin sidoksissa käyttäjän Internet-yhteyteen. Itse sovellukset on

asennettu vastaanottimeen, eikä niitä tarvitse erikseen ladata. (Rinnetmäki & Pöyhtäri 2001, 15–16).

Tärkeänä digi-tv sovellusten osana on paluukanavan käyttö, joka mahdollistaa esimerkiksi vuorovaikutteiset sovellukset sekä maksusovellukset. Vuorovaikutteiset ohjelmat voivat olla dynaamisia tai staattisia. Dynaamisissa ohjelmissa ohjelmatietoa päivitetään ohjelman aikana ja staattisissa ennen ohjelman lähetystä. Paluukanava voidaan tehdä Internet-yhteydellä, kaapeliyhteydellä suoraan tai puhelinlinjalla. Sovellus voi toimia myös ilman paluukanavaa, jolloin käyttäjä on vuorovaikutuksessa vain digivastaanottimen sovelluksen kanssa. Paluukanavaa käytettäessä voidaan lähettää palveluntarjoajalle tietoa, joka vaikuttaa lähetettävään sisältöön tai jotakin muuta palveluntarjoajaa hyödyttävää tietoa. Tietokilpailu on sovellus, johon käyttäjät voivat osallistua reaaliajassa (Keränen, Lamberg, Penttinen 2005, 314–315; Rinnetmäki & Pöyhtäri 2001, 17–18 ).

Erilaiset kommunikointipalvelut ovat myös mahdollisia ja ne ovat pääasiassa paluukanavia hyödyntäviä sovelluksia. Paluukanavaton palvelu voi olla esimerkiksi television keskusteluohjelma, joka hyödyntää matkapuhelimien tekstiviestiominaisuuksia. Näitä sovelluksia ovat lähinnä keskustelu ja sähköposti digi-tv:ssä. Ne voivat olla myös yksittäisiä ohjelmia tai ne voidaan liittää muihin sovelluksiin. (Rinnetmäki & Pöyhtäri 2001, 19–20.)

Ohjelmansisältöön liittyvät sovellukset ovat vaikeimpia toteuttaa. Yleensä ne tehdään etukäteen ja esitetään muuttumattomina. Jos haluttaisiin toteuttaa täysin vuorovaikutteinen ohjelma, johon käyttäjä voi vaikuttaa suoraan, jouduttaisiin tekemään erilaisia ohjelmakulkuja ja muuttamaan lähetykseen menevää datavirtaa. Synkronointi eri käyttäjien kesken on myös ongelma, koska digi-tv:ssä ei ole mahdollista lähettää paketteja, kuten Internetissä. (Keränen ym. 2005, 314–315.)

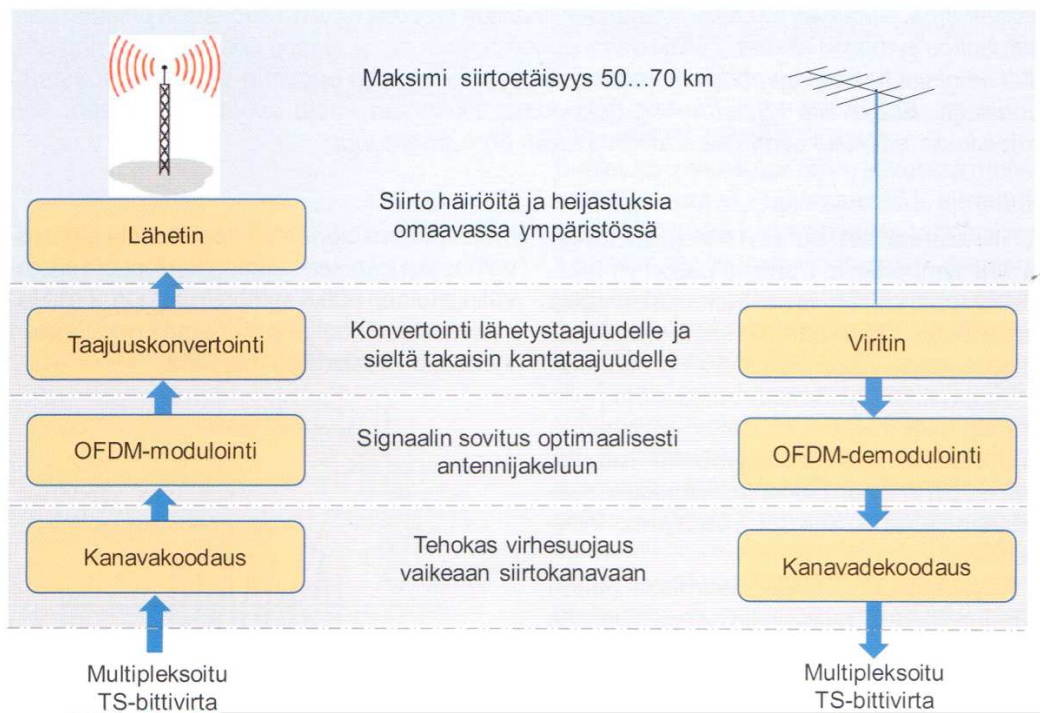
## **9 Digitaalisten tv-järjestelmien siirtotekniikat**

Tässä luvussa tuodaan esiin digitaalisten tv-järjestelmien siirtostandardeja, modulaatiomenetelmiä sekä antennejä. Digitaalitelevisiolähetysä lähetetään maanpäällisen antenniverkon kautta, satelliittien kautta sekä kaapeliverkon kautta..

## 9.1 Digitaalinen videolähetys maanpäällistä jakelua varten (DVB-T)

Digitaalinen videolähetys maanpäällistä jakelua varten (DVB-T) on tarkoitettu digitaalitelevisiosignaalin maanpäälliseen tv-verkon lähetyksiin. Digitaalisissa lähetyksissä on tarkoitus käyttää 10 dB -20 dB pienempää lähettimen säteilytehoa kuin analogisissa lähetyksissä ja tämä onnistuu, koska digitaalisella modulaatiolla on hyvä häiriön ja kohinan sietokyky.

Kuviossa 2 on esitetty DVB-T jakelujärjestelmien signaalivälityksen päälohkot.



**Kuvio 2: DVB-T -jakelujärjestelmän lohkot (Ikonen 2009, 200).**

DVB-T -standardi valmistui vuonna 1995 ja se perustuu COFDM:ään, jossa moduloidaan useita apukantaaaltoja. Standardi jakautuu kahteen osaan, 2K käyttää 1705 apukantaaaltoa 4 kHz:n välein ja 8K käyttää 6817 apukantaaaltoa 1 kHz:n välein. DVB-T:ssä lähetettävä bittivirta rakentuu symboleista ja symbolin koko riippuu modulaatiomenetelmästä. Käytettävissä on QPSK:n lisäksi 16-QAM ja 64-QAM. DVB-T pystyy parhaimmillaan jopa yli 30 Mbit/s nopeuteen, joka on mahdollista pienentämällä virhesuojausta. Tällä nopeudella lähettimeen tuleva signaali-kohinasuhde kasvaa kuitenkin suureksi. Myös suojavälien pienentämisellä voidaan saada suurempi

symbolinopeus, mutta tässä tilanteessa monitie-etenemisen aiheuttamat häiriöt pahenevat. (Gylén 1997, 11.)

Suomessa käytetään QAM-modulaatiota virhesuojauksella  $2/3$  ja suojaväillä  $1/8$ . Merkintä  $2/3$  tarkoittaa sitä, että kolmesta lähetetystä bitistä kaksi välittää informaatiota ja yksi on varattu virheenkorjaukseen. Merkintä  $1/8$  tarkoittaa sitä, että vastaanottimeen tulevasta signaalista symbolinajan ensimmäistä  $1/8$ -osaa ei oteta huomioon. (Ikonen 2009, 205.) Tämän tekniikan etu on se, että jokaisen kantoaallon symbolinopeus on matala, jolloin symbolin kesto aikatasossa pitenee. Tämän lisäksi spektri rajoittuu hyvin kaistalle. (Gylén 1997, 11.) Symbolinopeus on siirrettävien symbolien määrä sekunnissa, joita kutsutaan myös Baudeiksi. Yhdessä symbolissa pystytään siirtämään yksi tai useampi bitti ja tästä johtuen bittinopeus on yleensä symbolinopeutta suurempi. (Ikonen 2009, 192.)

DVB-T:ssä käytetään suojavälejä  $1/4$ ,  $1/8$ ,  $1/16$  ja  $1/64$  ja pituudet määräytyvät suhteessa symbolin keston. Suojaväli tehdään OFDM-modulaatiossa kopioimalla symbolin lopusta suojavälin pituinen pätkä seuraavan symbolin alkuun. Näin ei muodostu heijastuneista symboleista epäjatkuvuutta. (Ikonen 2009, 206.)

DVB-T:n lukuisat modulaatio- ja virhesuojatasovaihtoehdot antavat operaattoreille monia vaihtoehtoja säätää verkon siirtokapasiteettiä ja peittoaluetta. Kun tietylle lähetysteholle halutaan hyvä peitto, pitää valita häiriöitä hyvin sietävät jakeluparametrit sekä hyvä virheensuojaus. Mikäli halutaan suuri siirtokapasiteetti, pitää vastaanotossa ottaa käyttöön vahvempi signaali. Lähetystehoa ei kuitenkaan voi nostaa rajattomasti, koska liika säteilyteho häiritsee muita verkkoja ja myös kaupalliset tekijät, kuten lähettimen hinta ja tehonkulutus, aiheuttavat rajoituksia. (Ikonen 2009, 201.)

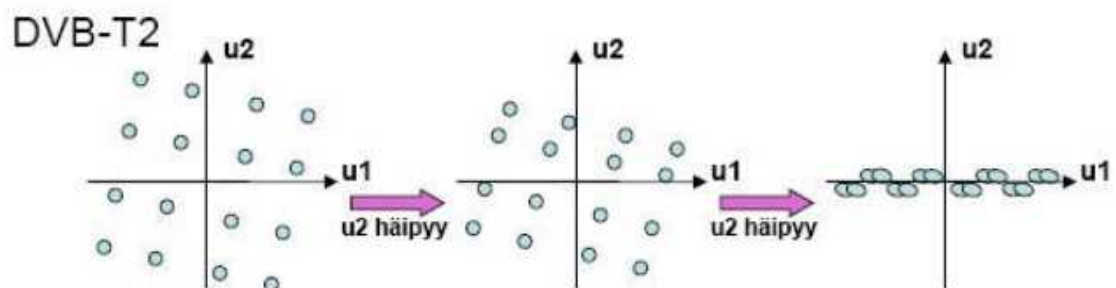
## 9.2 Digitaalinen videolähetys maanpäällistä jakelua varten (DVB-T2)

DVB-T -standardin paranneltu versio on DVB-T2, joka tehtiin korvaamaan liikkuvaan vastaanottoon alun perin suunnitellun DVB-H -lähetysstandardin. Tällöin 16-QAM:stä siirryttiin 256-QAM:iin, mahdollisuus käyttää 1K:ta, 4K:ta, 16K:ta ja 32K:ta, suojavälinä lisäksi  $1/132$ ,  $19/256$  ja  $19/128$ . DVB-T2:n kapasiteetti nousee 24,1 Mbit/s:stä 36,1 Mbit/s. Virhekestoisuutta on parannettu kierretyllä konstellaatiolla ja

virheensuojausta kaksivaiheisella virheensuojajärjestelmällä. (Ikonen 2009, 212; Papinniemi 2010, 8.)

DVB-T2 järjestelmälle on asetettu seuraavanlaisia vaatimuksia: Sen tulee toimia nykyisillä lähetys- ja vastaanottoantenneilla. Järjestelmän vastaanottimet ovat ensisijaisesti kiinteitä ja liikkuvia vastaanottimia. DVB-T2 -järjestelmien siirtokapasiteetin on kasvettava vähintään 30 % DVB-T-järjestelmiin verrattuna ja niiden on toimittava paremmin kuin DVB-T yhden taajuuden (single frequency network) järjestelmissä. Järjestelmillä on oltava parempi impulssikohinan sieto ja samassa signaalissa erilaisille palveluille on oltava oma peittoalue. DVB-T2 -järjestelmien tulee myös olla joustavia kaistanleveyden ja taajuusalueen suhteen. (Ikonen 2009, 209.)

Kun käytetään QPSK- ja QAM-modulaatioita, hetkelliset amplitudi- ja vaihearvot kuvataan suorakulmaisessa koordinaatistossa I- ja Q-akselin pareina eli konstellaatiokuviona. 16-QAM-signaalissa kaikki 16 mahdollista amplitudi- ja vaihearvojen yhdistelmää sijoittuvat I- ja Q- akselin molemmille puolille symmetrisesti. Signaali voi saada vain yhden arvon näistä kuudestatoista arvosta. Kun konstellaatiokuva kierretään sopivasti, siirtyy jokainen konstellaatiopiste siten, että samoilla I:n ja Q:n arvoilla on enää vain yksi konstellaatioarvo. Tämä mahdollistaa hetkellisen konstellaatiopisteen uudelleenrakentamisen, vaikka lähetysketjussa tapahtuisi virhe, joka pilaisi akselin toisen arvon. Kuviossa 4 on kuvattu kierrettyä konstellaatiota, joka tarkoittaa symbolien paikkojen muuttamista kiertämällä siten, että samat I- ja Q-tasot esiintyvät vain yhdellä symbolilla. (Ikonen 2009, 209.)



**Kuvio 3: DVB-T2:n kierretty konstellaatio (Papinniemi 2010, 8).**

DVB-T2:een valittiin kaksivaiheinen virheensuojajärjestelmä, joka parannetulla aikalomituksella korjaa virheet paremmin DVB-T:hen verrattuna. Kaksivaiheinen virheensuojajärjestelmä tarkoittaa sitä, että on käytössä kaksi peräkkäistä järjestelmää, inner ja outer. Ulkokoodauksena käytetään BCH-koodausta, joka lisää bittivirtaa noin 0,3 prosentilla. Aikalomittelu on Ikonen mukaan tehokas korjausmenettely, joka pystyy korjaamaan esimerkiksi kipinähäiriöstä johtuvat virheet. (Ikonen 2009, 210–211.)

COFDM-signaali vaatii suojavälejä, jotta signaali kestäisi paremmin siirtotiessä tapahtuvaa monitie-etenemistä. 32K:ssa symbolin kesto on 3,584 ms ja jos valitaan suojaväliksi 1/4, saadaan suojaväliksi 896  $\mu$ s. Tuossa ajassa radioaallot etenevät noin 270 km. Vastaanotin ei häiriinny, jos heijastuneet signaalit ovat edenneet 270 km enemmän, kuin suora säteily. Suuri kantoaaltojen määrä ja lyhentynyt symboliaika tuovat etuina sen, että suojaväli pitenee. (Ikonen 2009, 212.)

DVB-T2 mahdollistaa myös useiden erillisten bittivirtojen siirtämisen. Tämän mahdollistaa TFS-tekniikka. Tekniikan ideana on yhdistää monta tv-ohjelmakanavaa yhdeksi suureksi dataviraksi. Esimerkiksi yhdistettynä voidaan viisi tv-ohjelmakanavaa siirtää noin 180 Mbit/s nopeudella. TFS- tekniikka mahdollistaa paremman siirtotehokkuuden, koska tv-kanavien bittivirrat ovat purskeisia. Kun kuvassa on paljon muutosta, voi bittivirta olla kaksinkertainen tavallisen ohjelmakohtaan bittivirtaan. TFS antaa myös paremman vastaanottoalaadun. Yhden kanavan häiriöt tai signaalin häipyminen eivät katkaise vastaanottoa, koska ohjelma on aika- ja taajuuslomittelua käyttämällä jaettu viidelle tv-kanavalle. (Ikonen 2009, 214.)

OFDM-signaaleissa tuhansien rinnakkaisten kantoaaltojen amplitudit ja vaihe vaihtelevat siirrettävän datan mukaan. Lähetystehossa syntyy piikki, jos kaikkien signaalien amplitudit osuvat maksimiinsa samanaikaisesti. Säröytymisen estämiseksi lähettimet mitoittavat sisääntulevan signaalin suurimpien tehojen mukaan. Tässä tilanteessa on käytettävä suurempitehoisia lähettämiä, kuin mitä normaalisti vaadittaisiin. Pienentämällä lähettimeen johdettujen tehopiikkejä voidaan käyttää pienempitehoisia ja halvempia lähettämiä. Tämä puolestaan vähentää lähettimen sähkönkulutusta merkittävästi. (Ikonen 2009, 214.)

### 9.3 Digitaalinen videolähetys kaapelijakelua varten (DVB-C)

DVB-C on digitaalinen videolähetys kaapelijakelua varten. Se on tarkoitettu digitaalitelevisiosignaalin lähettämiseen kaapeli-tv-verkossa, jossa on useita analogisia ja digitaalisia kanavia, hyvä signaali-kohinasuhde ja jossa analogisilla ja digitaalisilla kanavilla on sama analogisten kanavien 7 MHz tai 8 MHz kanavarasterointi kuin PAL-kanavilla. (Susi 1996, 1.)

Kaapeliverkko on Suomen yleisin tapa vastaanottaa tv-ohjelmia. Tietoliikenteen ja tietotekniikan keskusliitto FiComin teettämän kyselyn mukaan 1,37 miljoonaa taloutta Suomessa oli kytketty kaapeliverkkoon vuoden 2009 syyskuussa. (Tietoliikenne- ja tietotekniikka-alan katsaus 2009, 11) DVB-C -järjestelmiä käytetään kaapeliverkoissa, jotka kattavat kokonaisia kaupunkeja. Jos kaapelijärjestelmä on kytketty yhteisantenniin ja kattaa rajoitetun alueen, kuten yhden talon, käytetään DVB-T -järjestelmää. DVB-T2 -järjestelmää voidaan käyttää myös kaapelijakeluun. Kaapeliverkon etuna on muun muassa se, että koska kaapeliverkko rajautuu tietylle alueelle, voidaan koko siirtokapasiteetti käyttää alueen palveluntarjontaa. Toinen etu on se, että signaali liikkuu suojatussa kaapelissa. Käytännössä voidaan siten käyttää koko käyttökelpoista, käytössä oleva radiokaistaa. Kolmas etu on kanavan kaksisuuntaisuus eli erillistä paluukanavaa ei tarvitse rakentaa. Neljäs etu on kaapelin kyky käyttää kaistanleveyttä suurilla siirtotehokkuuksilla. (Ikonen 2009, 61.)

Suuresta kaapeliverkosta käytetään myös nimeä suuryhteisantenniverkko eli SYJ-verkko. Se koostuu päävahvistimesta ja jakeluverkosta. Kaapeli-tv-verkon rakenne on joko tähtimäinen tai rengasmainen. Rengasmainen rakenne on tarkoitettu varmistamaan jakelu ongelmatilanteissa, kuten esimerkiksi silloin, kun kaivinkoneen kaivin on osunut jakoverkon kuitukaapeliin. Päävahvistimelta signaali siirretään lukuisiin alivahvistimiin, yleensä valokuituyhteyttä käyttäen. Alivahvistimet ovat yleensä kaupunkikohtaisia ja erillisten palvelujen jakaminen tiettyyn kaupunkiin on tästä syystä helppoa. Alivahvistimesta yhteys jaetaan kuitukaapeleilla eri kaupunginosiin ja talokohtaisesti yhteys jaetaan käyttämällä koaksiaalikaapeliverkkoa. Kaapeli-tv:n siirtokapasiteettia voidaan kasvattaa viemällä kuituyhteys lähemmäksi kotitalouksia. (Ikonen 2009, 63-64.)



#### 9.4 Digitaalinen videolähetys satelliittijakelua varten (DVB-S)

DVB-S on digitaalinen videolähetys satelliittijakelua varten. Se vaatii tiettyjä erisyisvaatimuksia, koska televisiosatelliittien etäisyys maasta on noin 37 000 km ja signaalit lähetetään käyttäjille satelliitin sisältämän toistinaseman kautta. Satelliittien lähettimien teho on melko vaatimaton, 100 W – 200 W, ja siksi vastaanotetun signaalin taso on hyvin alhainen. Satelliittien on toimittava hyvällä hyötysuhteella, eikä niitä ei voi rakentaa lineaarisesti. On valittava modulaatiotapoja, joka pitävät signaalin amplitudin kohtuullisena. Tästä syystä analogisissa satelliittilähetyksissä käytettiin taajuusmodulointia, joka pitää signaalin amplitudin samana. (Ikonen 2009, 219.)

DVB-S:ssä käytetään QPSK-nelivaihemodulaatiota tai BPSK-modulaatiota. Virheenkorjaus on merkittävässä asemassa heikon vastaanottosignaalin takia. Ennen virheenkorjausta TS-bittivirta satunnaistetaan eli pitkät nollien ja ykkösien jonot katkaistaan, koska lähettimen ei haluta missään vaiheessa moduloimatonta signaalia. Tämä johtaisi kiinteätaajuisten kanta-aallon lähettämiseen. Ulkokoodauksessa käytetään Reed-Solomon-koodausta eli RS:ää ja sen avulla pystytään korjaamaan 8 tavua 188 tavun paketista. Seuraavaksi signaali lomitetaan, jotta signaalissa syntyvät virheryöpyt leviäisivät pitemmälle aikajaksolle. Sisäkoodaus suoritetaan taustakohinaan johtuvien virheiden korjaamiseen. Niillä pystytään vähentämään virheellisiä bittejä 1 % -10 % arvosta noin 0,02 prosenttiin. Ennen QPSK-modulaatiota signaalin kaistanleveys rajataan Nyquist-suotimen avulla haluttuun kaistanleveyteen. Lähetysten suodatus on jaettu tasan lähetys- ja vastaanottopäiden kesken ja lopullinen suodatus saadaan näiden yhteisvaikutuksesta. Digitaaliset signaalit viedään QPSK-modulattorille ja sieltä taajuusmuunnoksen kautta lähettimelle. Satelliitit sijaisevat geostationäärisellä radalla. Uplink -asema lähettää signaalin satelliitille ja tämän jälkeen satelliitissa oleva toistinasema muuttaa vastaanotetun signaalin matalammalle downlink- taajuusalueelle (11,70 GHz – 12,75 GHz tai 10,70 GHz – 11,80 GHz), vahvistaa sitä ja suuntaa sen kohdealueelle. Uplink-taajuudet vaihtelevat satelliittikohtaisesti. Satelliittivastaanottoantenni muuttaa taajuuden välitaajuusalueelle (1100 MHz – 2150 MHz tai 950 MHz- 2050 MHz). (Ikonen 2009, 219–220.)

Vastaanottoaikan määrä sen, mistä suunnasta satelliitit näkyvät. Korotuskulma on vaakatason ja satelliitin välinen kulma. Päiväntasaajalla se on 90 astetta, Etelä-Suomessa suurimmillaan 21–22 astetta ja pohjoiseen siirtyessä korotuskulmaa pitää

pienentää. Lautasantenni tarvitsee aina satelliittiin päin esteettömän näkymän ja vastaanottokeilan muutaman asteen alue pitää olla myös esteetön. Aina ennen satelliittilaitteiston hankintaa pitää tehdä arvio siitä, onko haluttujen satelliittien vastaanotto edes mahdollista. Satelliittiantennien hyviä asennuspaikkoja ovat etelänpuoleinen avoparveke, lasitettu parveke, piippu, antennimasto, seinä tai talon pääty. Mikään heijastimen osa satelliitista ei saa peittyä esimerkiksi lumella, jottei tarkka heijastimen pinta muuttuisi. Vaatimus ei koske antennin kiinnitystä eikä jalkaa. (Ikonen 2009, 71–72.)

TV-satelliittien käytössä on noin 2 Ghz:n kaista jokaista ratapositiona ja erillisiä antennien lähetyskeiloja varten. Sama kaista voidaan kaksinkertaista käyttämällä polarisaatiota. Tässä 4 Ghz:n kaistassa voidaan siirtää yli 100 multipleksiä ja jos koko kaista käytettäisiin HD-ohjelmien siirtoon sopisi multipleksejä 500-600 kappaletta jokaiseen ratapositiona. (Ikonen 2009, 74.)

Satelliittien HDTV-palvelut ovat salattuja lukuun ottamatta mainoksia. Ohjelmien laskutus on kuukausipohjaista ja edellyttävät määräaikaista tilaussopimuksia joko 12 tai 24 kuukautta. HDTV-ohjelmien vastaanottoon Suomessa tarvitaan helpoimmillaan 60 cm lautanen, universaali taajuusmuunnin, sopiva digi-sovitin, kaapeleita ja kaapeleiden kiinnitys ja läpivientityökaluja. (Ikonen 2009, 80.)

Tärkein osa satelliittivastaanoton laitteistoa on peiliantenni, sen taajuusmuunnin sekä oikea sijoitus. Lähes kaikki kotikäytössä olevat lautasantennit ovat off-set -antenneja, jossa taajuusmuunnin ei varjosta antennia ja talvelle sen alareunan ei kerry lunta. Yleiskäyttöinen taajuusmuunnin on nimetty universaaliksi taajuusmuuntimeksi, joka sieppaa kaikki Ku-taajuusalueen palvelut. Yksinkertaisimmillaan taajuusmuuntajan ja vastaanottimen välillä on vain yksi koaksiaalikaapeli. Polarisaation muutos lähetetään taajuusmuuntimelle tasajännitearvona. Jännitteillä 16 V – 19 V taajuusmuunnin syöttää ulos vaakapolarisaation signaalit ja jännitteillä 11,5 V – 14 V pystypolarisaation. Jos halutaan, että vastaanotetaan ylempää Ku-taajuusaluetta 11,70 GHz – 12,75 GHz, niin vastaanottimeen pitää lähettää 0,6 voltin, 22 kHz:n suorakaideaalto, koska vastaanotin ei pysty virittymään itsestään koko Ku-taajuuskaistalle. Nykyisin käytetään usein yhä enemmän tallentavia digisovittimia, joissa saatetaan katsoa ja tallentaa signaaleja yhtä aikaa. Näin yksi liitäntäjohto ei enää riitä. Tällainen tallentava laite tarvitsee kaksilähtöisen muuntajan, joihin kytketään oma koaksiaalikaapeli. Rakenteeltaan tämä

kaksoistaajuusmuunnin muistuttaa universaalitaajuusmuunninta mutta muuntimia on kaksi rinnakkain. (Ikonen 2009, 80–82.)

## 9.5 Modulaatiomenetelmiä

Tv-kuvakantaalto on analoginen ja se on moduloitu analogisella videosignaaliilla. Ensimmäiset modulaatiotavat olivat kantaalloin amplitudin tai taajuuden muuttamista. Amplitudin muuttamisen tekniikkaa kutsutaan ASK-modulaatioksi (Amplitude Shift Keying) ja digitaalista taajuuden muuttamisen tekniikkaa FSK-modulaatioksi (Frequency Shift Keying). Lähes kaikki nykyajan modulaatiot perustuvat kahden samantaajuisen kantaalloin käyttöön. Menetelmän nimi on IQ-modulaatio ja sen yksinkertaisin modulaatio on QPSK-modulaatio. QPSK:ssa molemmille kantaalloin vaiheille valitaan kaksi vaihtoehtoa, eli molemmat pystyvät lähettämään yhden bitin informaatiota. (Ikonen 2009, 189–190, 192.)

Digitaalinen modulointi tapahtuu kantataajuudella, joka on käytetystä lähetystaajuudesta riippumaton. Kantataajuus on aina vähän pienempi kuin kaistanleveys, jotta signaali pääsisi lähettimen kaistanpäästösuoittimista häiriöttömästi läpi. Digitaalisesti moduloidun signaalin amplitudia ja vaihearvoja kuvataan yleisesti konstellaatiokuvailla. Siinä on ristikkäin sijoitetut 90-asteen kulmassa olevien I- ja Q signaalien ajasta riippuvat amplitudit. Konstellaatiokuvaio on ympyrä, jos signaalia ei ole moduloitu. QPSK:sta on kehitetty 8-PSK, jossa signaalin vaiheen arvolla on kahdeksan eri vaihtoehtoa. Bittivirta kasvaa kaksinkertaiseksi, mutta vastaanottaminen vaikeutuu, koska vastaanottimen pitää tunnistaa pienempiä vaihe-eroja. QPSK-modulaatiota voi laajentaa antamalla signaalin amplitudille myös useampi arvo. 16-QAM-modulaatiossa amplitudille ja vaiheelle on yhdistettynä annettu kaikkiaan 16 eri vaihtoehtoa. 64-QAM sisältää 64 vaihtoehtoa ja 256-QAM 256 vaihtoehtoa. (Ikonen 2009, 190–192.)

Teoriassa digitaalisesti moduloitu signaali vaatisi rajattoman kaistanleveyden, mutta käytännössä tietyn kaistanleveyden jälkeen signaalin spektri putoaa voimakkaasti ja nämä reunat voidaan suodattaa pois. Nyquist-taajuus on matemaattinen kuvaus suodattimen leveydestä. Tämän avulla signaalin reunojen jyrkkyys voidaan kuvata luiskaparametrillä josta käytetään myös nimeä roll-off. QPSK-modulaatiossa roll-off on normaalisti 0,35 joka tarkoittaa sitä, että signaali vaatii 1,35 kertaisen kaistanleveyden

symbolinopeuteen nähden. 64-QAM ja 256-QAM modulaatioissa signaalin spektrin reunat ovat jyrkemmät kuin QPSK:ssa joten voidaan käyttää pienempää arvoa 0,15. (Ikonen 2009, 193.)

Kaikilla kanavilla on aina jokin taustakohinan taso, jonka pitää olla tietyllä tasolla, jotta hyötysignaali pystytään erottamaan kohinasta. Signaalivoimakkuuden ja kohinatason suhdetta kutsutaan signaalikohinasuhteeksi  $S/N$ , joka ilmaistaan normaalisti desibeliarvona [dB]. Radioyhteyden laatua arvioidaan tavallisesti kantoaaltokohinaetäisyydellä, jonka lyhenne on  $C/N$ , ja joka kertoo hyötysignaalin amplitudin suhteen kohinan amplitudiin. Suhde ilmaistaan desibeleinä. Signaalikohinasuhdetta käytetään esimerkiksi kantataajuisen audiosignaalin kohinaetäisyyden mittarina. Bittivirhesuhdetta (BER) käytetään kuvaaman digivastaanottimen laatua, toisin sanoen virheellisten vastaanotettujen bittien suhdetta bittien kokonaismäärään. Digi-tv-ohjelmien tavoitteena on bittivirhesuhde  $1 \times 10^{-11}$  eli vähemmän kuin yksi bitti sadasta miljardista saa olla väärin. Jos virheitä on enemmän, se häiritsee television katselua. (Ikonen 2009, 194.)

Bittinopeuden suhdetta tarvittavaan taajuuskaistaan kutsutaan spektritehokkuudeksi, jonka laatuna on bittiä sekunti Hertzia kohti [b/s/Hz]. Spektritehokkuudella on teoreettinen maksimiraja, joka on nimetty keksijänsä mukaan Shannonin rajaksi. Kaavan avulla pystytään laskemaan siirtokapasiteetti tietylle kaistanleveydelle. Laskennassa tarvitaan kanavan kaistanleveyden lisäksi kanavan signaali-kohinasuhde. (Ikonen 2009, 195.)

Shannonin kaava on muotoa

$$C = W \cdot \log_2(1 + S/N) \text{ [bittiä/s]}$$

jossa  $C$  on maksimi bittimäärä/s,  $W$  on kaistanleveys Hertzeissä,  $\log_2$  on kaksikantainen logaritmit ja  $S/N$  on signaali-kohinasuhde. (Ikonen 2009, 195.)

Lähetysantenni tuottaa sähkökentän, joka etenee säteittäin. Isotrooppisissa antenneissa antenni on ympärisäteilevä eli säteilyteho jakautuu tasaisesti pallopinnalle. Pallon säteen ( $r$ ) ja pinta-ala ( $A$ ) yhtyvät toisiinsa kaavassa  $A = 4 \cdot \pi \cdot r^2$ . (Ikonen 2009, 195–196.)

Lähettimen tietyllä etäisyydellä  $r$  [m] syntynyt tehotiheys  $S$  [W/m<sup>2</sup>] saadaan jakamalla tehotiheys vastaanottoantennin pinta-alalla. Lähetin, jonka teho on  $P$  ja vahvistus  $G_t$ , saa etäisyydellä  $r$  tehotiheyden  $S$ .

Tehotiheys  $S$  saadaan kaavalla

$$S = (G_t * P) / (4 * \pi * r^2).$$

(Ikonen 2009, 195–196.)

Radioaaltojen etenemistä ennustettaessa käytetään kanavamalleja. Kyseessä on Gaussin kanava, jos signaali etenee lähetysantennin ja vastaanottoantennin välillä ilman heijastuksia. Esimerkiksi yhteys tv-satelliitista vastaanottopeiliin on Gaussin kanava. DVB-T - standardissa on laskettu eri kanavamalleille tarvittava C/N-suhde, koska tilanteet eivät ole ideaalisia. Rice-kanavamalli sisältää suoran aallon ja monitie-etenemisen. Rayleigh-kanavamalli on puolestaan tarkoitettu siirtyvään ja mobiilikäyttöön, jossa signaali etenee heijastumien kautta ja suoraan etenevä pääsignaali puuttuu kokonaan. Radiosignaalin etenemisen vaikutta kanavamallin lisäksi myös esimerkiksi sateen ja rakennusten aiheuttama vaimennus. (Ikonen 2009, 195–196.)

Digitaalisissa modulaatiomenetelmissä joudutaan miettimään, mikä on paras tapa moduloida tietyssä järjestelmässä. Satelliittien kohdalla toimii parhaiten QPSK-modulaatio, koska satelliiteilla on pieni lähetysteho ja niiden toistimet ovat leveäkaistaisia. Kaapelikäytössä signaali halutaan saada mahtumaan samalle 7 MHz:n tai 8 MHz:n kaistalle, joten amplitudimodulaation rinnalle halutaan toinen modulaatiotapa. Euroopassa suositellaan käytettäväksi 64-QAM -modulaatiota, mutta muutkin QAM-modulaatiot (16,32,128,256) kuuluvat standardiin. Maanpäällisiin jakeluihin sopii parhaiten OFDM-modulaatiotekniikka, koska ongelmina ovat monitie-eteneminen ja heijastukset. (Gylén 1997, 8.)

Maanpäällisten digitaalilähetyksen standardit vaihtelevat eri maanosissa. Digitelevision standardityötä on tehty Euroopassa, Pohjois-Amerikassa, Japanissa ja Kiinassa. Pohjois-Amerikassa on kehitetty ATSC-järjestelmän standardit, Japanissa ISDB-T -järjestelmän standardit, Etelä-Amerikassa ja Australiassa DVB-T -standardi, Kiinassa

DTMB-T/H -standardi ja Euroopassa DVB-standardiperhe. (Ikonen 2009, 273.) Kaikki DVB-järjestelmät ovat keskenään yhteensopivia, joten signaalimuunnokset järjestelmästä toisen onnistuu helposti. Tämä on tärkeää, koska yhteisantenniverkkoon halutaan saada antenni- ja kaapeliverkon ohjelmia. (Ikonen 2009, 189)

Satelliittilähetysten vastaanottoon käytetään lautasantennia ja satelliittivastaanotinta. Satelliittilähetyksiä varten on tehty MPEG- ja DVB-S -standardit. Digitaalisissa kaapelilähetyksissä käytetään Euroopassa DVB-C -standardia, Pohjois-Amerikassa ATSC-standardia sekä Japanissa sekä Brasiliassa ISDB-C -standardia. DVB-H-standardi kehitettiin, jotta televisiolähetyksiä voidaan katsoa matkapuhelimella. Tämän standardin käytöstä on kuitenkin luovuttu ja sen korvaa DVB-T2 -standardi. (Ikonen 2009, 189)

## 9.6 Antennit

Analogisen television aikana hyvä antenni oli tarpeellinen, koska tarvittiin hyvä suuntaavuus. Kapeakeilainen antennilla rajoitettiin hyvin sivusta ja takaa tulevia heijastuksia, jotka aiheuttivat kuvaruudulla varjokuvia. Digi-tv:ssä heijastuksista ei ole mitään haittaa. Sen vuoksi antennin vahvistus on tärkein tavoite, eikä niinkään suuntakuvio. (Ikonen 2009, 38–39.)

Digitalisointi on helpottanut antennien sijoittamisesta aiheutuneita ongelmia. Antennit sietävät digitalisoinnin myötä paremmin heijastuksia. Monitie-etenemisestä aiheutuvat heijastukset voivat jopa parantaa vastaanottoa. Suomen digi-tv on mitoitettu toimimaan ulkoantenneilla, mutta sisäantennien merkitys on kasvanut merkittävästi. Sisäantennit mahdollistavat suuritehoisten tv-lähetyksien vastaanoton noin 10 km -15 km päästä. Ravallisesti sisäantennit sijoitetaan television lähelle ja monesti ne sisältävät sisäänrakennetun antennivahvistimen. (Ikonen 2009, 34-39.)

Suomessa HDTV-verkko voidaan toteuttaa joko perinteisesti suuritehoisilla lähettimillä korkeissa mastoissa tai käyttämällä mobiiliasemien heikkotehoisempia mastoja. Mobiiliasemien kohdalla peittoalueet ovat pienemmät. (Ikonen 2009, 34.)

## 10 Teräväpiirtotelevisio

Tässä luvussa käsitellään teräväpiirtotelevision määritelmää, teräväpiirtotelevision historiaa, kuvaformaattia sekä palveluita.

### 10.1 Yhteinen kuvaformaatti

Kaikkien tv-järjestelmien ongelma on se, miten siirtää kameran tuottama suuri informaatiomäärä vastaanottimeen. Tämä ongelma on erityisen näkyvä HDTV:ssä, jossa informaatiomäärä on moninkertainen normaaliin televisioon verrattuna. Bittivirta on suurimmillaan kameran lähdössä ennen pakkaamista. HDTV-tuotannossa voidaan käyttää kolmea eri järjestelmää. 1) 1280 x 750p50: 1,485 Gbit/s, 2) 1920 x 1080i25: 1,485 Gbit/s ja 3) 1920 x 1080p50: 2,970 Gbit/s. Merkintä 750p50 tarkoittaa sitä, että on käytössä 750 juovaa ja 50 kuvaa. Kuvia ei ole jaettu kenttiin (p = propotional). Merkintä 1080i25 tarkoittaa sitä, että on käytössä 1080 juovaa ja 25 kenttää; 25 kentän signaali lomitettu (incremental). Merkintä 1080p50 tarkoittaa sitä, että 1080 juovaa ja 50 kuvaa. Kuvia ei ole jaettu kenttiin. (Ikonen 2009, 169.)

Teräväpiirtotelevisio, HDTV, mahdollisti sen, että päästiin maailmanlaajuiseen sopimukseen yhteisestä kuvaformaattista 1920 x 1080. Formaattissa kuvapisteteet ovat neliön muotoisia. Vaakasuunnassa on 1920 pistettä ja pystysuunnassa 1080 pistettä. Tämän lisäksi teräväpiirtotelevisio on tuonut käyttöön laajakulmaisemman kuvasuhteen 16:9, kun perinteisessä televisiossa kuvasuhde oli 4:3. (Ikonen 2009, 9.)

Digitaalisessa teräväpiirtotelevisiossa on kaksi tasoa: 1280 x 720 ja 1920 x 1080. Miksi ensimmäisen kappaleen tieto on erilainen kuin tämän kappaleen? Jokainen piste voidaan erottaa, koska kuva siirtyy digitaalisessa muodossa. Todelliset laajakangaselokuvissa ylä- ja alareunat jäävät kuitenkin mustiksi. PAL- ja NTSC-kuvassa tarkkuus on sama, mutta kuvataajuus on erilainen. Yhdysvalloissa käytössä olevassa NTSC-järjestelmässä on 60 kuvaa sekunnissa ja Eurooppalaisessa PAL-järjestelmässä on 50 kuvaa sekunnissa. Teräväpiirtotekniikan kuvat voivat olla kokonaisia eli progressiivisia tai analogisen tekniikan tapaan puolikuvia eli lomitettuja. Progressiivinen kuva vaatii kaksinkertaisen siirtonopeuden ja tallennuskapasiteetin. Progressiivisesta kuvasta on eniten hyötyä urheilussa, jossa tarvitaan virheetöntä pysäytyskuvaa. Kuvan lomittamisen avulla tv-kanavalle mahtuu kaksinkertaisesti

sisältöä ja tällä on suuri kaupallinen merkitys. Teräväpiirtoon siirtyminen asettaa maanpäällisen digi-tv:n hankalan asemaan, koska taajuuksien määrä on rajoitettu ja suurempi bittivirta nostaa kustannuksia. Kaapeli- ja satelliittipuolella tämä ei ole ongelma, koska jakeluyhtiöt omistavat itse satelliitit ja kaapeliverkot. (Järvinen 2007a, 425–428.)

Uuteen 16:9 -kuvasuhteeseen on päädytty siksi, että se mahdollistaa hyvin tv-ohjelmien ja elokuvien näyttämisen samalla tv-ruudulla. Laajempi 16:9 -näyttö vastaa myös paremmin ihmisen näkökenttää. Uusi kuvasuhde on kompromissi tv-ohjelmien ja elokuvien näyttämisen välillä, koska elokuvatuotannossa käytetään jopa laajempaa kuvaa. Elokuviissa kuvapinnasta eli valkokankaasta halutaan saada mahdollisimman suuri, mutta korkea kuvapinta on epäkäytännöllinen. (Ikonen 2009, 11.)

Teräväpiirtolähetykset alkoivat Suomessa toukokuussa 2011 (Yle uutiset 2011).

## 10.2 Teräväpiirtotelevision ominaisuudet

Teräväpiirto- eli HD-tekniikka tekee televisiokuvasta aikaisempaan tarkemman. Full HD –vastaanottimeksi kutsutaan täysteräväpiirtotelevisiota, jossa on 1920 x 1080 kuvapistettä. HD-ready –vastaanotin on HD-yhteensopiva ja se tarkoittaa, että televisiossa on 1280 x 720 kuvapistettä. Aikaisemmin käytetyssä SDTV-tekniikassa kuvasuhde oli 4:3, mutta HDTV-lähetyksien kuvasuhde on 16:9. Full HD –televisiovastaanotin esittää kuvan 16:9 –suhteessa. HD Ready –televisiovastaanotin sen sijaan muuntaa täyden HD-kuvan vastaanottimeen sopivaksi. (Kodindigiopas.fi 2012.) Teräväpiirtotekniikka kehittyi kovaa vauhtia. Korkearesoluutioisessa 2K-elokuvaformaattissa on 2048×1080 kuvapistettä ja 4K-formaatissa eli Ultra HD –tekniikassa resoluutio on 3840 x 2160 kuvapistettä. (EBU 2012, 12.)

## 10.3 HDTV:n historia

Termiä HDTV käytettiin ensimmäisen kerran vuonna 1936, kun BBC esitteli Englannissa 30-juovaisen järjestelmän korvaavan 405-juovaisen tv-järjestelmän. Teräväpiirtojakelua suunniteltiin voimakkaasti jo 1990-luvun alussa, mutta sen toteuttaminen analogisella tekniikalla osoittautui vaikeaksi. Analogisella tekniikalla pystyttiin lähettämään yhdessä



tv-kanavassa vain yhtä tavallista tai yhtä teräväpiirto-ohjelmaa, kun taas digitaalisella tekniikalla yhdessä kanavassa pystytään lähettämään monta ohjelmaa. (Ikonen 2009, 10.)

Pesarin (2000, 177–179) mukaan teräväpiirtotelevisioiden kehittäminen alkoi Euroopassa vuonna 1986. Tätä tarkoitusta varten perustettiin Eureka 95 -hanke, jota hoitivat tv-vastaanotinteollisuus ja muita tv-laitteita valmistavat yritykset. Myös EU tuki hanketta. Eureka 95 -hankkeen tuloksena tarkentui 1250 HDTV -järjestelmä ja syntyi analoginen HD-MAC (termi pitää selittää). Koe-esitykset aloitettiin Euroopassa vuosina 1989–1990. YLE tuotti ensimmäisen HDTV-ohjelmansa kesällä 1991. Se kuvattiin Savonlinnan oopperajuhlilla ja ohjelma esitettiin eri puolilla Eurooppaa tarjottavissa HD-TV esityksissä. (Pesari 2000, 177–179)

Euroopan ensimmäinen kaupallinen teräväpiirtotelevisio oli HD-MAC, puoliksi digitaalinen järjestelmä. Siinä kuva muodostettiin pyyhkäisemällä juovista samalla tavoin, kuin analogisissa PAL-, SECAM- ja NTSC-järjestelmissä. MAC-järjestelmissä juovat prosessoidaan ennen lähetystä, jotta niiden valoisuus- ja väri-informaatio voidaan ryhmitellä ajallisesti peräkkäin. Juovat lähetetään analogisesti, mutta niiden muokkaus lähetys- ja vastaanottovaiheessa tehdään digitaalisesti. Tällä vältetään PAL- ja NTSC-järjestelmissä tapahtuvia yleisiä virheitä, kuten se, että valo ja värikyyssignaalit häiritsevät toisiaan. Tämä häiriö ilmenee esimerkiksi raidallisissa pystykvioissa. HD-MAC ei menestynyt, koska tavallisen television kuvanlaatu koettiin riittäväksi. (Ikonen 2009, 13.)

Television kaksisuuntaistava palvelu, MHP, oli alussa mukana palveluissa. Palvelut saatiin käyttöön MHP-yhteensopivalla digisovittimella. Jo vuonna 1999 Digi-tv Foorumi suositteli Java-pohjaisen MHP:n ottamista suomalaisen vuorovaikutteisen digi-tv:n alustaksi. Nämä vuorovaikutteiset palvelut vaativat paluukanavan, jota kautta katsojan tiedot lähetetään palveluntarjoajalle. Yksinkertaisimmillaan paluukanavana toimii puhelinlinja tai laajakaistayhteys. Ensimmäisessä vuonna 2002 ilmestyneessä MHP-sovittimessa ei ollut vielä paluukanava. Eräissä myöhemmissä MHP-sovittimissa käytettiin modeemiliitintä, jonka kautta laite kytkettiin Internetiin. Puhelinpistoke ei ollut kuitenkaan ratkaisu vuorovaikutteisuuden takaamiseksi, sillä matkapuhelimet alkoivat korvata lankapuhelimia. Lisäksi lankapuhelimen pistoke on tyypillisesti eteisessä, kaukana olohuoneesta ja televisiota. MHP-sovittimet eivät käyneet kaupaksi

ja siksi vuonna 2003 vuorovaikutteisten palveluiden kehitystyö lopetettiin. (Nykänen 2005, 69; Järvinen 2007a, 287–288.)

#### 10.4 HDTV:n palvelut

DVB- järjestelmä sisältää kahdenlaisia ohjelmapalvelutietoja: PSI- ja SI. Ohjelmapalvelutieto PSI sisältää palveluihin ja niiden rakenteisiin liittyvää metadataa. DVB on määrittänyt ohjelmakanavien hallintaan SI-tiedot, jotka on jaettu ryhmiin. Niitä kutsutaan tauluiksi. Jokaiselle taulutyypille on määritelty oma pakettitunniste, jolla vastaanotin löytää sen TS-bittivirrasta. Taulu voidaan jakaa sektioihin koon kasvaessa yli 4096 tavun. Sektioita voi olla yksi tai useita ja jokaisella sektioilla on oma aliosoite. Jokaisen sektorin alussa on 8-bitin alioisitteiden lisäksi myös viimeisen sektorin numero. Sektorissa tärkeimmät ohjausparametrit lähetetään luettelona. Luettelo voi muistuttaa ohjelmasilmukkaa, jos sama rakenne toistuu usein. Tällä tavalla esitetään esimerkiksi ohjelmatietoja, joissa ohjelmakuvaus ja sen kellonaika toistuvat. Sektoriin voidaan myös sisältää deskriptoreita, jotka ovat monimutkaisempia datarakenteita. Deskriptoriin voi esimerkiksi sisältyä suurta datamäärää siirtävä ohjelmasilmukka. Taulurakenteen tarkoitus on olla joustava ja laajennettava; uusia tauluja ja deskriptoreja voidaan lisätä tarpeen mukaan. Vastaanottimet eivät aiheuta ongelmia uusien taulujen tai deskriptoreiden kohdalla, koska ne koodaavat vain standardissa luetellut parametrit ja deskriptorit. DVB-järjestelmät hyödyntävät MPEG- organisaation standardeja videon- ja äänen pakkaamisessa. MPEG-2 määrittelee TS-bittivirran rakenteen ja sillä voidaan myös välittää PSI-tietoja eli tietoja ohjelmien sisällöistä, ohjelmatyypeistä ja kestosta. (Ikonen 2009, 20–22.)

Tekstitys on kokenut suuren mullistuksen digitalisoitumisen myötä, muistuttaa Ikonen (2009, 28). Tekstityksen uuden menetelmän, DVB-tekstityksen on kehittänyt DVB, mutta se on aiheuttanut ongelmia. Standardi on Ikonen mukaan monitulkintainen ja hankala toteuttaa. Standardoinnissa syöllistytään helposti monimutkaistamiseen, eli siihen sisällytetään vaihtoehtoja, joita ei kuitenkaan tulla koskaan käyttämään. DVB-tekstitys jaetaan omana PID-osoitteen varustamana pakettina, joten käyttäjä voi halutessaan ottaa tekstityksen pois käytöstä. Myös erikielisiä ja eri merkistöillä tehtyjä tekstityksiä voidaan lähettää. DVB-tekstitykset puskuroidaan ruudun mittaisina

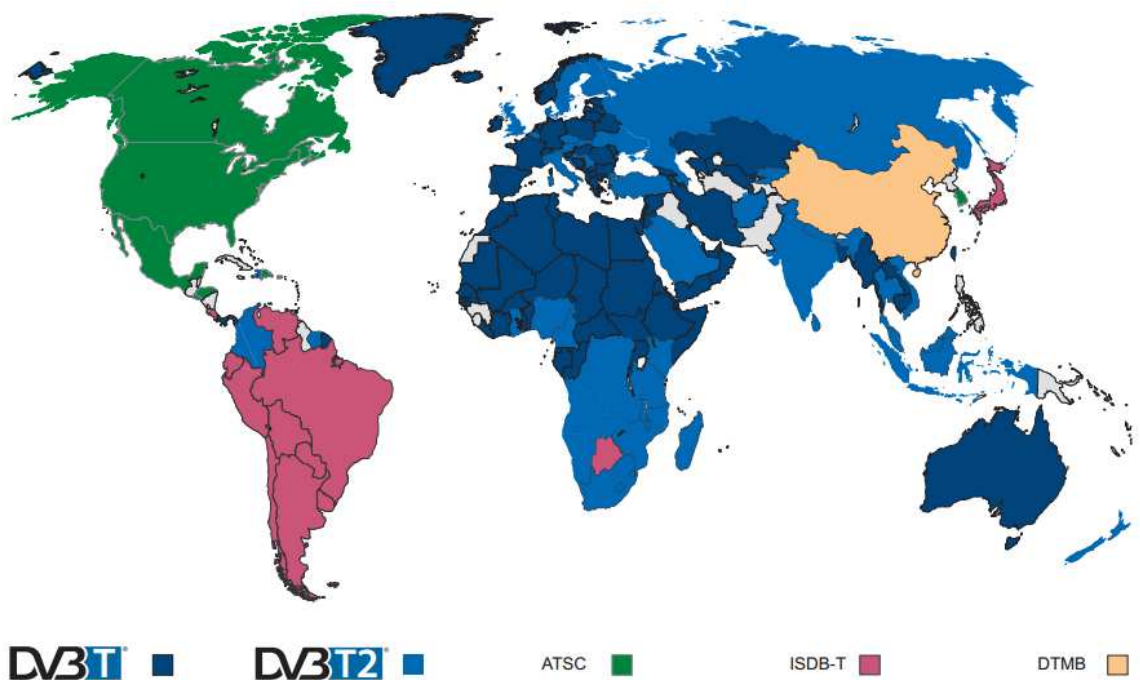
paketteina ja halutut vuorosanat näytetään oikean aikamerkin avulla. (Ikonen 2009, 28.)

## 11 Digi-tv nyt ja tulevaisuudessa

Tässä luvussa käydään läpi digi-tv:n levinneisyyttä maailmanlaajuisesti. Lisäksi selvitetään tulevaisuuden tv-katselua ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Lopuksi tarkastellaan digi-tv:n tulevaisuuden haasteita.

### 11.1 Digi-tv:n lähetykset maailmanlaajuisesti

Maanpäällisen digi-tv:n levinneisyys on esitetty kuvassa 2.



**Kuva 1: Digi-tv:n levinneisyys maailmalla.**

Sinisellä on merkitty maat, jotka ovat ottaneet käyttöön DVB-T- ja DVB-T2 – jakelujärjestelmät. Vihreällä on merkitty maat, jotka ovat ottaneet käyttävätkin ISDB-T – järjestelmää ja keltaisella merkityt maat DTMB-jakelujärjestelmää. Digitaaliset lähetykset ovat tarjolla maailmanlaajuisesti. (DTB 2013.) Esimerkiksi Afrikassa digi-tv-

lähetyksen vastaanotto edellyttää satelliittijakelun käyttöä. (Balancing act, 2013.)  
Toinen asia on, miten kotitaloudet ovat investoineet vastaanottolaitteisiin.

## **12 Digitaaliset televisionlähetykset maailmalla**

Tässä luvussa tuodaan esiin digitaalisten televisiolähetyksen tilannetta eri maissa. Lisäksi käydään läpi IPTV:n tilanne sekä tulevaisuuden haasteet.

### 12.1 Digitalisointi Yhdysvalloissa

Yhdysvalloissa televisiosignaalin muuttaminen analogisesta digitaalseksi eli DTV:hen siirtyminen valmistui kesäkuussa 2009. DTV paransi spektrin käyttöä, antoi joustavuutta lähettäville ja antoi katsojille paremman television laadullisesti. ATSC:n standardi DTV:lle paransi jo vanhentuvaa NTSC-standardia ja antoi lähettäville erialisia etuja siirtyessä analogisesta digitaaliseen lähetykseen. Tässä uudessa standardissa lähettäjät voivat esittää katsojille kokoelman näennäiskanavia, jotka lähetetään joustavasti valittavien oikeiden kanavien kautta eli samalla kanavalla voidaan lähettää useita digitaalisia lähetyksiä. (Miller, Prieger 2010, 22. 26.) Ajatuksena oli antaa lähettäville samanlainen lähetyksympäristö kuin ennen siirtoa. Kuitenkin osa NTSC:ssä käytetyistä kanavista ja niiden väliaikaisista DTV-kanavista olivat erilaisia. Suuri osa VHF-lähettäjästä tulee vaihtumaan UHF-kanaviin, joissa on erilainen etenemismalli ja tehovaatimukset. Siirtyminen korkeimpiin taajuuksiin tarkoitti analogisissa järjestelmissä tehon kasvatus, jotta sama lähetysteho saatiin aikaan, mutta DTV:n virheenkorjaus ja muut ominaisuudet mahdollistivat matalampien tehojen käytön signaalinsiirrossa. (Miller, Prieger 2010, 28–29.)

Lähettäville tuli tehtäväksi erilaisia päätöksiä siirtyessä analogisesta digitaaliseen lähetykseen. Kaksi merkittävää mietinnän aihetta olivat uuden laitteiston hinta ja siirrosta johtuva tehon säästö. Monet analogista ja digitaalista signaalia käyttävät lähettäjät käyttivät kallista ylläpitoa oikeutuksena analogisen signaalilähetyksen eliminointiin. Myös katsojien menettäminen siirron aikana tapahtuvien ongelmien takia pidettiin ongelmana. Vaikka siirto onnistuisi ongelmitta, niin kuitenkin osa katsojista menetettiin. Osa alueista jää TV:n lähetyksalueen ulkopuolelle ja käyttäjät joutuvat lisäämään antennin tai päivittämään antenninsa. (Miller, Prieger 2010, 38-40.)

Lähetäjien mietittäväksi tuli myös se, miten hoitaa kulujen jakaminen ja yhteistyö eri lähettäjien välillä. Monet lähettäjät toimivat yhteistyössä ylläpitäessään puhelinkeskuksia ja muita kuluttajapalveluita. Joissakin yhteisöissä yhden lähettäjän analogisia lähetyksiä ylläpidettiin ja tuettiin, kun kaikki muut lähettäjät olivat jo siirtyneet digitaalisiin lähetyksiin. Osa lähettäjistä siirsi lupaamaansa siirtymistään, koska he halusivat välttää täytettäviä vaatimuksia, kuten apukeskuksien ja maksuttomien insinööripalveluiden ylläpidon jatkamista. (Miller, Prieger 2010, 41–42.)

Analysoimalla Nielsenin DMA-tietoa (Designated Market Area) saatiin selville, että lähettäjät vaihtoivat täysin digitaaliseen lähetykseen epävarmemmin, jos asiakkaiden menettämisen hinta oli korkeampi kuin siirtoon käytetty hinta, eivätkä asiakkaat olleet valmiita siirtoon. (Miller, Prieger 2010, 54.)

## 12.2 IPTV

IPTV:llä on merkittävä osa televisiotoiminnan kehittämisessä. Vuonna 2010 Liikenne- ja viestintäministeriö selvitti IPTV:n tilannetta maailmanlaajuisesti. Ranska on johtavassa asemassa tilaajamäärällä mitattuna. IPTV-tilaajia on noin yhdeksän miljoonaa, joka tarkoittaa lähes 35 prosenttia kotitalouksista. IPTV:n käyttö edellyttää laajakaistayhteyttä. Ranskassa on IPTV-tilaajia yhtä paljon kuin muissa Länsi-Euroopan maissa yhteensä. IPTV-palveluntarjoajia oli viisi vuonna 2010. Digitaalinen vastaanotin (kaapeli, satelliitti, maanpäällinen tai IPTV) on noin 85 prosentilla tv-talouksista. Kaapelitalouksien osuus on vain reilut kymmenen prosenttia tv-talouksista. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011, 18, 25.)

Hongkongissa IPTV-tilaajia on lähes 1,2 miljoonaa, joka merkitsee lähes 50 % kotitalouksista. Hongkong on tiiviisti rakennettu, maantieteellisesti pieni alue. Pinta-ala on vain 1100 neliökilometriä, mutta väkiluku on noin seitsemän miljoonaa asukasta. Kotitalouksia on lähes yhtä paljon kuin Suomessa eli noin 2,3 miljoonaa. Laajakaistayhteys on 78 % kotitalouksista. Johtavat IPTV-palveluntarjoajat ovat PCCW ja Hong Kong Broadband Network (HKBN). PCCW:n now TV-palvelussa on 33 lineaarista ilmaiskanavaa, 154 lineaarista maksukanavaa, tilausvideopalvelu ja useita lineaarisen television ja tilausvideon välimuotoja. IPTV:n perustaso eli ilmaiskanavat ovat ilmaisia PCCW:n laajakaista-asiakkaille, mutta muuten maksullisia. Käyttönoton

kynnys on matala, sillä yhtiön laajakaista-asiakkaat saavat päätelaitteen ja sen asennuksen ilmaiseksi. Maksullinen palveluntarjonta on joustavampaa kuin yleensä kaapeliverkoissa. Lineaarisia kanavia katsoja voi ostaa kanava kerrallaan 1-5 euron kuukausimaksulla. Select tv -palvelussa asiakas voi ostaa muutamalla eurolla kuukaudessa katselu oikeuksia monenlaisiin lähetyksiin, kuten urheilulähetyksiin, elokuvaan, sarjoihin, uutisiin ja lastenohjelmiin. Select tv -palvelun katselu oikeuksia rajataan tyyppillisesti siten, että tietyn ohjelman voi katsoa vain kerran ja katselu aikaa annetaan 1,5-kertaisesti varsinaiseen ohjelma-aikaan verrattuna. Näin katsoja voi halutessaan pysäyttää lähetyksen tai kelata lähetystä taaksepäin. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011, 19–20.)

Ruotsissa IPTV-liittymä onkin noin kymmenellä prosentilla TV-talouksista. Laajakaistakäyttö on muiden Pohjoismaiden tapaan hyvin korkea; 30 % kotitalouksista on käytössään laajakaista. Kuituliittymien osuus kaikista kiinteistä laajakaistaliittymistä on 23 % ja yli 10 megabitin yhteys on käytössä 15 % kotitalouksista. Edellytykset IPTV-jakelulle ovat muita Pohjoismaita paremmat. Markkinajohtaja TeliaSonera oli syyskuussa 2010 yli 430 000 IPTV-asiakasta. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011, 21.)

Hollannissa IPTV-palveluita tilaa noin 3 prosenttia kotitalouksista. Tanskassa palvelua tilaa 2,3 % kotitalouksista. Vuoden 2009 lopussa Norjassa oli 55 IPTV-palveluiden tarjoajaa. Valokuidulla toteutettuja IPTV-palveluita tilaa vain 8,2 prosenttia kotitalouksista. Sveitsissä IPTV-palveluita tarjosi vuoden 2008 lopussa kuusi yritystä ja palveluita tilasi noin 6,3 prosenttia kotitalouksista Virossa oli alkuvuonna 2010 kytketty 105.000 kotitaloutta IPTV-palveluun, joka edustaa 17 % kotitalouksista. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011, 22.)

### 12.3 Tulevaisuuden haasteet

Televisiotoiminnassa on IPTV-kehityksen kannalta meneillään merkittäviä kehityssuuntia. Ensiksikin kuluttajat ovat siirtymässä lineaarisesta katselusta täsmäkatseluun. Tämä tarkoittaa sitä, että kuluttaja katsoo televisio-ohjelman valitsemanaan aikana. Internet tulee toimiaan yhä enenevässä määrin televisio-ohjelmien lähteenä. Toiseksi paremman kuvanlaadun kysynnän kasvu ei pysähdy

teräväpiirtotelevisioon. Kolmanneksi IP-jakelu mahdollistaa sen, että televisio-ohjelmia voidaan jakaa tehokustannustehokkaasti ja joustavasti. Neljänneksi verkon kaksisuuntaisuuden avulla voidaan kohdistaa mainonta katsojan mieltymyksiä vastaavasti. Näin mainonta on tehokasta, se täyttää katsojien tarpeita, eikä sitä koeta häiritsevänä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011, 24.) Viidenneksi IP-verkon Multicast-liikenne on tulevaisuuden mahdollisuus. Multicast tarkoittaa sitä, että kuka tahansa voi liittyä katsomaan tiettyä ohjelmaa oman laajakaistaoperaattoriinsa tarjonnasta. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011, 24.)

Operaattorit tulisi edistää multicast-liikennettä yleisten viestintäverkkojen välityskyvyn vuoksi. Liikkuvan kuvan siirto tulee kasvamaan ja siksi verkko-operaattoreiden tulisi huolehtia runkoverkkojen sekä alue- että liityntäverkkojen riittävästä kapasiteetista. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011, 25.)

IPTV:n kehittymisen kannalta merkittäviä seikkoja ovat televisiotoiminnan monikymmenvuotiset toimintatavat, kuten tekijänoikeussäätely, mainosmarkkinoiden toimintatavat sekä ohjelmatoiminnan sopimusrakenteet. Siirtyminen lineaarisesta lähetystoiminnasta IP-verkkoihin muuttaa alan sekä liiketoimintamalleja että mainos- ja jakelumarkkinoita. Muutokset ole välttämättä alan vakiintuneiden toimijoiden etujen mukaisia. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011, 24.)

### **13 Johtopäätökset ja oman työn arviointi**

Tv-tekniikassa siirryttiin digitaaliseen lähetykseen hyvin perustelluista syistä. Tärkein syy oli säästöt siirtokapasiteetissa. Digi-tv:n tulevaisuus antaa monta mahdollisuutta sekä ohjelma- ja -verkko-operaattoreille että kuluttajille. Esimerkkejä näistä muutoksista ovat kaksisuuntaiset palvelut, ovat Nyt koettu tv-jakelun muutos tulee jatkumaan. Näkyvissä on koko tv-katselun kulttuurin muutos internetin käytön myötä.

Työ on teoriapainotteinen. Haastatteluja oli vain yksi, vaikka tarkoitus oli alun perin haastatella kahta digi-tv-tekniikan asiantuntijaa. Toinen haastateltava kieltäytyi haastattelusta. Jälkeenpäin ajatellen olisi voinut haastatella lisäksi Viestintäviraston tai Liikenne- ja viestintäministeriön asiantuntijaa digi-tv:n tulevaisuuden näkymistä. Tilaajan mukaan insinööriyöstä on hyötyä ST-12 -käsikirjan päivittämisessä nykytilan

kartoittamisen ja tulevaisuuden hahmottamisen osalta. Työn tuloksia voidaan mahdollisesti hyödyntää myös tulevissa antenniurakoitsijoiden koulutuksissa. Tilaaja ilahtui erityisesti uusista lähteistä, joita löytyi insinööriyön kautta.



## Lähteet

- Alestalo. T. 2000. DVB-T ja DVB-T2. Opinnäytetyö. Luettu 22.2.2012.  
[https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/17267/Alestalo\\_Teppo.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/17267/Alestalo_Teppo.pdf?sequence=1)
- Antennijärjestelmät. 1999. ST-käsikirja 12. Espoo: Sähkötieto.
- Antennitelevisiojaku ja kanavaniput. 2013. Viestintävirasto. Luettu 9.5.2013.  
<https://www.viestintavirasto.fi/tvradio/jakelujavastaanotto/antenni-tv.html>
- Arvid. 2005. Digi-tv kansalaisvaikuttamisen kanavana. Luettu 1.2.2013.  
[http://www.kariahintikka.fi/pdf/ArviD-2005-05\\_Digi-tv\\_kansalaisvaikuttamisen\\_kanavana.pdf](http://www.kariahintikka.fi/pdf/ArviD-2005-05_Digi-tv_kansalaisvaikuttamisen_kanavana.pdf)
- Balancing act. 2013. Digital TV deployment with full geographic coverage across Africa will require satellite contribution - Eutelsat a key contributor. Issue 15/2013. Luettu 9.5.2013. <http://www.balancingact-africa.com/news/broadcast/issue-no151/top-story/digital-tv-deploymen/bc>
- Digita. 2013a. Digitaalisen television kehitysvaiheet Suomessa. Luettu 9.5.2013.  
[http://www.digita.fi/kuluttajat/tv/vastaanottotavat/digi-tv\\_n\\_kehitysvaiheet](http://www.digita.fi/kuluttajat/tv/vastaanottotavat/digi-tv_n_kehitysvaiheet)
- Digita 2013b. TV-lähetysten vastaanotto DVB-T –lähetystekniikalla.
- Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2). 2010. ETSI TS 102 831. ETSI.
- Digi-tv Euroopassa – visiosta televisioksi. 1998. Yleisradio. Luettu 9.5.2013.  
<http://yle.fi/yleisradio/ajankohtaista/digi-tv-euroopassa-visiosta-televisioksi>
- Digi-TV:n käytettävyytutkimus. 2008. Viestintäviraston julkaisu 3/2008. Viestintävirasto. Luettu 19.2.2012.  
<http://www.ficora.fi/attachments/suomial/5xAt4yK9w/Julkaistu0803DigiTV0801.pdf>
- Digi-TV -sanasto. 2006. TSK 34. : Helsinki: Sanastokeskus TSK.
- DVB. 2013. SVB Worldwide. Luettu 9.5.2013.  
[http://www.dvb.org/about\\_dvb/dvb\\_worldwide/](http://www.dvb.org/about_dvb/dvb_worldwide/)
- Early Electronic Television, Television during World War 2. earlytelevision.org. Luettu 3.8.2012. [http://www.earlytelevision.org/ww2\\_history.html](http://www.earlytelevision.org/ww2_history.html)
- EBU. 2012. What follows HDTV?- A status report on 1080p/50 and '4k'. Technical Report 014. Luettu 9.5.2013. <http://tech.ebu.ch/docs/techreports/tr014.pdf>
- Fourcc. 2011. YUV to RGB Conversion. Luettu 8.5.2013.  
<http://www.fourcc.org/fccyvrpb.php>

Granlund, K. 1999. Tietoliikenne. Jyväskylä: Teknolit.

Gylén, H. 1997. Digitaaliset tv-järjestelmät. Turku: Turun teknillinen ammattikorkeakoulu.

HDTV Past, Present and Future - Part I History. 23.7.2009. Steven Barlow. audioholics.com. Luettu 1.2.2012. <http://www.audioholics.com/education/display-formats-technology/hdtv-past-present-and-future-part-i-history>

Helle, N. 2001. Digi-tv interaktiivisten palveluiden kehitysalustana. Insinööriyö. Luettu 12.3.2012.

Helsingin yliopisto viestinnän laitos. 2006. Havaintoja digitv:n ensimmäiseltä 10-vuotiskaudelta Suomessa. Luettu 1.2.2013.

<http://www.helsinki.fi/viestinta/tutkimus/julkaisut/tutkraportti1.pdf>

Hietala, V. 1996. Ruudun hurma Johdatus tv-kulttuuriin. Jyväskylä: Yleisradio.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2008. Tutki ja kirjoita. 13–14. osin uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Hämeen-Anttila, R., Hölttä, P. & Niinioja, S. 1994. 3. painos. Tietoliikennejärjestelmät. Helsinki: Opetushallitus.

Härö, M. 2007. Digitaaliset televisiotekniikat ja analogisen antenniverkon päivittäminen digiaikaan. Opinnäytetyö. Luettu 20.2.2012

<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/11953/2008-04-16-28.pdf?sequence=1>

Ikonen, A. 2009. Teräväpiirtotelevisio. Raisio: Telestory.

Järvinen, P. 2007a. Kodin digitekniikka. Porvoo: Docendo

Järvinen, P. 2007b. Digi-tv-hankkeen tilanne. Asiantuntijalausunto. Luettu 19.2.2012

<https://docs.google.com/viewer?url=http://www.pjoy.fi/lehdet/Digi-tv-lausunto-26-01-2007.pdf&embedded=true>

Järvinen, P. & Järvinen, A. 2004. Tutkimustyön metodeista. Tampere: Opinpajan kirja.

Keinonen, H. 2011. Kamppailu yleisteleviosta – TES-TV:n, Mainos-TV:n ja Tesvision merkitykset suomalaisessa televisiokulttuurissa 195-1964. Väitöstutkimus. Tampereen yliopisto. Viitattu 7.5.2013. <http://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/66715/978-951-44-8369-1.pdf?sequence=1>

Keränen, V., Lamberg N. & Penttinen, J. 2005. Digitaalinen Media. Porvoo: Docendo.

Kodindigiopas.fi. 2012. Television uudet ulottuvuudet. Luettu 9.5.2013.

<http://www.kodindigiopas.fi/televisio/>

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2011. IPTV:n lähitulevaisuus. Työryhmän loppuraportti. Julkaisu 1/2011. Luettu 8.5.2013. [http://www.lvm.fi/docs/fi/1551284\\_DLFE-11719.pdf](http://www.lvm.fi/docs/fi/1551284_DLFE-11719.pdf)

Miettinen, J. 2006. Havaintoja digitv:n ensimmäiseltä 10-vuotiskaudelta Suomessa. Viestinnän laitoksen tutkimusraportteja 1/2006. Helsinki: Helsingin yliopisto.

Kuluttajavirasto.2006a. Digi-tv. Mistä digiboksien viat johtuvat? Luettu 9.5.2012. <http://www.kuluttajavirasto.fi/fi-FI/digi-tv/mista-digiboksien-viat-johtuvat-4-vinkkia/>

Kuluttajavirasto. 2006b. Toimintaohje kuluttajalle DIGISOVITTIMEN VIKATILANTEESSA. Luettu 1.2.2013. [http://www.kuluttajavirasto.fi/File/4dccc6b9-6e79-489f-9b1b-3e3d3e2ef7bb/toimintaohje\\_digisovittimen\\_vikatilanne.pdf](http://www.kuluttajavirasto.fi/File/4dccc6b9-6e79-489f-9b1b-3e3d3e2ef7bb/toimintaohje_digisovittimen_vikatilanne.pdf)

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2011. IPTV:n lähitulevaisuus. Työryhmän loippuraportti. Julkaisuja 1/2011. Luettu 8.5.2013. [http://www.lvm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=1551284&name=DLFE-11719.pdf&title=Julkaisuja%201-2011](http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=1551284&name=DLFE-11719.pdf&title=Julkaisuja%201-2011)

KvaliMOTV. 2013. Strukturoitu ja puolistrukturoitu haastattelu. [http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6\\_3\\_3.html](http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_3.html)

Metsämuuronen, J. 2003. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. Helsinki: International Methelp.

Miller, P. 2010. The Broadcasters' Transition Data Roulette: Strategic Aspects of the DTV Transition. Luettu 18.2.2013. [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1573851](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1573851)

Nousiainen, M. 2006. Digitaalinen televisio ja HDTV. Opinnäytetyö. Luettu 20.2.2012. <http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/11883/2006-08-22-23.pdf?sequence=1>

Nykänen, J. 2005. Määrä korvaa laadun. Tekniikan Maailma 15/2005.

Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2009. Kehittämistyö menetelmät. Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. Helsinki: WSOYpro.

Papinniemi, S. 2010. Uudet standardit DVB-T2, DVB-C2, DVB-S2, DVB-SH. Opinnäytetyö. Luettu 22.2.2012. [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/15269/Papinniemi\\_Sampo.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/15269/Papinniemi_Sampo.pdf?sequence=1)

Pesari, P. 2000. Näköradiosta digitelevisioon. Espoo:Cetonia Systems.

Rinnetmäki, M. & Pöyhtäri, A. 2001. Digi-TV:n palveluntekijän opas. Helsinki:Tekes.

Susi, M. 1996. DVB-signaalin siirto kaapeli-tv-verkossa. Turku: Teleste.

Sähköinsinöörikilta 75-vuotta. Teknillisen Korkeakoulun Ylioppilaskunnan Sähköinsinöörikilta. Luettu 19.6.2012. <http://sik.ayy.fi/oldwww/sik75/index.html>

Tietoliikenne- ja tietotekniikka-alan katsaus. 2009. FiCom ry. Luettu 25.2.2012.  
[http://www.fi/linked/fi/tietoa/Toimialakatsaus\\_2009.pdf](http://www.fi/linked/fi/tietoa/Toimialakatsaus_2009.pdf)

Toimintaohje kuluttajille digisovittimen vikatilanteessa. 2006. Kuluttajavirasto. Luettu 25.2.2012. [http://www.kuluttajavirasto.fi/File/4dccc6b9-6e79-489f-9b1b-3e3d3e2ef7bb/toimintaohje\\_digisovittimen\\_vikatilanne.pdf](http://www.kuluttajavirasto.fi/File/4dccc6b9-6e79-489f-9b1b-3e3d3e2ef7bb/toimintaohje_digisovittimen_vikatilanne.pdf)

Tv-lähetysten vastaanotto DVB-T –lähetystekniikalla. 2013. Luettu 8.5.2013.  
<http://www.digita.fi/kuluttajat/tv/vastaanottotavat/dvb-t-vastaanottimet>

Valtioneuvoston asetus televisio- ja radiotoimintaan sekä toimiluvanvaraiseen teletoimintaan määrättyjen taajuusalueiden käyttösuunnitelmasta (1159/2002)

What you need to know about Digital TV Transition.2012. DTV.cov. Luettu 25.2.2012.  
<http://www.dtv.gov/>

Ylen historia. 2012. Yleisradio Oy. Luettu 19.6.2012. <http://yle.fi/yleisradio/ylen-historia>

Yle uutiset. 2011. Yle aloitti teräväpiirtolähetykset. Luettu 7.5.2013.  
[http://yle.fi/uutiset/yle\\_aloitti\\_teravapiirtolahetykset/5352233](http://yle.fi/uutiset/yle_aloitti_teravapiirtolahetykset/5352233)

### **Julkaisematon lähde**

Ristilä, J. 2012. Apulaisrehtori. Keudan ammattiopisto. Haastattelu 22.8.2012.

**Kuvioluettelo**

Kuvio 1: Digisovittimen lohkokaavio (Naskali & Suikkanen 2004, 313). .....	12
Kuvio 2: DVB-T -jakelujärjestelmän lohkot (Ikonen 2009, 200). .....	19
Kuvio 3: DVB-T2:n kierretty konstellaatio (Papinniemi 2010, 8).....	21

**Kuvaluettelo**

Kuva 1: Digi-tv:n levinneisyys maailmalla.....	34
--	----

## **Liite**

### **Haastattelukysymykset**

1. Mitä haasteita digitaalisuuteen siirtyminen on aiheuttanut alalle Suomessa siirtymävaiheessa?
2. Onko syntynyt uusia ongelmia, kun digitalisoituminen on saatettu päätökseen? Jos on, niin millaisia?
3. Mitä vastaavia ongelmia on ollut muissa maissa?
4. Ovatko olemassa olevat erilaiset digi-tv:tä koskevat standardit olleet tarpeeksi kattavia? Onko niissä ollut puutteita käytäntöön katsoen?
5. Mitä hyötyjä digitalisoituminen on tuonut ohjelmaoperattoreille ja laitevalmistajille?
6. Mitä hyötyjä digitalisoituminen on tuonut kuluttajille?
7. Mitä ongelmia digitalisoituminen on aiheuttanut kuluttajille?
8. Millainen on digitaalisuuden tulevaisuus Suomessa ja maailmalla?