



DVB-lähetystekniikat ja teräväpiirto- lähetykset Suomessa

Antti Ravantti

Opinnäytetyö

Huhtikuu 2013

Tietotekniikka

Sulautetut järjestelmät ja
elektroniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikka
Sulautetut järjestelmät ja elektroniikka

ANTTI RAVANTTI:

DVB-lähetystekniikat ja teräväpiirtolähetykset Suomessa

Opinnäytetyö 46 sivua, joista liitteitä 0 sivua

Huhtikuu 2013

Tässä työssä tutkittiin digitaalisissa televisiolähetyksissä käytettävien DVB-lähetystekniikoiden eroja teoreettisella ja käytännön tasolla. Ensimmäisen sukupolven DVB-T-, DVB-C- ja DVB-S-tekniikat ovat saaneet jatkoa T2-, C2- ja S2-standardien muodossa jo muutama vuosi sitten, mutta nyt ne alkavat olla myös uusien tekniikoiden mukaisia päätelaitteita hankkivien kuluttajien tietoisuudessa.

Suurimmat erot tekniikoissa liittyvät signaalin modulointiin ja virheenkorjaukseen. Siirtyminen toisen sukupolven järjestelmään kasvattaa kapasiteettia yleensä noin 30 prosentilla ja näin ollen mahdollistaa operaattorille helpon tavan tarjota HD-sisältöä.

HD-tarjonta on kasvanut viime vuosina Suomessa ja tällä hetkellä lähes jokaisessa taloudessa voidaankin jo nauttia ilmaisesta teräväpiirto sisällöstä. Suomen aikataulu siirtymiseen kokonaan SD-lähetyksistä HD-lähetykseen on myös julkaistu ja päätelaitteen pakollinen vaihtaminen on taas jokaisella kuluttajalla edessä.

Työssä käsiteltiin standardien eroja teknisestä näkökulmasta, mutta aikatauluja, kuvatarckuuksia ja kanavapaketteja tarkasteltiin myös kuluttajan ja jälleenmyyjien kannalta. Työ voi toimia myös oppaana päätelaitteiden jälleenmyyjille Gigantissa (työn tilaaja). Työ on rajattu käsittelemään maanpäällisen antenniverkon, kaapeliverkon ja satelliittiverkon mukaisia lähetystekniikoita.

Asiasanat: dvb, sd, hd, sulautetut järjestelmät ja elektroniikka, gigantti

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Information Technology
Embedded Systems and Electronics

ANTTI RAVANTTI:

DVB-transmission techniques and high-definition broadcasts in Finland

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 0 pages

May 2013

The purpose of this thesis was to study differences between digital television DVB-broadcasting technologies on theoretical and practical level. First generation standards: DVB-T, DVB-C and DVB-S have been updated for couple of years ago to the second generation models DVB-T2, DVB-C2 and DVB-S2, but it is until now when people are more aware of these techniques while they are buying new products.

The main differences between standards are in signal modulation and error correction methods. 30 percent increase in capacity can be achieved by using second generation standard compared to a first generation. New standards also give a better way to transfer HD-content.

High definition television contents are free in every household and schedule of a changeover from SDTV to HDTV has been published. It also means that every household has to make new purchases for getting the right equipment in the future.

The most important thing in this thesis is to compare these standards in technical way but also do some basic comparing between schedules, resolution and channels.

Key words: dvb, sd, hd, embedded systems and electronics

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	DVB-PROJEKTI JA ETSI-STANDARDIT	8
2.1	DVB projekti.....	8
2.2	ETSI-standardi	9
3	ANTENNIVERKON LÄHETYTEKNIIKAT	10
3.1	Antennitelevisio yleisesti	10
3.2	DVB-T-lähetystekniikka.....	11
3.3	DVB-T tekniikka yleisesti	12
3.4	DVB-T lähetin ja vastaanotin	13
3.5	DVB-T virheenkorjaus	15
3.5.1	Reed-Solomon-virheenkorjaus.....	16
3.5.2	Konvoluutiokoodaus	16
3.6	OFDM-modulaatio.....	17
3.7	DVB-T ja SD-lähetykset Suomessa.....	20
3.7	DVB-T2-lähetystekniikka	22
3.8	DVB-T2 tekniikka yleisesti	22
3.9	DVB-T2 virheenkorjaus	23
3.10	Kierretty konstellatio.....	24
3.11	DVB-T2 ja HDTV Suomessa	25
4	SATELLIITTIVERKON LÄHETYTEKNIIKAT	27
4.1	Satelliittitelevisio yleisesti	27
4.2	DVB-S tekniikka yleisesti	28
4.3	DVB-S lähetin ja vastaanotin	29
4.4	DVB-S modulointi.....	29
4.5	DVB-S2 tekniikka yleisesti.....	31
4.6	DVB-S2 modulointi	31

4.7 DVB-S2 virheenkorjaus.....	33
4.8 Satelliittitelevisio Suomessa	34
4.9 Esimerkkinä Thor 5 ja Canal Digital	34
5 KAAPELIVERKON LÄHETYTEKNIIKAT	36
5.1 Kaapelitelevisio yleisesti	36
5.2 DVB-C tekniikka	37
5.3 DVB-C lähetin ja vastaanotin	38
5.4 DVB-C2 lähetystekniikka.....	39
5.5 DVB-C2 tekniikka	39
5.6 DVB-C2 lähetin ja vastaanotin	41
5.7 Kaapelitelevisio Suomessa	41
5.8 Esimerkkinä kaapelitelevisio Tampereella	42
6 POHDINTA.....	43
LÄHTEET.....	44

LYHENTEET JA TERMIT

ADC	Analog to Digital Converter, ad-muunnin
APSK	Amplitude and Phase-shift keying
ATSC	Advanced Television Systems Committee
BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquengham
BPSK	Binary Phase Shift Keying
Digita	Antennioperaattori Suomessa
DTMB	Digital Terrestrial Multimedia Broadcast
DTT	Digital Terrestrial Television
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-C	Digital Video Broadcasting, Cable
DVB-C2	Digital Video Broadcasting, Cable v.2
DVB-S	Digital Video Broadcasting, Satellite
DVB-S2	Digital Video Broadcasting, Satellite v.2
DVB-T	Digital Video Broadcasting, Terrestrial
DVB-T2	Digital Video Broadcasting, Terrestrial v.2
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FEC	Forward Error Correction
HD	High Definition
SD	Standard Definition
VHF	Very High Frequency, 30MHz-300MHz taajuusalueet
UHF	Ultra High Frequency, 0,3GHz-3GHz taajuusalueet
ISDB	Integrated Services Digital Broadcasting
LDPC	Low Density Parity Check
SFN	Single frequency network
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying
QAM	Quadrature Amplitude Modulation

1 JOHDANTO

Digitaalisiin TV-lähetyksiin siirtyminen tapahtui Suomessa lopullisesti vuonna 2007, kun analogiset TV-lähetykset loppuivat. Lähetykset käyttävät DVB-lähetystekniikoita antenni-, kaapeli- ja satelliittiverkoissa. Nimeltään tekniikat ovat DVB-T, DVB-C ja DVB-S.

Ennen vuotta 2007 elettiin ns. siirtymäaikaa n. 5 vuoden ajan, jolloin ohjelmat jaettiin analogisesti ja digitaalisesti. Tällä hetkellä eletään myös eräänlaista siirtymäaikaa siirtymisessä SD-lähetyksistä HD-lähetyksiin. Vaikka uudet standardit DVB-T2, DVB-C2 ja DVB-S2 tukevat myös SD-lähetyksiä, niin yleensä niiden kautta jaellaan vain teräväpiirto-ohjelmia.

Tässä työssä käsitellään ensin perinteisen antenniverkon standardit, jonka jälkeen siirytään toiseen ilmateitse tapahtuvaan tekniikkaan eli satelliittitelevisioon. Viimeiseksi käsitellään näitä molempia hyödyntävä kaapeliverkko. Opinnäytetyön tekijän pohdintoja on viimeisessä kappaleessa.

Lähetystekniikoiden vertailun lisäksi työssä tarkastellaan myös tekniikoiden merkitystä Suomen teräväpiirtolähetyksiin. Teräväpiirtolähetykset tuntuvat yllättäneet suomalaiset, sillä liikkeellä on paljon väärää tietoa liittyen teräväpiirtolähetyksen alkamiseen Suomessa. Osasyynä on ollut se, että uusien lähetystekniikoiden mukaiset päätelaitteet eivät ole olleet markkinoilla kahta vuotta pidempään. Suurin osa suomalaisista TV:n katsojista ei tunnu tietävän, että he voisivat katsoa TV:stään teräväpiirtolähetyksiä (ilmaiseksi). Viestintäviraston mukaan niin sanotut tavalliset SD-lähetykset loppuvat maksukanava-puolella viimeistään vuonna 2017 ja jatkuvat ainoastaan HD-lähetyksinä. Lähetyksen nähdäkseen katsojalla täytyy olla tietysti tarvittavat päätelaitteet.

Päätelaitteiden myyminen kuluttajille helpottuu, kun jälleenmyyjällä on selvää tietoa teräväpiirtolähetyksen aikataulusta, määristä ja saatavuudesta. Tämän työn osa-tarkoituksena onkin antaa selvä tiivistetty tietopaketti uusien tekniikoiden mukaisten päätelaitteiden jälleenmyyjille.

2 DVB-PROJEKTI JA ETSI-STANDARDIT

DVB eli Digital Video Broadcasting (KUVA 1) on kokoelma standardeja, joita käytetään suuressa osaa maailmaa digitaalisen televisiosignaalin lähetyksissä. DVB-projekti perustettiin vuonna 1993, kun alan yritykset ja toimittajat pääsivät yhteisymmärrykseen, siitä miten digitaalista televisiota halutaan kehittää. Analoginen TV oli tulossa tiensä päähän ja tarvittiin tehokas suunnitelma, jonka pohjalta Euroopassa voitaisiin aloittaa digitaaliset TV-lähetykset. (http://www.dvb.org/about_dvb/history/)



KUVA 1. DVB-logo (http://www.dvb.org/logos_identifiers/)

2.1 DVB projekti

DVB-projekti tunnettiin aikaisemmin nimellä European Launching Group (ELG). ELG:n ja DVB-projektin päämääränä on ollut aina digitaalisiin lähetyksiin käytettävän laitteiston määritysten suunnitteleminen ja hyväksyttäminen jäsenillä.

(http://www.dvb.org/about_dvb/history/)

DVB-projektiin kuuluu noin 300 yritystä ja toimittajaa maailmanlaajuisesti. DVB-projektin suomalaisia jäseniä ovat mm. Digita Oy, Nokia Siemens Networks, TUCS (Turku Centre for Computer Science) ja YLE.

(http://www.dvb.org/membership/list_of_members/index.xml?name=)

2.2 ETSI-standardit

The European Telecommunications Standards Institute eli ETSI julkaisee ICT-alan standardeja. Puhuttaessa DVB-standardeista tarkoitetaan ETSI:n hyväksymiä ja julkaisemia standardeja. Esimerkkeinä ETSI:n julkaisemista standardeista ovat DVB-S2, DVB-T2 ja DVB-C2 (KUVA 2). (<http://www.etsi.org/about>)



KUVA 2. Uudet toisen sukupolven standardit.

(http://www.dvb.org/news_events/news/dvb-@-ibc-ifa/index.xml)

3 ANTENNIVERKON LÄHETYTEKNIIKAT

3.1 Antennitelevisio yleisesti

Perinteisin tapa välittää tv-palveluita on antennijakelu. Digitan hallinnoima SD-lähetyksiin käytettävä lähetyksverkko sisältää 40 lähetyksasemaa ja 150 täytelähetintä, joten verkko on varsin kattava. Yhden lähettimen säteilyteho on kymmeniä kilowatteja ja sillä pystytään kattamaan noin 60 kilometrin alue lähettimen ympärillä. Verkot ovat SFN-verkkoja (Single Frequency Network) eli kaikki lähetimet lähettävät samaa signaalia samaan aikaan samalla taajuudella (Ikonen Ari, 2009, s.33)

Digitan antenniverkko kattaa 99.9 prosenttia suomalaisista kotitalouksista (<http://www.digita.fi/kuluttajat/tv/nakyvyysalueet>), mutta suurimmalle osalle suomalaisista televisio-ohjelmat jaetaan kuitenkin muilla tavoin (Ikonen Ari, 2009, s.33). Osa-syynä tähän on antenniverkon pieni kanavatarjonta ja heikommät lähetyksolosuhteet, jonka takia esimerkiksi kuvanlaatu on heikompaa satelliittiverkkoon verrattuna. Digitan lisäksi verkkotoimiluvat on myönnetty myös Anvialle ja DNA:lle.

Suomessa antennilähetykset lähetetään käyttäen DVB-T ja DVB-T2-lähetystekniikoita. Anvian ja DNA:n toimiluvat edellyttävät kehittyneemmän DVB-T2-lähetystekniikan ja MPEG-4 AVC-kuvanpakkaustekniikan käyttöä.

3.2 DVB-T-lähetystekniikka

DVB-T on DVB-projektin kehittämä tekniikka, joka määrittää käytettävän kehysrakenteen, kanavakoodauksen ja modulaation DTT-lähetyksissä (Digital Terrestrial Television). Ensimmäinen versio standardista ilmestyi vuonna 1997. DVB-T on maailman käytetyin digitaalinen lähetystekniikka maanpäällisissä televisiolähetyksissä. Se tarjoaa mahdollisuuden tavallisen SD-televisiokuvan lähetysten lisäksi myös HD-kuvan lähettyseen. Myös kannettavat laitteet ja matkapuhelimet on otettu standardissa huomioon. (DVB-T- Digital Terrestrial Television. Fact Sheet. pdf. s.1)

Kuvassa 3 on nähtävissä maanpäällisen antenniverkon eli DVB-T:n käyttö maailmassa. DVB-T-lähetystekniikka on käytössä 68 maassa ja se on hyväksytty lisäksi 47 maassa. Kaikissa maissa ei vielä ole otettu tekniikoita käyttöön, koska verkko on vasta rakenteilla ja tekniikan käyttöönotto tapahtuu tulevaisuudessa. Maat, joissa on siirrytty käyttämään jo DVB-T2 lähetystekniikkaa, on merkitty kuvaan vaaleansinisellä värillä. (DVB-T- Digital Terrestrial Television. Fact Sheet. pdf. s.2)



KUVA 3. DVB-T käyttö maailmassa (http://www.dvb.org/about_dvb/dvb_worldwide/)

DVB-T-tekniikan rinnalla maailmassa toimii kilpailevat järjestelmät DTMB Kiinassa, ATSC Pohjois-Amerikassa ja ISDB Etelä-Amerikassa. DVB-merkinnällä varustettuja vastaanottimia on käytössä maailmassa yli 900 miljoonaa. (http://www.dvb.org/about_dvb/)

3.3 DVB-T tekniikka yleisesti

Digitaalisen televisiokuvan lähetyksen antenniverkossa verrattuna kaapeli- ja satelliittiverkoon aiheuttaa haasteita. Kohinan määrän lisäksi ongelmia aiheuttaa monitie-etenemisestä ja rajallisista kaistanleveyksistä. DVB-T-standardissa määritellään näihin liittyvät raja-arvot, jotka lähettimien ja vastaanottimien tulee täyttää hyväksynnän saamiseksi. (DVB-T- Digital Terrestrial Television. Fact Sheet. pdf. s.1)

Kuten valtaosassa DTT-tekniikoista, DVB-T lähetyksessä käytetään OFDM-modulaatiota (Orthogonal frequency division multiplex). OFDM-modulaatiossa käytettävien useiden apukantaaaltojen ansiosta signaali saadaan lähetettyä riittävän vahvana niin, että lähetyksen onnistuu hankalissakin olosuhteissa. (DVB-T- Digital Terrestrial Television. Fact Sheet. pdf. s.1)

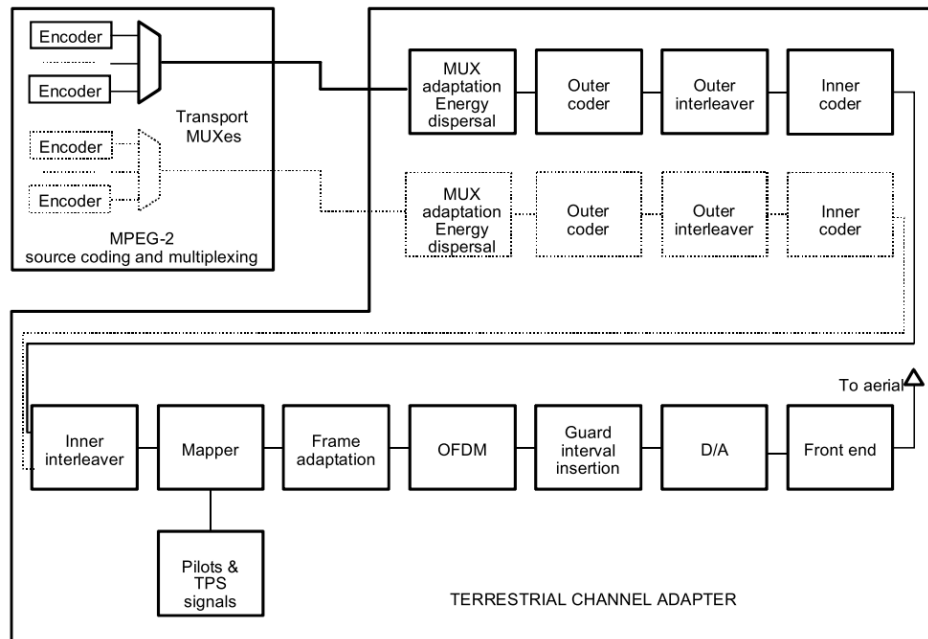
DVB-T ominaisuuksiin kuuluu kolme eri kanta-aallon modulaatiovaihtoehtoa: QPSK, 16-QAM ja 64-QAM. DVB-T mahdollistaa valinnan 2k ja 8k kanta-aaltojen välillä. 2k järjestelmässä kanta-aaltoja on 1705 kappaletta. 8k järjestelmässä kanta-aaltoja on 6817. Se tarjoaa myös viisi erilaista FEC-virheenkorjaustasoa (Forward error correction) ja neljä erilaista suojavälitekniikan tasoa (Guard Interval). (DVB-T- Digital Terrestrial Television. Fact Sheet. pdf. s.1)

DVB-T tarjoaakin verkko-operaattorille erilaisia mahdollisuuksia yhdistellä tekniikoita ja moodeja riippuen peittoalueesta ja tarvittavasta siirtokapasiteetista. DVB-T voi operoida 6MHz, 7MHz tai 8MHz kanavanleveyksillä. Kanavat jaetaan ennen lähetystä multipleksoimalla kanavanippuihin ja kuva pakataan käyttäen joko MPEG-2- tai MPEG-4 kuvanpakkausmenetelmää. (DVB-T- Digital Terrestrial Television. Fact Sheet. pdf. s.1)

3.4 DVB-T lähetin ja vastaanotin

Kuva 4 kuvaa DVB-T-lähettimen lohkokaaaviota. Kuvaa ja ääntä ei lähetetä eri kanavia pitkin, vaan ne multipleksataan eli kanavoidaan kanavanipuiksi, joissa mukana kuva, ääni ja muu data. Sen jälkeen kanavaniput eli MUX:it siirretään yleensä MPEG-2-siirtovirtana eteenpäin. Kanavointi tehdään siirtokapasiteetin kasvattamiseksi.

(<http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T>)



KUVA 4. DVB-T lähettimen periaatteellinen lohkokaavio. (EN 300 744 V1.6.1)

Lohkokaaviossa katkoviivalla esitetään mahdollisuus lähettää samassa kanavanipussa kahta eri siirtovirtaa käyttäen hierarkkista lähetystä. Tämä tekniikka mahdollistaa esimerkiksi SD- ja HD-kuvan samanaikaisen lähetyksen yhdessä kanavanipussa. Eritasoiset kuvat käsitellään virheenkorjauksen osalta erikseen, jonka jälkeen ne voidaan yhdistää. (<http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T>)

Ennen Reed-Solomon-virheenkorjausta ulkoisessa kooderissa (Outer coder) siirtovirta jaetaan 188 tavun lohkoiksi MUX-sovituksessa (MUX adaptation) ja lohkon energia pu-
retaan. Tällä tarkoitetaan sitä, että pitkät ykkösten ja nollien ketjut katkaistaan tasaisen tehojakauman aikaansaamiseksi. Tehon purku suoritetaan lisäämällä bittivirtaan satunnaislukujono käyttäen exclusive or-logiikkaporttia. Satunnaislukujono on tiedossa vastaanottimessa, joten se voi suorittaa toiminnan käännettyssä järjestyksessä datan esiin saamiseksi. (Ikonen Ari, 2009, s.202)

Ulompi lomitin (Outer interleaver) valmistelee lohkot seuraavaa virheenkorjausta varten. Sisemmässä kooderissa (Inner coder) käytetään konvoluutiokoodausta valitulla FEC-tasoilla. Virheenkorjaus käsitellään tarkemmin kappaleessa 3.5.

(<http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T>)

Sisäinen lomitin (Inner interleaver) järjestelee datan uudestaan ja poistaa näin purskeina tapahtuneita virheitä, joita saattaa aiheutua erilaisista sähkölaitteista signaalin kulkiessa ilmassa. Alkuperäisessä signaalissa peräkkäin olevat bitit sijoitetaan lomittelussa kauemmas toisistaan. Ideana on, että vierekkäisillä kantoaalloilla ei ole samaan symboliin kuuluvia bittejä, jolloin mahdollisen purskeena tapahtuvan virheen sattuessa vastaanotin pysyy korjaamaan tapahtuneen virheen FEC-virheenkorjauksella. (Ikonen Ari, 2009, s.201-202)

Tämän jälkeen bittivirta yhdistetään kantataajuuteen moduloimalla (Mapper). Moduloinnilla aikaansaadut symbolit muodostavat lohkon kehys-sovituksessa (Frame Adaptation), joka muodostuu 1512, 3024 tai 6048 symbolista.

(<http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T>, TR 101 190 V1.3.2.pdf)

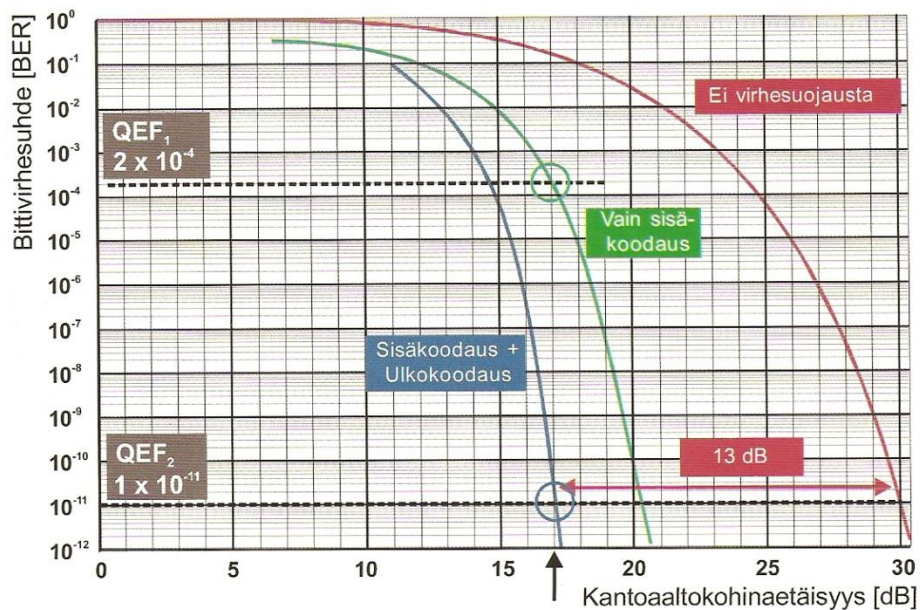
Lohkoon lisätään myös synkronisointiin tarvittavia symboleita (Pilots & TPS signals). Pilot-kantoaaltoja käytetään signaalin tahdistamiseen ja lähetyiskanavan suorituskyvyn mittaamiseen. Pilot-aallot lähetetään 3dB korkeammalla tasolla kun muut kantaallot ja esimerkiksi 8k-moodissa niitä on 177 kappaletta kiinteästi. TPS-signaaleita 8k-moodissa on 68 kappaletta ja niitä käytetään lähetysoikeuksien lähetykseen. TPS-signaalit kertovat vastaanottimelle käytetyn modulaation, virhesuojaustason, suojavälin ja lähetysoikeuden. (Ikonen Ari, 2009, s.208-209)

OFDM-moduloinnissa lohko jaetaan useiksi kantoaalloiksi ja kantoaaltojen väliin lisätään suojaväli, jonka osuus on 1/32, 1/16, 1/8 tai 1/4 kokonaisesta lohkoista. Suojaväliä on käytettävä aina SFN-verkossa, kun useat lähetimet lähettävät samalla taajuudella samaan aikaan. Ennen lähetystä digitaalinen data muutetaan analogiseksi AD-muuntimessa ja moduloidaan VHF- tai UHF-radio taajuudeksi. Vastaanotin tekee kaiken käännetyssä järjestyksessä. (<http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T>)

3.5 DVB-T virheenkorjaus

Forward Error Correction eli FEC on tärkeä osa DVB-T:n tarjoamia mahdollisuuksia luoda yhteydet, jotka toimivat eri olosuhteissa parhaalla mahdollisella tavalla. FEC-virheenkorjaus lisää lähetettävään dataan korjausbittejä, joilla vastaanotossa voidaan huomata virhe ja korjata se. Tämä on tärkeää jatkuva-aikaisessa lähetyksessä, jossa dataa ei voi lähettää uudestaan. FEC koostuu ulkoisesta ja sisemmästä kooderista, joista ensimmäisen eli uloin toimii kiinteillä asetuksilla ja sisemmän korjaustehoa voidaan säätää, jolloin FEC-virheenkorjaustasot kasvavat.

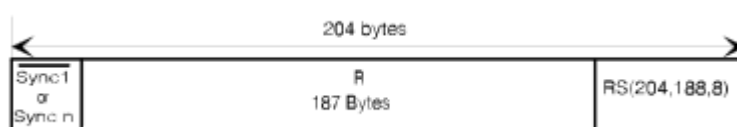
Kantaaaltokohinaetäisyys eli C/N arvo kuvaa signaalin amplitudin suhdetta kohinan amplitudiin. Bittivirhesuhde eli BER (Bit Error Rate) kuvaa virheellisinä vastaanotettujen bittien suhdetta bittien kokonaismäärään. Videokuvanlaadussa pidetään yleisesti tavoitteena BER arvoa 1×10^{-11} . Eli keskimäärin vähemmän kuin yksi miljardista bitistä saa olla väärin. Tätä arvoa kutsutaan myös QEF-pisteeksi (Quasi Error Free). QEF on vaikea mitattava, joten usein QEF arvo mitataan vastaanottopäässä jo ennen viimeistä RS-koodauksen purkua, jolloin sen hyväksyttävä arvo voi olla 2×10^{-4} . Kuva 5 kuvaa bittivirhesuhdetta kantaaltokohinaetäisyyden funktiona. Kuvasta 5 voidaan todeta, että kaksi-kerroksinen virheenkorjaus vähentää tarvittavaa kantaaltokohinaetäisyyttä 13 desibelillä verrattuna tilanteeseen, jossa virhesuojausta ei olisi. (Ikonen Ari, 2009, s.194)



KUVA 5. BER kantaaltokohinaetäisyyden funktiona. (Ikonen Ari, 2009, s.201)

3.5.1 Reed-Solomon-virheenkorjaus

Ulomainen virheensuojaus tapahtuu käyttäen Reed- Solomon-lohkokoodaustekniikkaa. Kooderi laskee lähetettävälle datalle sitä vastaavan korjauskoodin, jonka avulla vastaanotin voi huomata mahdollisen virheen ja päätellä, missä kohtaa virhe on tapahtunut. Siirtovirran saapuessa ulkoiselle virheenkorjauskerrokselle se on pilkottu 188 tavun lohkoihin sisältäen yhden synkronointitavun ja 187 tavua dataa. Reed-Solomon-koodauksen jälkeen lohkonpituus on 204 tavua (KUVA 6). 16 lisättyä tavua pitävät sisällään korjauskoodin ja näin ollen lisädataa vaaditaan 8.5%. Maksimissaan Reed-Solomon koodauksella voidaan korjata 7 virheellistä tavua yhdestä lohkoista. Reed-Solomon koodausta käytetään kaikissa ensimmäisen sukupolven lähetystekniikoissa. (Ikonen Ari, 2009, s.202)



KUVA 6. Paketti virheenkorjauksen jälkeen. (EN 300 429 V1.2.1, pdf, s.9)

3.5.2 Konvoluutiokoodaus

Sisemmässä konvoluutikoodauksessa lasketaan korjausbitin arvo perustuen lähetettävään dataan ja aiemmin lähetettyyn dataan. Konvoluutiokoodaus ei kuitenkaan toimi, mikäli virheitä sattuu usein ja tiheästi esimerkiksi purskeina. Tätä varten on ulompi RS-kooderi. Toisin kuin RS-kooderissa konvoluutiokooderin teho pystytään valitsemaan viidestä vaihtoehdosta.

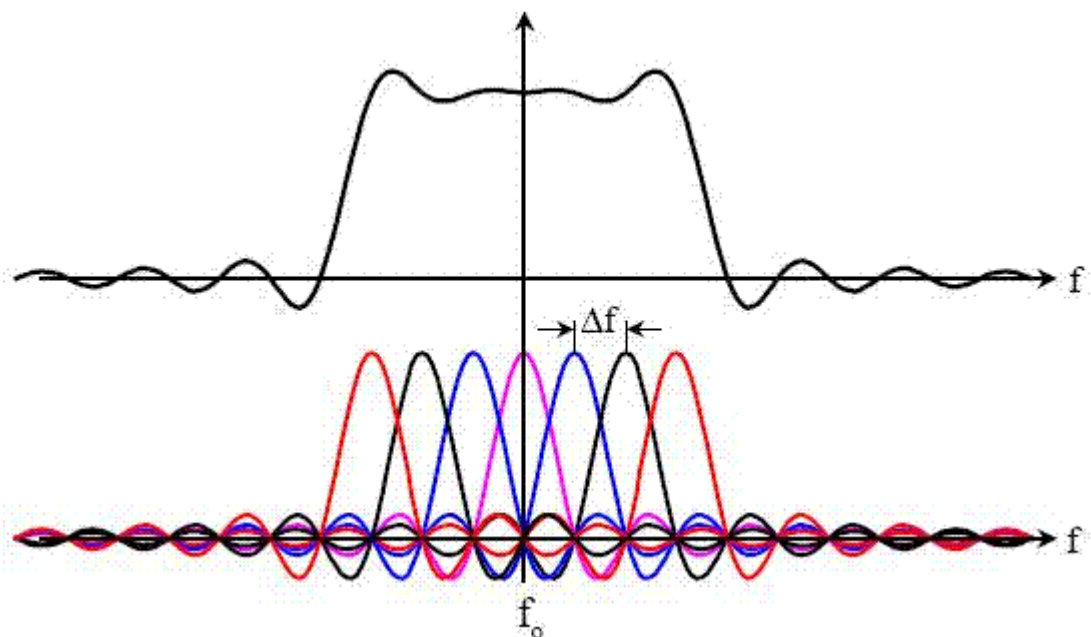
DVB-T:n tarjoamat FEC-vaihtoehdot ovat 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 ja 7/8. Näistä 1/2- tasolla saavutetaan paras taso virheen korjauksessa, mutta koska jokaista databittiä kohden lähetetään 2 bittiä, vaikuttaa tämä heikentävästi datansiirtonopeuteen. 7/8 tasolla virheenkorjausbittejä lisätään 8 jokaista seitsemää lähtevää databittiä kohden. Näin databittejä saadaan lähetettyä nopeammin, mutta virheitä ei pystytä korjaamaan yhtä tehokkaasti. Suomessa Digita käyttää 2/3 virheenkorjaustasoa. (Ikonen Ari, 2009, s.202)

3.6 OFDM-modulaatio

OFDM-modulaatiossa signaali jaetaan useiksi kantaalloiksi, joita moduloidaan käyttäen QPSK, 16-QAM, 64-QAM tai 256-QAM (DVB-T2) -modulaatiomenetelmillä. Molemmat DVB-T-tekniikat mahdollistavat valinnan kahden kantaaltomoodin välillä. 2K-moodissa kantaaltoa on 1705 ja ne sijaitsevat 4462Hz välein spektrissä ja 8K-moodissa on 6817 kantaaltoa ja ne ovat 1116Hz välein toisistaan. Kuvassa 7 Δf kuvaa kantaaltojen väliä toisistaan.

(J.Biró, E.Borbély. DVB-T OFDM modulation system. pdf. s. 2-4)

Aikaisemmin käsitellyn tekniikan mukaisesti sisäinen lomitin jakaa suojatun bittivirran tuhansille eri siniaalloille mahdollisimman kauas toisistaan muodostaen datasymboleita. COFDM (Coded OFDM) onkin tarkempi termi DVB-tekniikoiden käyttämällä tekniikalle, koska bittivirta on tässä vaiheessa jo virhesuojattu. Yleensä puhutaan kuitenkin vain OFDM-moduloinnista. Tuhannet siniaallot muodostavat kantataajuudella purskeen, jonka spektrin muoto on nähtävissä kuvassa 7. OFDM-monikantaaltomodulointi on tarpeen monitie-etenemisen, doppler-ilmion ja muiden sähkölaitteiden aiheuttamien häiriöiden takia. OFDM-modulointia käytetään DVB-T-, DVB-T2- ja DVB-C2-lähetystekniikoissa. (Ikonen Ari, 2009, s.204)



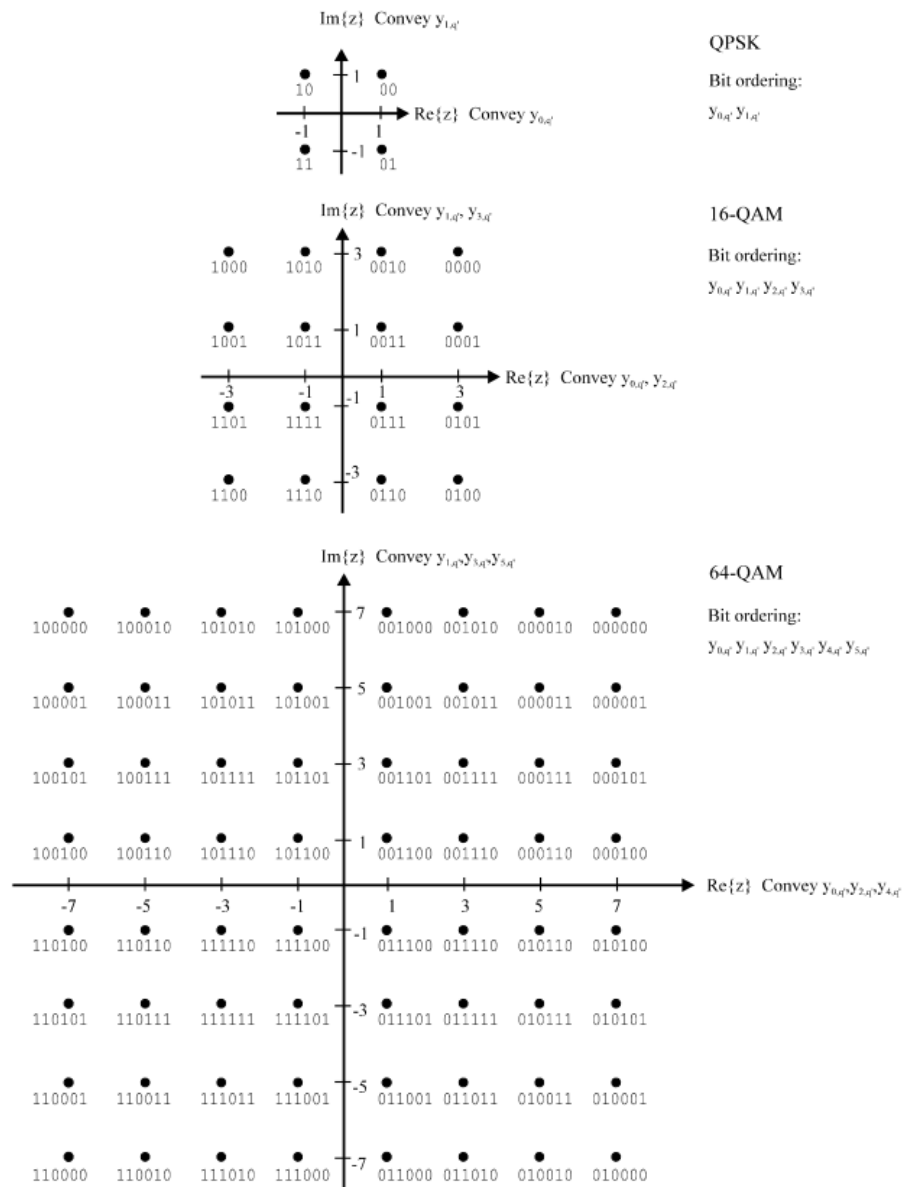
KUVA 7. OFDM-spektri (<http://www.ualberta.ca/~mahmoodi/thesis.html>)

OFDM-moduloinnissa tuhannet siniaallot moduloidaan käyttäen jotakin käytännön modulaatiomenetelmää. Yleensä antennilähetyksissä se on 16-QAM tai 64-QAM. Mitä monimutkaisempi modulointitapa on käytössä, niin sen suurempi symbolinopeus voidaan saavuttaa. Seuraavissa kappaleissa käsitellään antenniverkon modulointivaihtoehtoja. Myös kaapeliverkossa käytetään samoja menetelmiä.

QPSK-modulaatio (Quadrature Phase Shift Keying) on modulointitapa, jossa informaatio on signaalin vaiheessa amplitudin ja taajuuden pysyessä vakiona. ”Quadrature” -nimen mukaisesti signaali voi olla neljässä eri vaiheessa (0° , 90° , 180° ja 270°) ja ilmaista näin ollen kahta bittiä per vaihe (00, 01, 11 ja 10), kuten konstellaatio kuvasta 8 käy ilmi. QPSK-modulaatio ei ole useinkaan käytössä DVB-T järjestelmissä, toisin kuin satelliitti-televisiolähetyksissä. (<http://www.ee.unb.ca/tervo/ee4253/qpsk.shtml>)

QAM-modulaatiossa moduloidaan vaiheen lisäksi amplitudia. Ensin kanta-aalto jaetaan kahdeksi 90° asteen vaihesiirrossa olevaksi aalloksi, jonka jälkeen niiden amplitudia moduloidaan erikseen. Kanta-aallot yhdistetään QAM-aalloksi. Vastaanotin osaa erottaa aallot toisistaan ja lukea niiden arvot. Etuliitteenä oleva numero kertoo QAM-modulaatiossa sen, kuinka monta erilaista symbolia aalloilla voidaan lähettää. 16-QAM-moduloinnissa yhdellä symbolilla voidaan ilmaista neljä bittiä (4 vaihetta ja 4 amplitudia). 64-QAM-modulaatiossa ilmaistavien bittien määrä nousee kuuteen (8 vaihetta ja 8 amplitudia). (<http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/pm-phase-modulation/8qam-16qam-32qam-64qam-128qam-256qam.php>)

DVB-T2:ssa usein käytössä oleva modulointitapa on 256-QAM. Siinä on 16 eri vaihe-eroa ja 16 eri amplitudi-eroa. Yhdellä symbolilla voidaan ilmaista 8 bittiä.



KUVA 8. QPSK konstellaatio, 16-QAM ja 64-QAM konstellaatio
(EN 300 744 V1.6.1. pdf. s. 22)

Käytetty modulaatio menetelmä vaikuttaa lähetyksenopeuteen huomattavasti, kuten taulukosta 1 käy ilmi. Muut nopeuteen vaikuttavat asiat ovat FEC-virheenkorjaustaso ja valittu suojavaeli. Datansiirtonopeus DVB-T järjestelmissä on välillä 4,98Mbit/a – 31,67Mbit/s.

TAULUKKO 1. Datansiirtonopeudet DVB-T järjestelmässä. (http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101100_101199/101190/01.03.02_60/tr_101190v010302p.pdf)

Modulation	Bits per sub-carrier	Inner code rate	Guard interval			
			1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	2	1/2	4,98	5,53	5,85	6,03
	2	2/3	6,64	7,37	7,81	8,04
	2	3/4	7,46	8,29	8,78	9,05
	2	5/6	8,29	9,22	9,76	10,05
	2	7/8	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	4	1/2	9,95	11,06	11,71	12,06
	4	2/3	13,27	14,75	15,61	16,09
	4	3/4	14,93	16,59	17,56	18,10
	4	5/6	16,59	18,43	19,52	20,11
	4	7/8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	6	1/2	14,93	16,59	17,56	18,10
	6	2/3	19,91	22,12	23,42	24,13
	6	3/4	22,39	24,88	26,35	27,14
	6	5/6	24,88	27,65	29,27	30,16
	6	7/8	26,13	29,03	30,74	31,67

3.7 DVB-T ja SD-lähetykset Suomessa

Suomessa DVB-T-lähetykset lähetetään 8k kantaosalla käyttäen 1/8 suojavälitekniikkaa. FEC-virheenkorjaus toimii 2/3 tasolla ja kantaosallot moduloidaan käyttäen 64-QAM-modulointia. Näin ollen siirtonopeus Suomessa on 22,12Mbit/s. Kuva pakataan ennen lähetystä käyttäen MPEG-2 pakkausmenetelmää.

(http://www.dvb.org/about_dvb/dvb_worldwide/finland/)

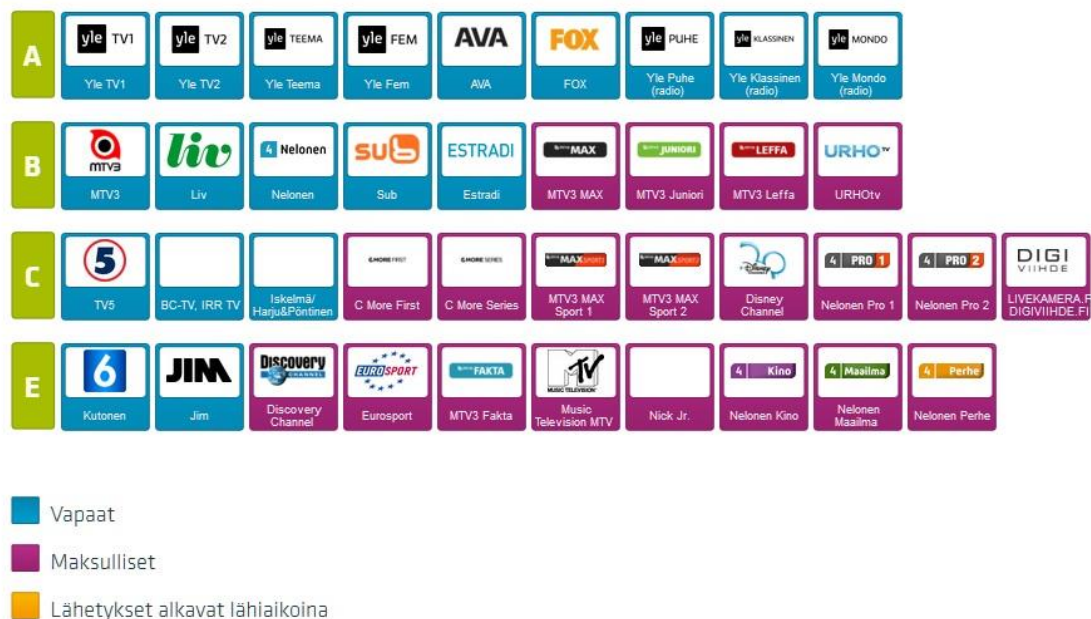
Esimerkiksi Tanskassa, Virossa, Unkarissa, Italiassa, Ranskassa ja Norjassa käytetään DVB-T tekniikkaa teräväpiirtolähetyksiin. Tämän mahdollistaa parempi MPEG-4-AVC-kuvanpakkausmenetelmä. Suomessa teräväpiirtolähetykset käyttävät DVB-T2-lähetystekniikkaa. (http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T_Factsheet.pdf)

Suomen DVB-T järjestelmä toimii UHF-taajuuksilla. UHF-lähettimeä hallinnoi Suomessa Digita ja Anvia. TV-lähetyksiin tarkoitettujen taajuusalueiden (470MHz-790MHz) on edelleen jaettu kanaviin, joiden numerot ovat 21-60. Kanavanleveys on suurin mahdollinen eli 8MHz.

(<http://www.ficora.fi/index/palvelut/palvelutaiheittain/tvjaradiotoiminta/paikallisradioluettelo/radiomikrofonintaajuudenvalinta.html>)

Kanavaniput A, B, C ja E lähetetään DVB-T-lähetystekniikalla. Maksullisia kanavia tarjoavat Suomessa operaattorit PlusTV ja DNA ja ne ovat salattu conax-menetelmällä, joka onkin käytetyin salaustekeino Suomessa. Antenniverkossa lähetetään 16 maksutonta kanavaa (KUVA 9). (<http://www.viestintavirasto.fi/index/televisio/vastaanottoongelmat/antennivastaanotto/pientalonvastaanottojarjestelma.html>)

Tulevaisuudessa on mahdollista, että PlusTV:n salaustekeino (conax) muuttuu, sillä HD-lähetykset PlusTV:llä salataan viaces-menetelmällä. PlusTV:n viaces salauksen käyttöönotto saattaa aiheuttaa ongelmia tämänhetkisten HD-digiboksien ostajilla, koska lähes kaikki digiboksit käyttävät conax-salausta, joten PlusTV-maksukanavakortit eivät näissä toimi. Toisaalta TV:n sisäinen digiviritin pystyy maksukanavia lukemaan, kunhan siinä on oikeantyyppinen lukija eli korttimoduuli sisässä.



KUVA 9. DVB-T:n mahdollistamat kanavat Suomessa.

(<http://www.digita.fi/kuluttajat/tv>)

3.7 DVB-T2-lähetystekniikka

Pienien spektrileveyksien takia DVB-T:n jälkeen haluttiin kehittää päivitetty tekniikka, joka käyttäisi paremmin hyödyksi spektriä. DVB-T2 tarjoaa vähintään 50 prosenttia tehokkaampaa tekniikkaa verrattuna muihin DTT-järjestelmiin. Sen sanotaankin olevan maailman edistynein DTT-lähetystekniikka. DVB-T2 lähetystekniikka tukee DVB-T:n tavoin SD- ja HD-kuvaa sekä mobiili TV:tä ja näiden yhdistelmiä.

(http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T2_Factsheet.pdf)

Ensimmäinen versio standardista julkaistiin vuonna 2009. Iso-Britannia otti DVB-T2 tekniikan käyttöön maaliskuussa 2010. Seuraavaksi oli vuorossa Italia, Ruotsi ja Suomi vuonna 2011. DVB-T2 lähetystekniikka on käytössä 18 maassa ja näiden lisäksi se on hyväksytty 36 maassa. Tällä hetkellä DVB-Projekti suosittelee niitä maita, jotka eivät ole ottaneet vielä DVB-T standardia käyttöön, harkitsemaan suoraa siirtymistä käyttämään DVB-T2-lähetystekniikkaa, koska se tarjoaa paremmat mahdollisuudet teräväpiirtolähteyksiin.

(http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T2_Factsheet.pdf)

3.8 DVB-T2 tekniikka yleisesti

DVB-T2 käyttää OFDM-modulointia kuten edeltäjänäkin. Virheenkorjaus on kuitenkin toteutettu erilaisella tekniikalla ja lisäksi se tarjoaa kattavamman määrän erilaisia muunneltavuusvaihtoehtoja, jotka auttavat DVB-T2-lähetystekniikan käyttöä erilaisissa olosuhteissa. (http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T2_Factsheet.pdf)

Yhtenä ominaisuutena DVB-T2 tarjoaa mahdollisuuden valita 2k ja 8k kantaaltojen lisäksi myös 1k, 4k, 16k ja 32k kantaaltomäärät. Myös suojaväli-tasoja on yhteensä 7 erilaista viiden sijaan. Kaistanleveydeksi voidaan valita 6MHz, 7MHz ja 8MHz lisäksi 1.7MHz, 5MHz ja 10MHz. (http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T2_Factsheet.pdf)

Modulaatiovaihtoehtoihin lisätään 256-QAM-modulointi, joka yhdistettynä suuriin kantoaaltomääriin saa aikaan todella tehokkaan spektrin käytön. 256-QAM-modulointi vaihtoehto onkin DVB-T2:ssa käytössä useimmiten. Näistä parannuksista johtuen tyypillinen ja maksimidatanopeus kasvaa.

(http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T2_Factsheet.pdf)

Virheenkorjauksessa DVB-T2:ssa siirrytään käyttämään samaa LDPC (Low Density Parity Check) ja BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquengham) yhdistelmää, kuin myöhemmin käsiteltävissä DCB-S2- ja DVB-C2-standardeissa.

(http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T2_Factsheet.pdf)

TAULUKKO 2. DVB-T ja DVB-T2 erot. (http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T2_Factsheet.pdf)

	DVB-T	DVB-T2 (new/improved options in bold)
FEC	Convolutional Coding+Reed Solomon 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	LDPC + BCH 1/2, 3/5 , 2/3, 3/4, 4/5 , 5/6
Modes	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
Guard Interval	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/128 , 1/8, 19/256 , 1/16, 1/32, 1/128
FFT Size	2k, 8k	1k , 2k, 4k , 8k, 16k , 32k
Scattered Pilots	8% of total	1% , 2% , 4% , 8% of total
Continual Pilots	2.0% of total	0.4%-2.4% (0.4%-0.8% in 8K-32K)
Bandwidth	6, 7, 8 MHz	1.7 , 5, 6, 7, 8, 10 MHz
Typical data rate (UK)	24 Mbit/s	40 Mbit/s
Max. data rate (@20 dB C/N)	31.7 Mbit/s	45.5 Mbit/s
Required C/N ratio (@24 Mbit/s)	16.7 dB	10.8 dB

3.9 DVB-T2 virheenkorjaus

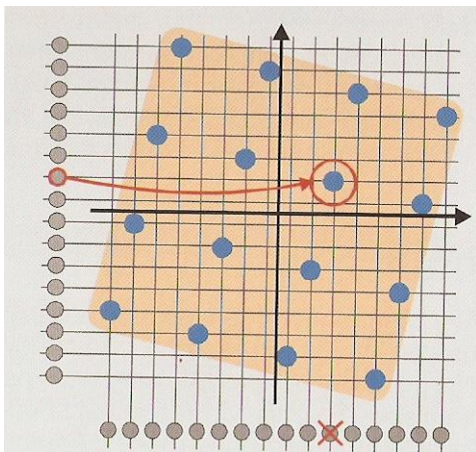
LDPC (Low Density Parity Check) ja BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquengham) otettiin alun perin käyttöön DVB-S2-standradissa. Myöhemmin se on otettu käyttöön myös DVB-T2 ja DVB-C2-standardeissa. Ensimmäisen sukupolven tekniikoiden mukaisesti virhekorjaus on kaksikerroksinen eli se on jaettu ulompaan ja sisempään kooderiin.

DVB-T2 standardi korvaa vanhan RS-koodauksen BCH koodauksella (Bose-Chaudhuri-Hocquengham). Kuten RS, myös BCH lisää pakettiin lisätavuja, jotta virheentunnistus ja korjaus onnistuisi. Bittivirta kasvaa kuitenkin vain 0,3 % BCH koodauksen takia, joten se on huomattavasti tehokkaampi kuin RS. (Ikonen Ari, 2009, s.211)

LDPC (Low Density Parity Check) korvaa konvoluutiokoodauksen. Periaatteessa toiminta on samankaltainen konvoluutiokoodaukseen nähden eli jo lähetetyt ja lähetettävät bitit käytetään tarkistussumman laskemiseen ja tarkistussumma lähetetään lohkon mukana. LDPC tarjoaa kuitenkin laajemman skaalan suojaustasoja ($1/2$, $3/5$, $2/3$, $3/4$, $4/5$ ja $5/6$). LDPC-koodauksen toiminta vaatii myös sisäisen lomittimen apua, jotta bittijono saadaan satunnaistettua ennen koodauksen käyttöä. (Ikonen Ari, 2009, s.212)

3.10 Kierretty konstellaatio

DVB-T2 mahdollistaa kierretyn konstellaation käytön. Tavallisessa konstellaatiokuvassa I ja Q signaalit ovat symmetrisesti akselien molemmin puolin. Kerralla signaali voi siis esimerkiksi 16-QAM-modulaatiossa saada jonkin näistä 16 arvoista. Jos konstellaatiokuva kääntää sopivasti, niin I ja Q arvoilla ei olekaan enää kuin yksi konstellaatiopiste (KUVA 10). Näin ollen vastaanottimessa voidaan päätellä toinen I ja Q-arvoista vaikka toinen tuhoutuisikin. Tämä toimii ainoastaan silloin kuin I ja Q arvot on lähetetty eri kantoalloilla mahdollisimman erillään toisistaan, jotta molemmat eivät tuhoutuisi. (Ikonen Ari, 2009, s.211)



KUVA 10. 16-QAM kierretty konstellaatio (Ikonen Ari, 2009, s.210).

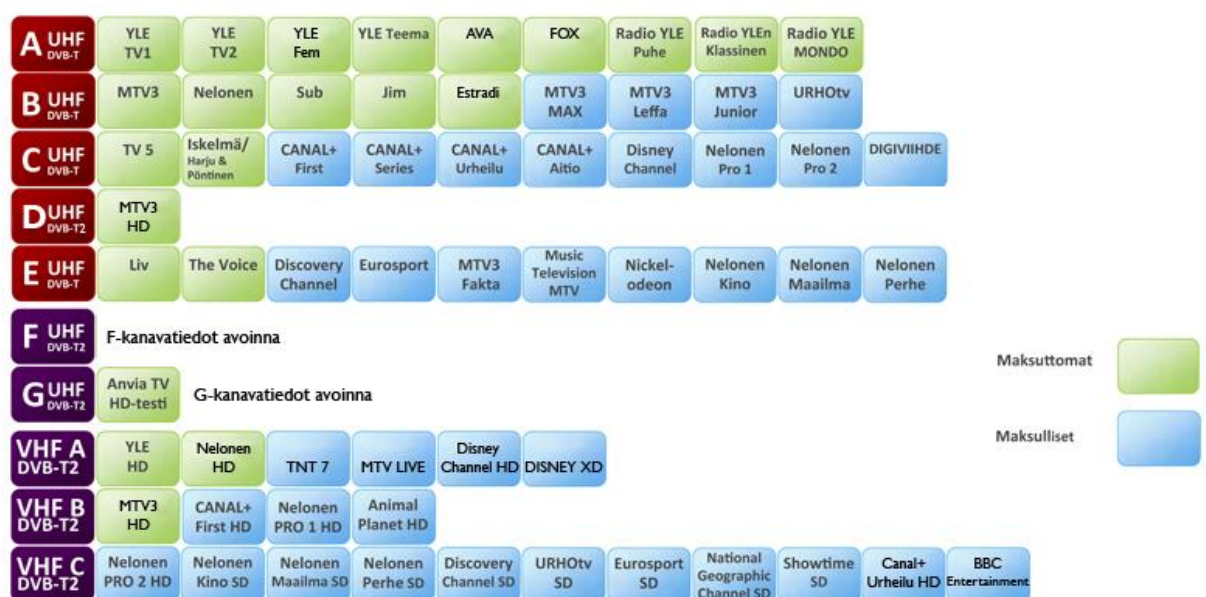
3.11 DVB-T2 ja HDTV Suomessa

Kanavaniput VHF A, VHF B ja VHF C lähetetään VHF-taajuuksilla (174MHz-230MHz). Niissä kaikissa käytetään DVB-T2-tekniikkaa. DNA:n operoimat VHF-lähettimet sijaitsevat eri paikoissa kuin Digitan ja Anvian UHF-taajuuksia käyttävät lähettimet, mikä on otettava huomioon antenniratkaisuja suunniteltaessa. (<http://www.viestintavirasto.fi/index/televisio/vastaanottoongelmat/antennivastaanotto/pientalonvastaanottojarjestelma.html>)

UHF taajuuksilla toimii myös kanavanippu F ja pääkaupunkiseudun kattava kanavanippu G. Näissä molemmissa käytetään DVB-T2-tekniikkaa.

(<http://www.viestintavirasto.fi/index/televisio/vastaanottoongelmat/antennivastaanotto/pientalonvastaanottojarjestelma.html>)

DVB-T2 tekniikkaa maksukanaviensa lähetyksessä käyttää Suomessa DNA. Se tarjoaa myös teräväpiirtosisällön antennissa, mutta kanavien käyttöön saamiseksi täytyy olla käytössä DVB-T2 yhteensopiva digivastaanotin eli digiboksi. PlusTV:n teräväpiirtolähetyksien alkaminen ei ole vielä alkanut ja viimeisimmästä myöhästymisestä ilmoitettiin maaliskuussa 2013. Lähetyksen alkaessa ne käyttävät DVB-T2 standardia ja vaativat erillisen Plus TV digiboksin tai Viacces-salauksenpurkulukijan.



Kuva 11. kaikki kanavaniput antennitelevisiossa.

(<http://www.laatuantenni.fi/isannoitsija/index.php>)

Vaikka antenniverkossa on aloitettu ilmaiset HD-lähetykset jo keväällä 2012, on antenniverkon tarjonta vielä vaatimatonta verrattuna kaapeliin ja antenniin (KUVA 11). Kuva-tarkkuus teräväpiirtokanavissa vaihtelee 720p ja 1080i:n välillä.

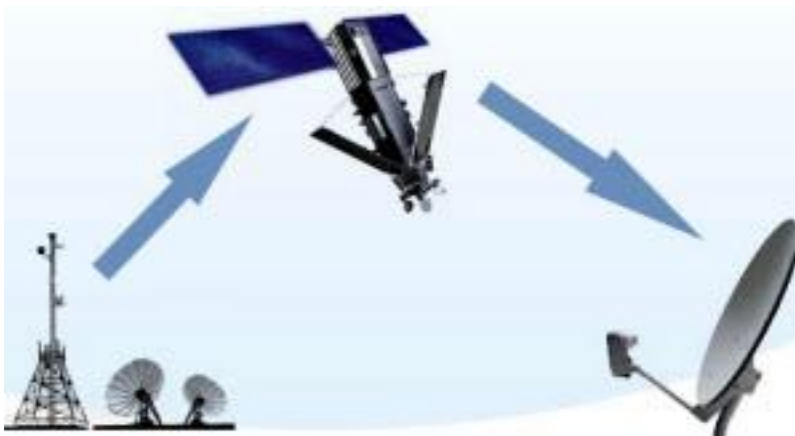
Siirtyminen kokonaan teräväpiirtolähetyksiin Suomessa on tapahtumassa tulevaisuudessa. Maksukanavien odotetaan siirtyvän kokonaan teräväpiirtolähetyksiin vuonna 2017 ja vuonna 2020 tehtävän väliaikatarkastelun jälkeen päätetään, milloin yleisradio siirtyy kokonaan teräväpiirtolähetyksiin. Tämän hetkinen arvio on vuosi 2026, mutta aikataulua voidaan nopeuttaa laitekannan nopeamman päivittymisen myötä.

(http://www.tietoviikko.fi/kaikki_uutiset/viestintaministeri+teravapiirtoaikaan+siirtyminen+vaatii+vielä+13+vuotta/a842452)

4 SATELLIITTIVERKON LÄHETYTEKNIIKAT

4.1 Satelliittitelevisio yleisesti

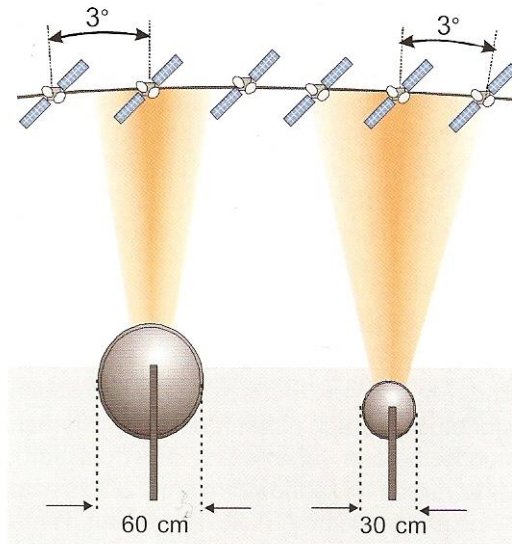
Suurimmalle osalle suomalaisista tv-ohjelmat jaetaan satelliittiverkon kautta. Tämä tapahtuu joko välillisesti käyttäen kaapeliverkkoa tai välittömästi suoraan lautasantenniin, joka on asennettu yleensä talon seinään. Myös katvealueet, joita antenniverkolla ei voida kattaa, saavat tv-ohjelmansa satelliittiverkon välityksellä. Satelliittioperaattoreiden käyttämät satelliittilähettimet lähettävät palvelut satelliitin toistimelle, josta ne suunnataan takaisin maahan vastaanottimille (KUVA 12). Suomalaisia tv-palveluita tarjoavat Thor- ja Sirius-satelliitit. Muita Suomessa kuuluvia satelliitteja on esimerkiksi Astra. Lähetyksissä käytetään ETSI:n standardeja DVB-S ja DVB-S2.



KUVA 12. Satelliitti vastaanotto (<http://dishtv.com/blog/2012/04/24/how-does-satellite-tv-work/>)

Tv-ohjelmia välittävät satelliitit on sijoitettu geosynkroniselle radalle. Tällä tarkoitetaan sitä, että ne sijaitsevat päiväntasaajan yläpuolella n.36 000km korkeudessa ja niiden kiertonopeus vastaa tarkasti maan pyörimisnopeutta. Satelliitti kiertää maan kerran vuorokaudessa ja pysyy kaiken aikaa maahan nähden paikallaan. Satelliitit välittävät tv- ja radio-ohjelmien lisäksi myös muita tietoliikennepalveluita, kuten internet- ja puhelinyhteyksiä. Antenniverkon tavoin myös satelliittiverkossa pyritään käytössä oleva taajuusalue käyttämään mahdollisimman tarkasti hyväksi, koska geosynkroniselle kiertoradalle mahtuu vain tietty määrä satelliitteja. Satelliitit on päädytty sijoittamaan 3 asteen välein radalle, jotta ne eivät häiritse toistensa lähetyskeiloja, eivätkä ne toisaalta olisi liian harvaan sijoiteltuina. Lautasantennin halkaisija vaikuttaa siihen, kuinka tarkasti lautanen voi

poimia taajuuksia. Suomessa lautasen koko täytyy olla vähintään 50cm halkaisijaltaan. Kuvassa 13 nähdään, kuinka pieni 30cm lautasantenni kuulee myös vierekkäisten satelliittien samalla taajuudella kuuluvat lähetykset. (Ikonen Ari, 2009, s.69.)



KUVA 13. 60cm ja 30cm lautasantennit (Ikonen Ari, 2009, s. 69)

4.2 DVB-S tekniikka yleisesti

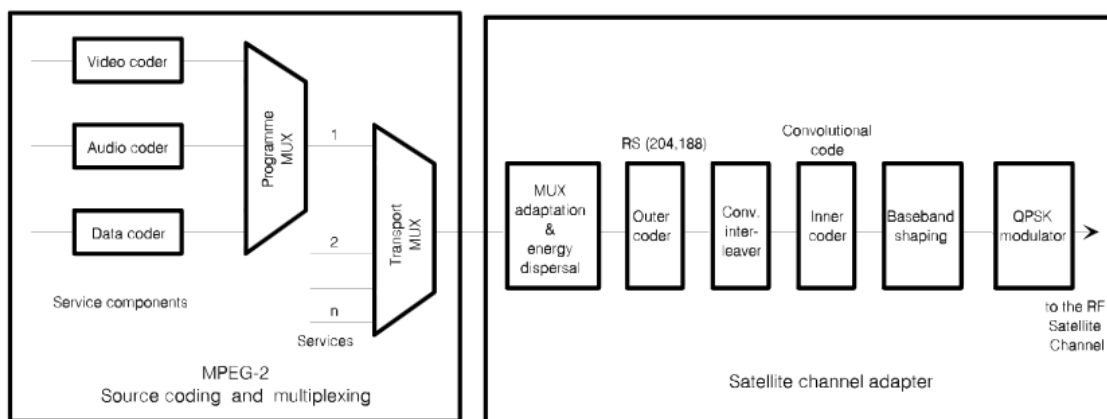
DVB-S hyväksyttiin ETSI:n toimesta vuonna 1993. Se on ensimmäinen DVB:n kehittämä digitaalinen tv-jakelutekniikka. Standardissa esitellään lähettimen tekninen kuvaus, käytettävät modulaatio- ja virheenkorjausmenetelmät sekä kehysrakenne. (EN 300 421 V1.1.2)

Satelliittien aurinkopaneelien saama teho on suuri, mutta koska nykyaikaisessa satelliitissa on useita kymmeniä toistinasemia, joudutaan teho jakamaan näille kaikille ja näin ollen yhden toistimen käytössä oleva teho on luokkaa 100-200wattia. Tämän takia teho lähettimessä joudutaan suuntaamaan tarkasti kohdealueelle peiliantennien avulla. Tietylle vastaanottoalueelle osuvan peiliantennin luoman keilan suuntateho (EIRP, Equivalent Isotropically Radiated Power) muodostuu lähettimen tehosta ja siihen kytketyn suuntaantennin yhteisvaikutuksesta. Jos lähetysantennin vahvistus on esimerkiksi 1000-kertainen (joka se yleensä onkin) ja satelliitin toistimen lähetysteho 100 wattia, niin suuntateho on tällöin 100 000 wattia eli 50 dBW. Pieni lähetysteho signaalin kulkemaan matkaan verrattuna tarkoittaa, että DVB-S standardissa virheenkorjaus on suuressa roolissa. DVB-

S käyttää DVB-T:n tavoin kaksikerroksista virheenkorjausta (Reed-Solomon ja konvoluutiokoodaus). Modulaatiomenetelminä käytetään joko QPSK-modulaatiota tai BPSK-modulaatiota. (Ikonen Ari, 2009, s.70 ja 219.)

4.3 DVB-S lähetin ja vastaanotin

Kuten DVB-T-järjestelmässä, DVB-S lähettimessä MPEG-2- bittivirta eli MUX-paketti on aina 188-tavua pitkä. Energianhajotus eli uudelleenjärjestely tehdään jokaiselle paketille erikseen, jonka jälkeen pakettiin lisätään lohkokoodausbitit aiemmin käsitellyn tekniikan mukaisesti. Ulkokoodaus ja sisäkoodaus ovat myös samat kuin DVB-T:ssä. Erona DVB-T järjestelmään on signaalin modulointi (KUVA 14). (EN 300 421 V1.1.2. pdf. s.8-13)



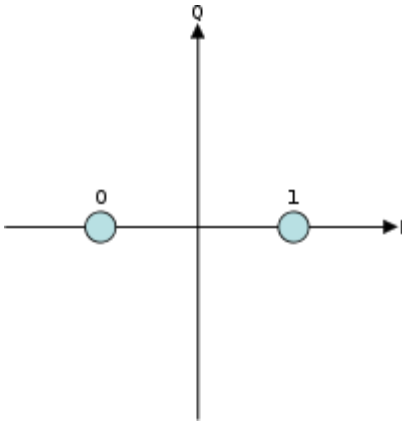
KUVA 14. EN 300 421 V1.1.2

4.4 DVB-S modulointi

DVB-S-lähetystekniikassa signaalitasot ovat matalia verrattuna muihin tv-lähetystekniikoihin. Tämä tarkoittaa, että monimutkaisia modulaatiotapoja ei voi käyttää ja tästä syystä DVB-S käyttääkin vain vaihemodulaatiota QAM-modulaation sijaan. (Ikonen Ari, 2009, s.190.)

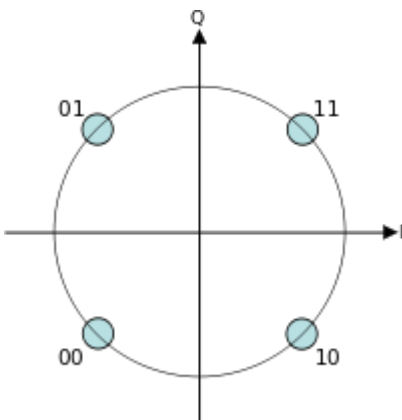
Yksinkertaisin vaihemodulaation taso on BPSK-modulointi (Binary Phase Shift Keying). Siinä yksi symboli muodostuu yhdestä bitistä. Tämä tarkoittaa myös sitä, että symbolinopeus on sama kuin bittinopeus. Yleensä BPSK-moduloinnissa vaiheen ollessa 0 astetta

tulkitaan data 0 bitiksi ja vaiheen kääntyessä 180 astetta bitti tulkitaan ykköseksi. Teoriassa asteet voivat olla mitä vain, kunhan ne eroavat toisistaan 180 astetta. BPSK-konstellaatio on hyvin yksinkertainen ja se on käytännössä samanlainen kuin 2-QAM-konstellaatio (KUVA 15). (http://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift_keying)



KUVA 15. BPSK-konstellaatio. http://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift_keying

Kehittyneempi versio vaihemodulaatiossa on QPSK-modulaatio, jossa symbolinopeus saadaan korkeammaksi kuin BPSK-modulaatiossa. QPSK-modulaatiossa yhdellä symbolilla voidaan lähettää kaksi bittiä: 00, 01, 11 ja 10 käyttäen 90 asteen vaihekulman muutoksia hyväksi. QPSK konstellaatio on samanlainen, kuin 4-QAM-konstellaatio (KUVA 16). Kahdesta vaihtoehdosta DVB-S-jakelussa QPSK on useammin käytetty menetelmä, koska siinä bittinopeus on teoriassa tuplasti suurempi, kuin BPSK:ssa. (Ikonen Ari, 2009, s.190.)



KUVA 16. QPSK-konstellaatio. (http://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift_keying)

4.5 DVB-S2 tekniikka yleisesti

ETSI-standardi DVB-S2 julkaistiin vuonna 2005. Se kehitettiin lisäämään joustavuutta satelliittilähetyksiin ja lisäksi palvelemaan myös muuta satelliittien kautta tapahtuvaa dataliikennettä. Huomattavaa lähetysten kannalta on se, että samat satelliitit pystyvät toistamaan samaan aikaan DVB-S ja DVB-S2-lähetystekniikan mukaisia lähetyksiä. DVB-S2 tarjoaa neljä erilaista modulaatiovaihtoehtoa DVB-S:n kahden sijaan ja koska modulaatiomenetelmät ovat monimutkaisempia, on DVB-S2 järjestelmissä käytössä myös niihin paremmin soveltuvat virheenkorjaustekniikat. (DVB-S2 - 2nd Generation Satellite Broadcasting, fact sheet, pdf. s. 1-2)

Kehittyneemmillä modulaatiomenetelmillä saavutetaan n. 30 prosentin kapasiteetinlisäys. Näin ollen DVB-S2 soveltuu paremmin teräväpiirtolähetyksiin. Toisaalta lisääntynyt kapasiteetti voidaan hyödyntää myös SD-ohjelmien lähetyksessä, jolloin vanhemman järjestelmän tarjoama siirtokapasiteetti saavutetaan heikommassa vastaanotto-olosuhteissa. Saman siirtokapasiteetin aikaansaamiseksi DVB-S2 toimii tällöin 2,5dB heikommalla signaalilla. Yleensä SD-ohjelmat lähetetään käyttäen DVB-S tekniikkaa ja HD-ohjelmat DVB-S2-tekniikalla. (Ikonen Ari, 2009, s.220.)

4.6 DVB-S2 modulointi

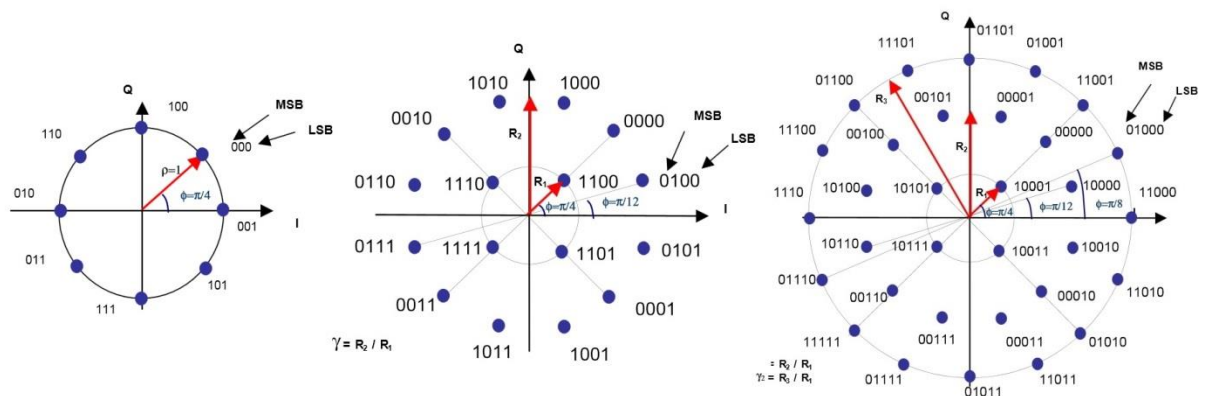
DVB-S2 tarjoaa neljä eri modulaatiovaihtoehtoa. QPSK on sama modulaatio, jota DVB-S käyttää ja toisena vaihemodulaationa käytetään joskus 8PSK-modulaatiota (Phase Shift Keying). Monimutkaisemmissa menetelmissä moduloidaan vaiheen lisäksi amplitudia, mutta QAM-vaihtoehdon sijaan käytetäänkin 16- tai 32-APSK-modulaatioita (Amplitude Phase Shift Keying).

8PSK kuuluu samaan ryhmään BPSK- ja QPSK-modulaatioiden kanssa, sillä siinä moduloidaan vakioamplitudisen signaalin vaihetta. Nimensä mukaisesti signaali voi saada kahdeksan eri arvoa, eli se pystyy esittämään kolmen bitin sarjan 000-111 välillä (KUVA 17). (<http://fi.wikipedia.org/wiki/PSK>)

APSK-modulaatiossa on kyse tehokkaammasta spektrin käytöstä. Vaiheen lisäksi moduloidaan amplitudia, jolloin yhden symbolin bittimäärä nousee neljään (16APSK) tai

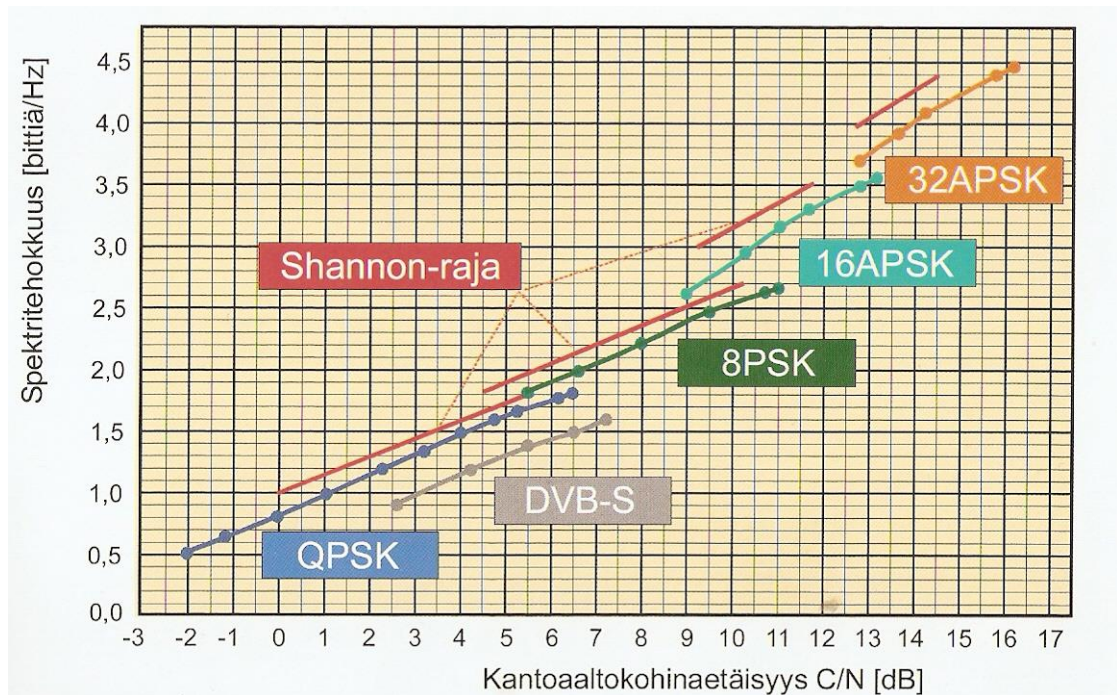
viiteen (32APSK). Ero QAM-moduloinnin ja APSK-moduloinnin välillä on se, että APSK-moduloinnissa amplitudi voi saada vähemmän eri arvoja, kuin QAM-moduloinnissa ja näin ollen sopii paremmin heikkotasoiisiin signaaleihin. 16QAM-konstellaatio on siis erilainen kuin 16APSK-konstellaatio (KUVA 17). (DVB-S2 — ready for lift off. pdf. s.2)

QPSK ja 8PSK ovat yleensä käytössä tavallisessa lähetystoiminnassa, koska verhokäyrät pysyvät vakiomuotoisina ja ovat näin ollen luettavissa ei-linearisilla vastaanottimilla. Niitä käytetään SD- ja HD-lähetyksissä. APSK-modulaatioita käytetään enemmän ammattilaissovelluksissa, mutta niitä voidaan hyödyntää myös tavallisessa lähetystoiminnassa. APSK-moodit mahdollistavat sellaisenkin signaalin ilmaisun vastaanottimessa, jossa kohina on suurempaa kuin itse signaali (C/N alle 0dB). (DVB-S2 — ready for lift off. pdf. s.2) ja (Ikonen Ari, 2009, s.221)



KUVA 17. 8PSK-, 16APSK- ja 32APSK-konstellaatiot. (EN 302 307 V1.2.1. pdf. s.27-28 (muokattu).

Täysin ideaalisella järjestelmällä pystyttäisiin saavuttamaan kuvaan 18 merkitty teoreettinen maksimi eli shannon-raja. DVB-S2:n suorituskyky on hyvin lähellä tätä rajaa. Modulaatioihin on yhdistetty kuvassa lukuisten vertailujen ja laskelmien jälkeen parhaat mahdolliset virhesuojausmekanismit. Harmaalla värillä kuvattu DVB-S jää huomattavasti kauemmas tästä rajasta. (Ikonen Ari, 2009, s.221)



KUVA 18. Spektritehokkuudet kantaaltokohinaetäisyyden funktiona (Ikonen Ari, 2009, s.221)

4.7 DVB-S2 virheenkorjaus

Alun perin LDPC + BCH virhesuojaus otettiin käyttöön DVB-S2-tekniikassa. Sen jälkeen se on otettu käyttöön myös DVB-T2- ja C2-tekniikoissa. Kuten sanottua, virhesuojaus on hyvin tärkeä osa satelliittilähetyksissä ja tämän takia DVB-S2 tarjoaakin peräti 11 eri FEC-virheenkorjaustasoa, joten palveluntarjoajat voivat muodostaa kulloinkin tarvittaviin lähetysolosuhteisiin sopivan yhdistelmän.

TAULUKKO 3. DVB-S ja DVB-S2 erot. (DVB-S2 - 2nd Generation Satellite Broadcasting, fact sheet, pdf. s. 2)

Satellite EIRP (dBW)	51		53.7	
System	DVB-S	DVB-S2	DVB-S	DVB-S2
Modulation & Coding	QPSK 2/3	QPSK 3/4	QPSK 7/8	8PSK 2/3
Symbol Rate (Mbaud)	27.5 ($\alpha = 0.35$)	30.9 ($\alpha = 0.2$)	27.5 ($\alpha = 0.35$)	29.7 ($\alpha = 0.25$)
C/N (in 27.5MHz) (dB)	5.1	5.1	7.8	7.8
Useful Bitrate (Mbit/s)	33.8	46 (gain = 36%)	44.4	58.8 (gain = 32%)
Number of SDTV Programmes	7 MPEG-2 15 AVC	10 MPEG-2 21 AVC	10 MPEG-2 20 AVC	13 MPEG-2 26 AVC
Number of HDTV Programmes	1-2 MPEG-2 3-4 AVC	2 MPEG-2 5 AVC	2 MPEG-2 5 AVC	3 MPEG-2 6 AVC

4.8 Satelliittitelevisio Suomessa

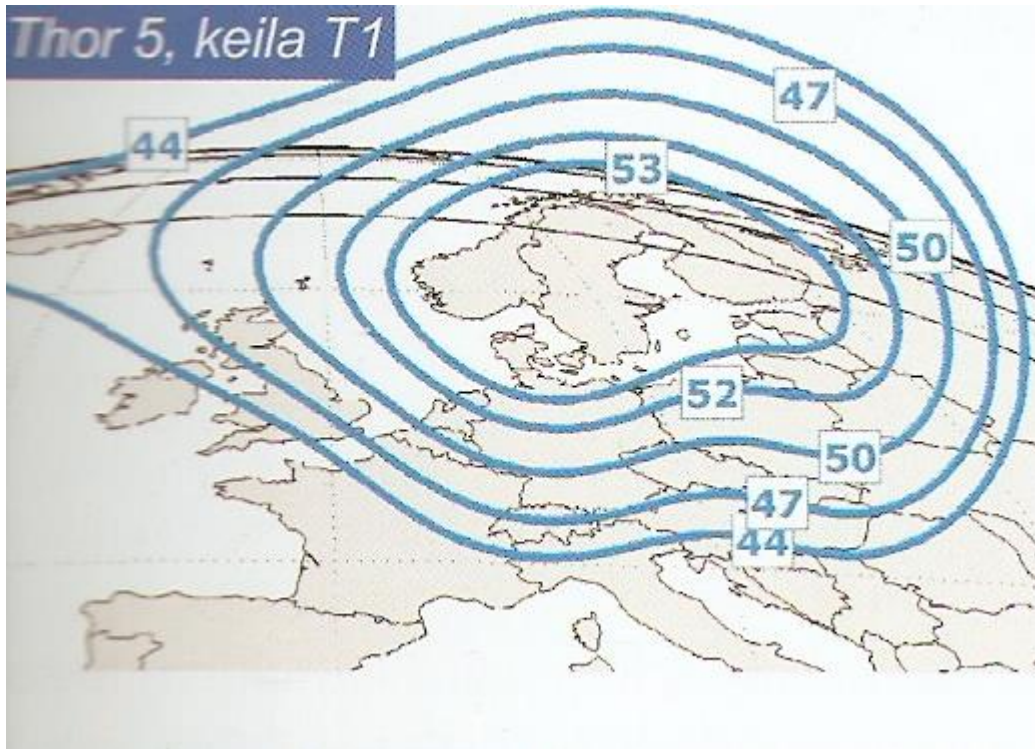
Satelliittilautaset suunnataan Suomessa etelään eli päiväntasaajan suuntaan, jossa satelliitit sijaitsevat. Korotuskulma on n. 22 astetta. Norjalainen Telenor hallinnoi Thor 5 ja 6 satelliitteja ja Suomessa sen operaattori Canal Digital tarjoaa satelliittipaketteja yksityisille kotitalouksille. Viasatin kanavatarjontaa pääsee Suomessa katsomaan suuntaamalla lautasensa Sirius 4-satelliittiin. Siriuksen omistaa sama Astra-yhtiö, joka omistaa muitakin satelliitteja, jotka kuuluvat Suomessa. Suomalaisiin ns. peruskanaviin pääsee kuitenkin vain käsiksi joko Canal Digitalin tai Viasatin kanavakortin omistamalla. SopimuskauDET satelliittipalveluissa ovat yleensä 24 kuukauden mittaisia.

Satelliittitelevisiolla on huomattavia etuja verrattuna antenni- ja kaapelitekniikoihin. Satelliittitelevision kanavatarjonta on moninkertainen kaapelitelevision verrattuna ja suuremman kapasiteetin ansiosta myös kuva on yleensä parempilaatuista. Huomattavaa teräväpiirtolähetyksissä Suomessa on se, että kuvatarkkuus on ns. Full HD-tasoista (1080i) ainoastaan satelliittien kautta, kun se taas antenni ja kaapeliverkoissa on yleensä ns. HD Ready eli tarkkuudeltaan 720p. Tästä juontaakin juurensa Canal Digitalin mainoslause ”Se aito HD”. Viasat ja Canal Digital ovat myös ainoat operaattorit Suomessa, joiden kanavatarjontaan kuuluu 3D-kanavia.

4.9 Esimerkkinä Thor 5 ja Canal Digital

Canal Digitalin Thor 5 ja 6 satelliittien lähetystaajuudet ovat välillä 10,70 GHz - 12,50GHz. Taajuudet on jaettu alempaan FSS-taajuusalueeseen (10,7-11,7 GHz) ja ylemmään BSS-alueeseen. FSS (Fixed Satellite Services) on alun perin otettu käyttöön yleisradio-ohjelmien kansainväliseen ohjelmansiirtoon. BSS (Broadcast Satellite Services) käytetään varsinaiseen suorajakeluun kuluttajille. BSS-kaistalle mahtuu 40 kappaletta 33 MHz levyistä toistinta. Kaistalla lähetetään noin kaksisataa HD-ohjelmaa. Multipleksejä on yli 100. (Ikonen Ari, 2009, s.75)

Thor 5 satelliitti sijaitsee rata-asemassa 1°W ja siinä on 24 aktiivista transponderia. Lähetyскеiloja on kolme kappaletta, joista kaksi on suunnattu pohjoismaihin. Kuvassa 19 on Thor 5:n keila T1. Lähetysteho on 150 wattia ja EIRP on Suomessa n. 53 dBW. (Ikonen Ari, 2009, s.75)



KUVA 19. Thor 5, keila T1 ja EIRP-arvot. (Ikonen Ari, 2009, s.77)

Osa Canal Digitalin lähetyksistä on salattu conax-menetelmällä ja osa on vapaassa katselussa. Thor 5 tukee DVB-S2-lähetyksiä ja sitä hyödynnetäänkin HD-lähetyksissä. DVB-S2 käyttää 8PSK-modulaatiota. Symbolinopeus S2-lähetyksissä on 30000 symbolia sekunnissa ja FEC-virheenkorjausta käytetään tasolla $3/4$. Tiedonsiirtonopeus on tällöin jopa 66.8Mbit/s. (<http://fi.kingofsat.net/sat-thor5.php>)

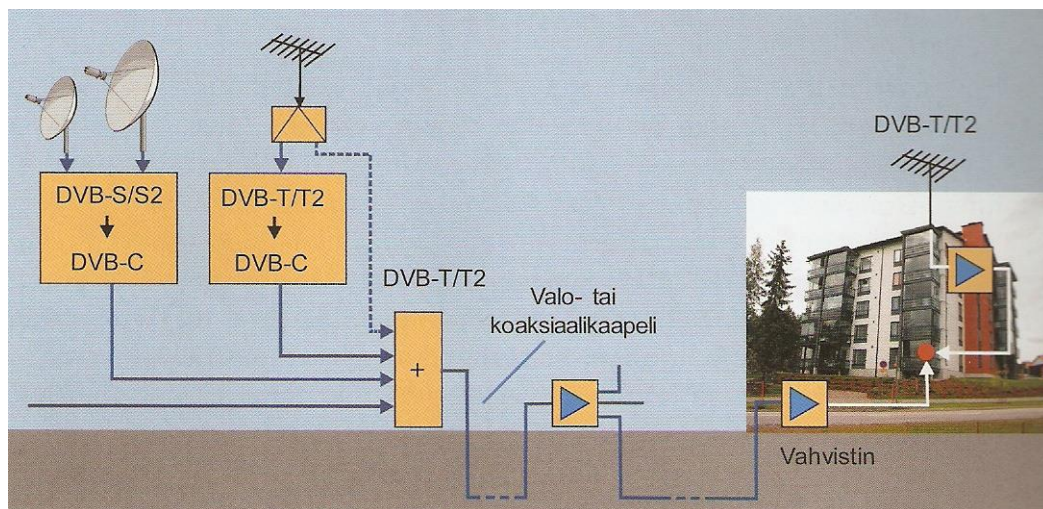
SD-lähetykset lähetetään DVB-S-tekniikalla. Tällöin käytetään QPSK-modulaatiota. Symbolinopeus 28 000 symbolia sekunnissa ja FEC on tasolla $7/8$ jolloin tiedonsiirtonopeus on 45.2Mbit/s. (<http://fi.kingofsat.net/sat-thor5.php>)

5 KAAPELIVERKON LÄHETYTEKNIIKAT

5.1 Kaapelitelevisio yleisesti

Maan alle rakennetut tietoliikenneyhteydet kaupungeissa tukevat yleensä suoraan kaapelitelevisiota. Kaapelioperaattorit vastaanottavat lähetyksensä ensin maanpäällisestä antenniverkosta ja useista satelliittiverkoista. Sen jälkeen lähetyksesi muutetaan kaapelitelevisio lähetykseksi ja jaetaan suoraan kuluttajille valo- tai koaksiaalikaapelia käyttäen kuvan 20 mukaisesti. Tätä kutsutaan suuryhteisantenniverkoksi. Ensimmäiset maksulliset tv-ohjelmat välitettiin Suomessa kaapeliverkossa. Kaapelitelevisio lähetyksissä käytetään Suomessa DVB-C-lähetystekniikkaa. Toisen sukupolven DVB-C2-lähetystekniikan käyttöönotosta Suomessa ei vielä ole tehty aikataulua.

(<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kaapelitelevisio>)



KUVA 20. Vastaanottomenetelmät taloyhtiöissä antenni- ja kaapeliverkkojen osalta. (Ikonen, A, K. 2009. Teräväpiirtotelevisio. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy s.62.)

Kaapeli-tv-verkolla on teknisiä etuja verrattuna antenni- ja satelliittijakeluun. Kaapelissa voidaan käyttää taajuuskaistoja, joita ilmateitse tapahtuvassa lähetyksessä käytetään aivan muihin kuin tv-palveluihin. Suojattu siirtoyhteys kaapelissa mahdollistaa monimutkaisempien modulaatiomenetelmien käytön ja suuremman signaalitason. Kaapeliverkon tarvitsee kattaa vain tiettyjä alueita toisin kuin antenniverkon. Tämän takia koko siirtokapasiteetti voidaan keskittää tietyn alueen käyttöön. Kaapeliverkot ovat topologioiltaan joko rengasmaisia tai tähtimäisiä. (Ikonen Ari, 2009, s.61-62.)

5.2 DVB-C tekniikka

DVB-C-standardi julkaistiin vuonna 1994 ETSI:n toimesta (EN 300 429). Verrattuna DVB-T-standardiin se on huomattavasti lyhyempi pituudeltaan, koska mm. virheenkorjaus on yksinkertainen ja COFDM-modulointia ei tarvita.

(EN 300 429 V1.2.1, pdf, s.5)

DVB-C tukee 16-QAM, 32-QAM 64-QAM, 128-QAM ja 256-QAM-modulaatiomenetelmiä. Tosin 128-QAM ja 256-QAM-menetelmät lisättiin standardiin vasta jälkeempään vuonna 1998. (EN 300 429 V1.2.1, pdf, s.5)

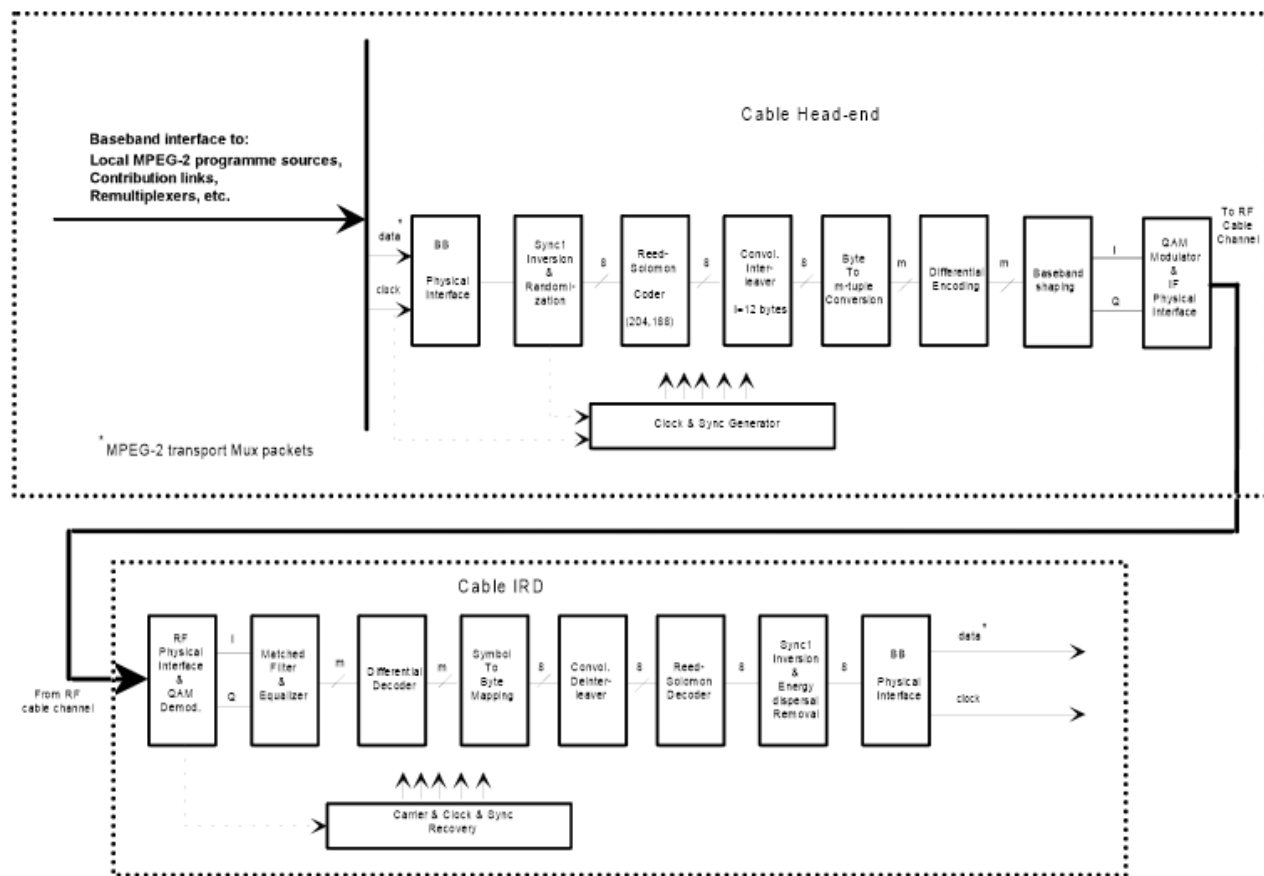
Hyvin suojatun kaapelin ansiosta Reed-Solomon-lohkokoodausmenetelmä on ainoa virheenkorjausmenetelmä DVB-C-järjestelmissä. Kaistanleveys on joko 7MHz tai 8MHz. 8MHz kanavanleveydellä ja 16-QAM-modulaatiomenetelmällä bittinopeus kaapeliverkossa on 25,4Mbit/s ja 256-QAM-menetelmällä vastaavasti 50,8Mbit/s (KUVA 21). Symbolinopeuden ollessa molemmissa tapauksissa 6900 symbolia/s. (Ikonen Ari, 2009, 215-216)

DVB-T-lähetystekniikassa käytetyt suojavälit (Guard interval) ja pilot-kantoaallot voidaan jättää pois ja tiedonsiirtonopeutta voidaan näin kasvattaa reilusti. Yksinkertaisimmalla 16-QAM modulaatiomenetelmälläkin bittinopeus on suurempi kuin Suomessa antenniverkossa (22.21Mbit/s ja 25,4Mbit/s). Kaapeliverkot tarjoavat antenniverkkoon verrattuna suuren määrän multipleksejä (yleensä yli 20kpl).

Modulaatio	Bittiä/symboli	Bittinopeus [megabittiä/s]	C/N [dB]
16-QAM	4	25,4	19
32-QAM	5	31,8	22
64-QAM	6	38,1	25
128-QAM	7	44,5	28
256-QAM	8	50,8	31

KUVA 21. Bittinopeudet DVB-C:ssä (Ikonen Ari, 2009, s.216)

5.3 DVB-C lähetin ja vastaanotin



KUVA 22. DVB-C järjestelmän lohkokaavio (EN 300 429 V1.2.1, pdf, s.7)

Kuva 22 havainnollistaa lohkokaaaviolla DVB-C-lähetysjärjestelmän toimintaperiaatetta. Toimintaperiaate on hyvin samankaltainen DVB-T ja DVB-S lähettimien kanssa. MPEG-2-bittivirta (data) saapuu kantataajuuden fyysiselle rajapinnalle kellosignaalin kanssa. Sen jälkeen sen energia hajotetaan ja bittivirrasta muodostetaan 188-bittisiä paketteja, kuten DVB-T:ssä. Tässäkin tapauksessa paketissa on 1 synkronisointi bitti ja 187-bittiä dataa. (EN 300 429 V1.2.1, pdf, s.8-9)

Reed-Solomon-virheenkorjaus lisää pakettiin korjausbittejä, jolloin sen kokonaispituus on 204 bittiä. Paketit lomitellaan oikeaan järjestykseen ja niiden välissä on edelleen aiemmin lisätty 1 synkronisointi bitti.

Seuraavaa lohko (Byte to m-tuple conversion) muodostaa bittivirrasta QAM-symboleja. Jos esimerkiksi käytössä on 256-QAM-modulaatio, niin bittivirta pilkotaan 8 bitin osiin ja muodostetaan jokaisesta pilkotusta osasta yksi symboli. Seuraavaa lohkoa (Differential

encoding) hyödynnetään vain, jos halutaan käyttää kierrettyä rotaatiota QAM-konstellaatiossa. (EN 300 429 V1.2.1, pdf, s.8)

Lopuksi kantataajuus muokataan I ja Q signaaleiksi (Baseband shaping) ja se QAM-moduloidaan radiosignaaliksi kaapelikanavalle. Datan saavuttua perille suoritetaan samat toimenpiteet käännetyssä järjestyksessä (EN 300 429 V1.2.1, pdf, s.8)

5.4 DVB-C2 lähetystekniikka

Uusimpana ns. toisen sukupolven standardeista julkistettiin DVB-C2 vuonna 2010. Se hyödyntää uusimpia modulaatiomenetelmiä ja koodaustekniikoita. Lisätyn kapasiteetin ansiosta se mahdollistaa video-on-demand (VOD) palveluita ja tietysti teräväpiirron. DVB-projektin mukaan pidemmällä aikavälillä voidaan DVB-C-lähetystekniikat muuttaa DVB-C2-tekniikoiksi. DVB-C2 ei ole vielä käytössä missään, mutta koelähetyksiä tehtiin vuonna 2012. DVB-projekti myöntääkin, että DVB-C tulee olemaan vielä pitkään käytössä, koska laitekantoja ei voi päivittää nopeammin. (DVB-C2 - 2nd Generation Cable Transmission, pdf, s.1)

Uusi standardi tarvittiin, koska osassa maissa on vielä käytössä digitaalisten lähetysten lisäksi analogisia lähetyksiä, jotka vievät paljon tilaa kaapeliverkossa. Osassa maissa kaapeliverkot ovatkin täydessä käytössä. Myös operaattorit tarvitsevat lisää joustavuutta pitääkseen tuotteensa kilpailukykyisinä. Kaapeliverkko on pidettävä myös mukana kehityksessä, sillä DVB-T2 ja DVB-S2 standardit ovat olleet käytössä jo pitkään. (DVB-C2 - 2nd Generation Cable Transmission, pdf, s.1)

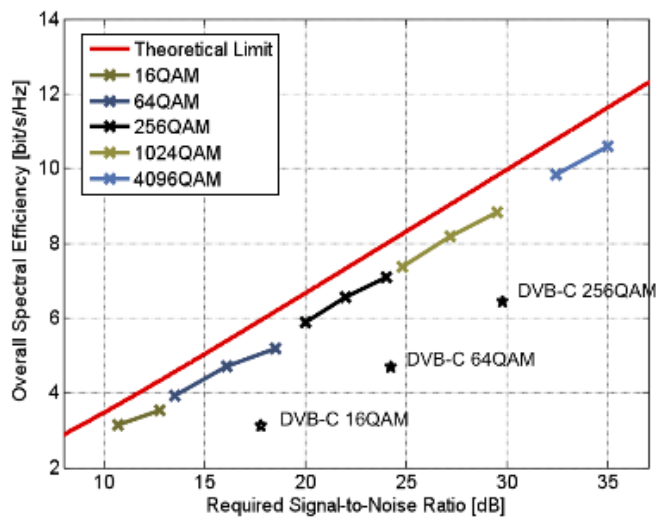
5.5 DVB-C2 tekniikka

DVB-C2 kehitystyön alkaessa sen haluttiin kasvattavan kapasiteettia vähintään 30 prosentilla ja samalla parantavan virhekoodausta. Kehitystyössä käytettiinkin muita jo olemassa olevia DVB-perheen tuotteiden ominaisuuksia. DVB-C2 käyttää mm. COFDM-modulaatiota ja LDPC + BCH virheenkorjausta kuten T2 ja S2-järjestelmissä. (DVB-C2 - 2nd Generation Cable Transmission, pdf, s.1)

TALUKKO 4. DVB-C ja C2 erot (DVB-C2 - 2nd Generation Cable Transmission, pdf, s.1)

	DVB-C	DVB-C2
Input Interface	Single Transport Stream (TS)	Multiple Transport Stream and Generic Stream Encapsulation (GSE)
Modes	Constant Coding & Modulation	Variable Coding & Modulation and Adaptive Coding & Modulation
FEC	Reed Solomon (RS)	LDPC + BCH
Interleaving	Bit-Interleaving	Bit- Time- and Frequency-Interleaving
Modulation	Single Carrier QAM	COFDM
Pilots	Not Applicable	Scattered and Continual Pilots
Guard Interval	Not Applicable	1/64 or 1/128
Modulation Schemes	16- to 256-QAM	16- to 4096-QAM

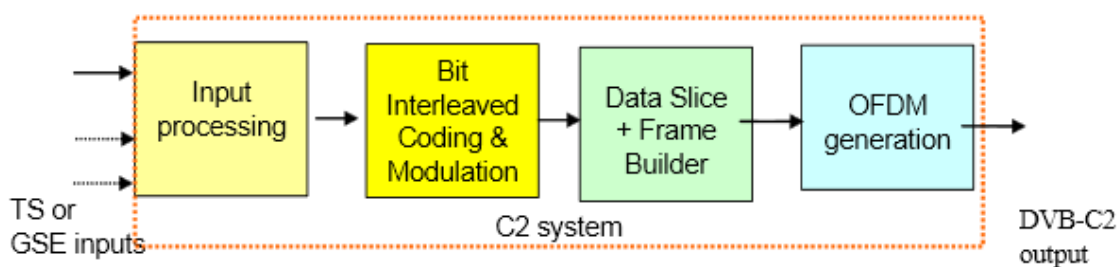
Haluttu 30 prosentin parannus kapasiteettiin saavutetaan pääasiassa siirtymisellä käyttämään tehokkaampia modulaatiomenetelmiä. Pilot-aallot ja suojavälit otetaan myös käyttöön. DVB-C2 tarjoaa mahdollisuuden käyttää 1024-QAM ja 4096-QAM-modulaatioita. 4096-QAM-modulaatiota käytettäessä C/N kantoaaltokohinaetäisyys vaatimus kasvaa 6dB. Kuvasta 23 nähdään, että paremman virhekorjauksen ansiosta C/N luku on huomattavasti pienempi kuin DVB-C:ssä, kun verrataan samoja modulaatiomenetelmiä keskenään. (DVB-C2 - 2nd Generation Cable Transmission, pdf, s.2 ja Ikonen Ari, 2009, s.216)



KUVA 23. C/N erot (DVB-C2 - 2nd Generation Cable Transmission, pdf, s.2)

5.6 DVB-C2 lähetin ja vastaanotin

DVB-C2 lähettimen lohkokaaviossa yhdistyvät DVB-C:n lähetin ja DVB-T2 ja S2-järjestelmien monimutkaisempi virheenkorjaus ja OFDM-lohkot. Datan käsittely tapahtuu samassa järjestyksessä: Bittivirta (TS-virta) pilkkotaan paketeiksi, virheenkorjauksella käsitellään paketteja, paketeista muodostetaan QAM-symboleja ja lopuksi data lähetetään käyttäen useita kantaaltoja kaapelikanavalle. Vastaanottimessa suoritetaan samat toimenpiteet käännetyssä järjestyksessä. (EN 302 769 V1.2.1. pdf. s.16-21)



KUVA 24. DVB-C2 lähetin. (EN 302 769 V1.2.1. pdf. s.16)

5.7 Kaapelitelevisio Suomessa

Suomessa kaapeli-tv voi teoriassa käyttää kokonaan UHF ja VHF-taajuusalueet. Käytännössä käytetään kuitenkin vain VHF-taajuusalueita ja UHF-alkupään taajuuksia, sillä korkeammilla UHF-taajuuksilla kaapelivaimennus kasvaa suuremmaksi. Suomessa siirtokapasiteetin puutetta ei siis ole, toisin kuin muualla maailmassa. (Ikonen Ari, 2009. s. 62)

Suurin osa suomalaisista talouksista on kytketty kaapeliverkkoon. Suurimpia operaattoreita ovat DNA Welho, Sonera ja Elisa. Liittymismaksu ja kuukausimaksu peritään kaapeliin liittyneiltä talouksilta ja taloyhtiöiltä ja niitä vastaan saa käyttöönsä ns. peruskanavat, joista operaattori ei erikseen laskuta. Teräväpiirtokanavista tällä hetkellä mm. YLE HD ja Nelonen HD kanavat kuuluvat peruskanaviin.

Kaapeli-tv kanavien vastaanottamiseen tarvitaan Cable-ready-hyväksytty digiviritin ja maksullisten kanavien katseluun operaattorin tv-kortti ja Suomessa Conax-järjestelmän mukainen kortinlukija. Kuvatarkkuus kaapelitelevisioiden HD-lähetyksissä vaihtelee 720p

ja 1080i välillä. Teräväpiirron vastaanottamiseen täytyy digisovittimella lisäksi olla valmius teräväpiirron vastaanottamiseen. Tämä tuki tuodaan ilmi erillisellä Cable HD-ready logolla sovittimessa (KUVA 25).



KUVA 25. Cable Ready HD -logo

DVB-C2-tekniikan käyttöönotosta Suomessa ei ole tehty aikataulua. Mahdollisesta aikataulusta arvailua on kuitenkin lisää pohdintaosiossa.

5.8 Esimerkkinä kaapelitelevisio Tampereella

Suurimpana operaattorina Tampereella kanavia tarjoaa Tampereen tietoverkko (TTV), joka tarjoaa Elisan kaapelitelevisiokanavat. Esimerkiksi TTV tarjoaa Tampereella 188 kanavaa, joista HD-kanavia on n. 30. Kaikki HD-kanavat lähetetään Tampereella UHF-taajuuksilla parempien lähetysolosuhteiden takia. TTV lähettää kanavat 25 multipleksissä ja esimerkiksi HD-kanavia mahtuu maksimissaan 5 kappaletta yhteen MUX:iin. vastavasti SD kanavia on yleensä 8 kappaletta. TTV käyttää ainoastaan n. 300MHz taajuuskaistaa lähetyksissään (122MHz-418MHz). TTV:n muina parametreina käytetään symbolinopeutta 6900ks/s ja QAM-256-modulaatiota. Kaistanleveys on 8MHz.

(<http://www.ttv.fi/verkkoparametrit.htm>)

Ainoastaan kahta suurinta taajuutta (410MHz ja 418MHz) moduloidaan 128-QAM-modulaatiolla. Kanavanipuissa lähetetään ns. peruskanavat ja näihin myös saadaan mahdollista 11 SD-kanavaa.

(<http://www.ttv.fi/verkkoparametrit.htm>)

Kaapelitelevisio ei tarjoa vielä virallisia 3D-kanavia, mutta esimerkiksi CMORE-FIRST HD –kanava lähettää osan ohjelmasta 3D:nä.

6 POHDINTA

Tällä hetkellä antenniverkon tilanne on mielestäni sekava. Kuluttajan on huolehdittava oikean antennityypin valinnasta (UHF vai VHF vai ne molemmat), oikean digivirittimen hankinnasta (T vai T2). Mikäli maksukanavat kiinnostavat on kuluttajan myös päätettävä kahden operaattorin välillä (Plus TV ja DNA), joilla molemmilla on omia yksinoikeuskanavia. Ja vielä kaiken lisäksi nämä kaksi operaattoria käyttävät eri digibokseja ja eri salausversioita (Conax-/Viaccess-salausta). Puhumattakaan esimerkiksi Plus TV:n eri värisistä ja eri tarkoituksiin tarkoitettuista kanavakorteista (musta/valkoinen). Kyseessä on hankala tilanne, jota onneksi auttaa DVB-projektin viisas päätös DVB-T2:n alaspäin soveltuvuudesta myös SD-lähetyksiin.

Satelliittitelevisio on tarkoitettu niille, jotka eivät halua tinkiä kuvanlaadusta ja kanavatarjonnasta. Moninkertainen multipleksien määrä mahdollistaa Full HD-materiaalin ja 3D-materiaalin katsomisen ainoana vaihtoehtona Suomessa. Positiivista satelliittiteleviiossa on myös se että, DVB-S2-standardi vanhimpana toisen sukupolven tekniikoista on jo ollut käytössä pitkään ja laitekanta on jo pitkään tukenut DVB-S2-lähetyksiä.

Kaapelitelevision puolella tulevaisuudessa siirrytään luultavasti käyttämään DVB-C2-lähetystekniikkaa. Vuoteen 2017 mennessä maksukanavien siirtyessä kokonaan HD-kanaviksi on operaattoreiden joko otettava lisää heikompiteosoisia taajuusalueita käyttöönsä tai lähetettävä osa teräväpiirtokanavista DVB-C2-tekniikalla. 3D-lähetykset alkavat loogisesti seuraavaksi kaapeliverkossa satelliittiverkon ne jo aloitettua ja nämä lisäkanavat vaativat myös kaistan lisäksi suurta tiedonsiirtonopeutta, joka olisi helpoiten saavutettavissa monimutkaisemmilla modulaatiomenetelmillä, joita C2 tarjoaa.

Työssäni DVB-lähetystekniikoiden muuttuminen on otettava huomioon joka päivä. Pohjoismaiden suurimman elektroniikkajälleenmyyjän vastuulla on tarjota kuluttajille ajan tasalla olevat päätelaitteet ja myös tarvittaessa tietoa tekniikan muuttumisesta, jota kuluttaja voi varautua tulevaisuuden muutoksiin riittävän aikaisin. Insinööritutkintoni loppu työ toimii myös tiivistettynä pakettina Suomen tv-palveluiden tämänhetkisestä tilasta ja muutoksista tulevaisuudessa. Työ toimii ohjeena myyjille Gigantti-ketjussa.

LÄHTEET

Ikonen Ari, K. 2009. Teräväpiirtotelevisio. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

DVB-T- Digital Terrestrial Television. DVB-Project. Luettu 31.1.2013

http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T_Factsheet.pdf

DVB Finland, DVB Project. Luettu 31.1.2013

http://www.dvb.org/about_dvb/dvb_worldwide/finland/

EN 300 744 V1.6.1- Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television. Luettu 26.2.2013.

<http://www.etsi.org/deli->

[ver/etsi_en/300700_300799/300744/01.06.01_60/en_300744v010601p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300700_300799/300744/01.06.01_60/en_300744v010601p.pdf)

ETSI- The European Telecommunications Standards Institute. Luettu 13.3.2013

<http://www.etsi.org/about>

TR 101 190 V1.3.2 Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects. Luettu 26.2.2013

<http://www.etsi.org/deli->

[ver/etsi_tr/101100_101199/101190/01.03.02_60/tr_101190v010302p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101100_101199/101190/01.03.02_60/tr_101190v010302p.pdf)

József Biró, Endre Borbély. DVB-T OFDM modulation system. Luettu 31.1.2013

<http://conf.uni-obuda.hu/sisy2004/borbely.pdf>

QPSK- modulation. EE4253 Digital Communications. luettu 31.1.2013

<http://www.ee.unb.ca/tervo/ee4253/qpsk.shtml>

DVB-T2 - 2nd Generation Terrestrial Broadcasting. DVB-Project. Luettu 1.2.2013

http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T2_Factsheet.pdf

Valtakunnalliseen tv-toimintaan varatut taajuudet. Viestinävirasto. Luettu 3.2.2013

<http://www.ficora.fi/index/palvelut/palvelutaiheittain/tvjaradiotoiminta/paikallisradio-luettelo/radiomikrofonintaajuudenvaivalinta.html>

DVB-T Wikipedia. Luettu 26.2.2013

<http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T>

EN 300 429 V1.2.1. Framing structure, channel coding and modulation for cable systems. Pdf-tiedosto. Luettu 28.2.2013.

<http://www.etsi.org/deli->

[ver/etsi_en/300400_300499/300429/01.02.01_60/en_300429v010201p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300400_300499/300429/01.02.01_60/en_300429v010201p.pdf)

DVB-C2 - 2nd Generation Cable Transmission. DVB-Project. Fact sheets. pdf. Luettu 1.3.2013. http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-C2_Factsheet.pdf

EN 302 769 V1.2.1. DVB-Project. pdf. Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital transmission system for cable systems (DVB-C2). pdf.

Luettu 3.1.2013.

<http://www.etsi.org/deli->

[ver/etsi_en/302700_302799/302769/01.02.01_60/en_302769v010201p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302700_302799/302769/01.02.01_60/en_302769v010201p.pdf)

EN 300 421 V1.1.2. Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services. pdf. Luettu 13.3.2013. <http://www.etsi.org/deli->

[ver/etsi_en/300400_300499/300421/01.01.02_60/en_300421v010102p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300400_300499/300421/01.01.02_60/en_300421v010102p.pdf)

Phase-Shift Keying. Wikipedia. Luettu 19.3.2013.

http://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift_keying

DVB-S2 - 2nd Generation Satellite Broadcasting, DVB-Project, pdf. Luettu 22.3.2013

http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-S2_Factsheet.pdf

EN 302 307 V1.2.1. Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2). pdf. Luettu 24.3.2013.

DVB-S2 — ready for lift off. pdf. Luettu 24.3.2013

http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev_300-morello.pdf

Thor 5-satellite. Luettu 25.3.2013.
<http://fi.kingofsat.net/sat-thor5.php>.