

Pietilä Sami

Ilmateitse lähetettävä HDTV (DVB-T2)

Opinnäytetyö

KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikan koulutusohjelma

Tammikuu 2011

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieskan yksikkö	Aika Huhtikuu 2012	Tekijä/tekijät Sami Pietilä
Koulutusohjelma Tietotekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi ILMATEITSE LÄHETETTÄVÄ HDTV (DVB-T2)		
Työn ohjaaja FM Jämsä Joni	Sivumäärä 20	
Työelämäohjaaja FM Jämsä Joni		
<p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin kuinka HDTV lähetykset lähetetään ilmateitse kuluttajien vastaanottimiin. Opinnäytetyössä tarkasteltiin kuinka signaali muodostetaan ja mitä signaalille tehdään ennen lähettämistä.</p> <p>Signaali muodostetaan käyttäen useita eri alijärjestelmiä, joilla jokaisella on oma tärkeä tehtävänsä. Lähetysiin käytetään VHF-III alueen taajuuksia.</p> <p>Opinnäytetyö aloitettiin etsimällä tietoa internetistä HDTV lähetyksiin liittyen. Lähteenä käytettiin pääasiassa DVB document A122 pdf- dokumentista.</p> <p>Tutkimalla DVB-T2 dokumentteja, pääsin tekemään teoreettisen tutkielman signaalille tehtävistä toimenpiteistä lähetyksen aikana. Lähetysiä vertailtiin aiempiin DVB-T lähetyksiin.</p> <p>DVB-T2 lähetykset ovat tulevaisuuden tekniikka, jonka avulla saadaan katsojien vastaanottimiin parempilaatuista kuvaa, sekä 3D- kuvaa. Tällä tekniikalla saadaan paljon etuja verrattuna edeltäjänsä DVB-T:hen.</p>		

Asiasanat
DVB-T2, HDTV

ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES Ylivieska Unit	Date April 2012	Author Pietilä Sami
Degree programme Degree programme of Information Technology		
Name of thesis HDTV VIA AIR		
Instructor M.Sc. Joni Jämsä		Pages 20
Supervisor M.Sc. Joni Jämsä		
<p>Aim of this thesis was to research how the HDTV signal is sent into the receivers of customers. The Thesis aimed at researching on how the signal is formed and what is done to it before broadcasting.</p> <p>The signal is formed using various sub-systems, which all have their own important purpose. Frequencies used for broadcasts are in VHF-III area.</p> <p>This thesis was started by gathering information from the internet. Most of the information was found in the DVB document A122 pdf- document.</p> <p>By researching DVB-T2 documents I was able to make a theoretical research on the actions that are made for the signal during the broadcast. These broadcasts were compared with the earlier DVB-T broadcasts.</p> <p>DVB-T2 is the technique of the future, which helps in getting better quality broadcasts and 3D- broadcasts. This technique has a lot of benefits compared to earlier DVB-T.</p>		
Key words DVB-T2, HDTV		

ACE	Active Constellation Extension. Konstellation laajennusmenetelmä
A/D	Analog to Digital. Analogisesta digitaaliseen muunto
AVC	Advanced Video Coding. Kehittynyt videon koodaus
BCH	Bose-Chaudhuri coding. Bose-Chaudhuri koodaus
BICM	Bit Interleaved Coding and Modulation.
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing. Koodattu monikantoaaltomodulaatio
CRC-8	Cyclic Redundance Check. alijärjestelmä
D/A	Digital to Analog. Digitaalisesta analogiseen muunto
DVB	Digital Video Broadcasting. Digitaalinen televisiolähetysjärjestelmä
DVB-H	Digital Video Broadcastin Handheld. Digitaalinen televisiolähetysjärjestelmä mobiililaitteille
FEC	Forward Error Correction. Virheenkorjausjärjestelmä
FFT	Fast Fourier Transformation. Nopea Fourier muunnos
GS	Generic Stream. Geneerinen virta
HD	High Definition. Teräväpiirto
HDTV	High Definition Television. Teräväpiirtotelevisio
IDFT	Inverse Discrete Fourier Transformation. Diskreetti Fourier-käänteismuunnos
IEC	International Electrotechnical Commission. Kansainvälinen elektrotekniikan komissio
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform. Nopea Fourier- käänteismuunnos
IPTV	Internet Protocol Television. Internet pohjainen televisiolähetysjärjestelmä
ISO	International Organization for Standardization. Kansainvälinen standardoimisjärjestö
ITU	International Telecommunication Union. Kansainvälinen standardoimisjärjestö
LDPC	Low Density Parity Check. Virheenkorjauskoodi
MHz	Mega Hertz. Taajuuden yksikkö
MISO	Multiple Input Single Output. Lähetysjärjestelmä
MPEG	Moving Picture Experts Group. Videon pakkaustapa
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing. Monikantoaaltomodulaatio
PARP	Peak to Average Power Reduction. Piikkitehojen vaimennusmenetelmä
PLP	Physical Layer Pipe. Signaaliputki
PRBS	Pseudo Random Binary Sequence. Alijärjestelmä salaukselle
QAM	Quadrature Amplitude Modulation. Modulointitekniikka
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying. Modulointitekniikka
SD	Standard Definition. Standardipiirto
TB	Tera Byte. Tiedon tallennuksen koon yksikkö
TM-T2	Technical Module on Next Generation DVB-T. Uuden sukupolven digitaalisen televisiojärjestelmän tutkimusryhmä
TS	Transport Stream. Lähetysvirta
UHF	Ultra High Frequency. Erittäin korkea taajuus
VHF	Very High Frequency. Todella korkea taajuus
WLAN	Wireless Local Area Network. Langaton lähiverkko

Sisältö

1.	JOHDANTO	1
2.	HDTV LÄHETYKSET.....	2
2.1	OFDM.....	2
2.2	Pakkaus ja modulointi	3
2.3	Pilot-kantoaallot	5
2.4	Suojaväli	7
2.5	Kehysrakenne	7
2.6	PARP	8
2.7	Pakkaus.....	8
3.	LÄHETYSRAKENNE	9
3.1	Mode Adaptation	9
3.2	Stream Adaptation	10
3.3	BICM	11
3.4	Frame Builder	14
3.5	MISO	15
4.	PÄÄTELAITTEET	16
4.1	Vastaanottimet.....	17
4.2	Televisiot	17
5.	TULEVAISUUS	18
LÄHTEET		20

1. JOHDANTO

Olet varmaankin kuullut joskus puhuttavan IPTV:stä tai 3D-TV:stä. Nämä molemmat asiat liittyvät teräväpiirtoon, eli HDTV:en (High Definition TV). Tämän tutkielmapiirteiden opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, kuinka kyseinen teräväpiirtotekniikka saadaan lähetettyä katsojan vastaanottimeen käyttäen ilmateitä.

Kaapeliverkossa HD -lähetykset eivät ole Suomessa uusi asia, mutta ilmateitse lähetettävä HDTV on vasta tullut markkinoille. Ensimmäiset toimijat Suomessa ovat DNA sekä Anvia. Valtionneuvosto myönsi DNA:lle luvat kesällä 2009 ja ne jatkuvat vuoteen 2016 asti. Lupien edellytyksenä on, että vuonna 2011 lähetykset kattavat 60% Manner- Suomen asukkaista. DNA:n lähetysten katseluun tarvitsee uudet päätelaitteet, kun taas Anvian lähettämiin teräväpiirtokanaviin riittävät vanhat laitteet (Tekniikan maailma 2011).

Opinnäytetyössä perehdytään aluksi hieman historiaan. Tämän jälkeen siirrytään tutkimaan itse HD lähetystä ja niissä käytettäviä tekniikoita. Lopuksi käydään hieman läpi vastaanottolaitteita sekä tulevaisuutta antenniverkon HD- lähetyksissä.

Ensimmäinen maininta HDTV:stä ajoittuu 1930 –luvulle, jolloin Britanniassa parannettiin TV- lähetysten kuvanlaatua moninkertaistamalla juovamäärä analogilähetyksissä. Maanpäällisiin analogisiin lähetyskanaviin teräväpiirtolähetystä oli suunnitteilla mm. Suomessa. Nokia ajoi hanketta voimakkaasti eteenpäin, mutta ongelmaksi lopulta muodostui juuri analogisuus. Analogisia HDTV –lähetystä ei Suomessa ole lähetetty koskaan, joten päätin keskittyä digitaalisiin lähetyskanaviin.

Maaliskuussa 2006 DVB (Digital Video Broadcasting) päätti alkaa tutkimaan uusia vaihtoehtoja DVB-T standardiin. Heinäkuussa samana vuonna DVB perusti tutkimusryhmän nimeltä TM-T2 (Technical Module on Next Generation DVB-T). Ryhmän tehtävä oli luoda kehittynyt modulaatiokaavio, jota tulisi käyttää uudessa toisen sukupolven maanpäällisen digitaalisen television (DVB-T2) lähetyksissä. Huhtikuussa 2007 ilmaistujen kaupallisten vaatimusten mukaan, ensimmäisessä vaiheessa keskityttiin tutkimaan optimaalista vastaanottoa jo olemassa oleville antennille. Toisessa ja kolmannessa vaiheessa keskityttiin suurempien hyötykuormien lähetyskanaviin, joissa vastaanotto tapahtui uusilla antennilla sekä liikkuvien laitteiden vastaanotto-ongelmiin. Hyötykuorma oli tarkoitus saada 30% suuremmaksi, kuin samoilla edellytyksillä lähetettävä DVB-T:n hyötykuorma oli (DVB 2006).

Suomessa ensimmäiset DVB-T2 koelähetykset lähetettiin vuonna 2008 Pekingin olympialaisten aikaan. Tarkkuus oli tuolloin 1280x720 pikseliä. Lähetysten vastaanotto vaati tietenkin asianmukaisen päätelaitteiston DVB-T2 tuella (Digitoday 2008).

2. HDTV LÄHETYKSET

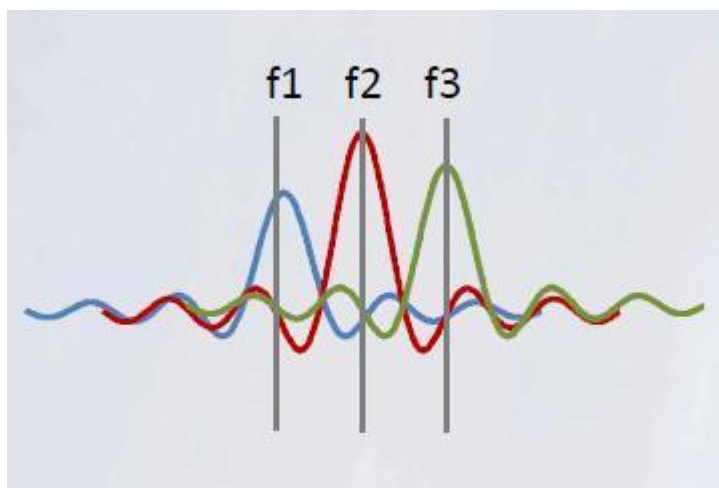
Suomessa käytetään DVB-T2 lähetyksiin VHF-III -alueella olevia taajuuksia. Taajuudet ovat siis välillä 174 - 230 MHz, eli käytössä on 8kpl 7MHz kanavia. DVB-T lähetyksiin käytetään UHF taajuuksia 470 - 862 MHz. Näin ollen DVB-T2 lähetykset etenevät paremmin esimerkiksi maastoesteiden yli, joka mahdollistaa verkon rakentamisen vähemmällä lähettimillä.

DVB-T2 lähetyksissä käytetään LDPC (Low Density Parity Check) ja BCH (Bose-Chaudhuri)- koodauksia, joilla saadaan hieman etua verrattuna DVB-T:n käytössä oleviin Reed Solomon- ja konvoluutiokoodauksiin. Näiden koodauksien avulla mm. vastaanotto mahdollistuu heikommalla signaalilla. LDPC mahdollistaa eri suojaustason valinnan useista eri vaihtoehdoista, sekä on tehokas koodaus kohinaa vastaan. Näillä koodauksilla korjataan myös bittivirheitä lähetyksissä lisäämällä lähetettävän datan sekaan virheenkorjausbittejä, joita seuraamalla voidaan korjata lähetyksen aikana mahdollisesti muodostuvat bittivirheet. (Ikonen 2010)

2.1 OFDM

Lähetyksissä käytetään monikantoaalto modulaatiota (OFDM), joka perustuu siihen, että lähetetään useilla eri toisiaan häiritsemättömillä taajuuskanavilla dataa samanaikaisesti. Taajuuskanavia käytetään yleensä kymmeniä, satoja tai jopa tuhansia.

DVB-T lähetyksissä käytetään myös COFDM:a (Coded Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), mikä on muuten sama asia kuin OFDM, mutta tässä on lisänä virheenkorjauskoodaus. Ortogonaalisuus tarkoittaa näissä yhteyksissä sitä, että kaikki lähetettävät kantoaallot ovat ortogonaalisia toisiinsa nähden. Eli kun yksi kantoaallon taajuus on keskikohdassa, niin muut kantoaallot ovat nollassa. Tällä tavoin ne eivät häiritse toistensa toimintaa (Ikonen 2010) (Kuva 1).



Kuva 1. OFDM (Ikonen 2010).

OFDM perustuu diskreettiin Fourier-käänteismuunnokseen (IDFT, Inverse Discrete Fourier Transform). Kun symboleita moduloidaan, ne vastaavat kompleksilukuina esitettyjen taajuuksien voimakkuuksia sekä vaihekulmia, jotka saadaan muutettua diskreetillä Fourier-käänteismuunnoksella digitaalisen signaalin vaihteluiksi. jonka jälkeen digitaalinen signaali muunnetaan analogiseksi kantataajuiseksi signaaliksi käyttäen D/A-muunninta.

Kun signaali halutaan demoduloida, symboli muunnetaan A/D- muuntimella taajuuskanavien voimakkuutta ja vaihetta kuvaaviksi kompleksiluvuiksi. Kompleksilukua lähinnä oleva bittikuvio valitaan demodulointitulokseen. Esim Kuvassa 2 64QAM moduloinnilla symbolijonoksi saataisiin 000000. (Ikonen 2010)

Etuja OFDM:ssä on muun muassa sen vaikeisiin olosuhteisiin sopeutuminen, tehokas toteutus FFT:n avulla, eikä se ole herkkä aikasykronisaatiosta johtuviin virheisiin. Huonoina puolina voidaan mainita suojavälitekniikka, joka syö osan järjestelmän kokonaistehokkuudesta, sekä taajuussynkronaatiosta johtuville ongelmille, joka aiheuttaa sen, ettei kantoaallot olekaan ortogonaalisia toisiinsa nähden. (Ikonen 2010).

OFDM:ää käytetään myös monissa muissa langattoman tiedonsiirron laitteissa, kuten WLAN- järjestelmissä ja DVB-H järjestelmissä.

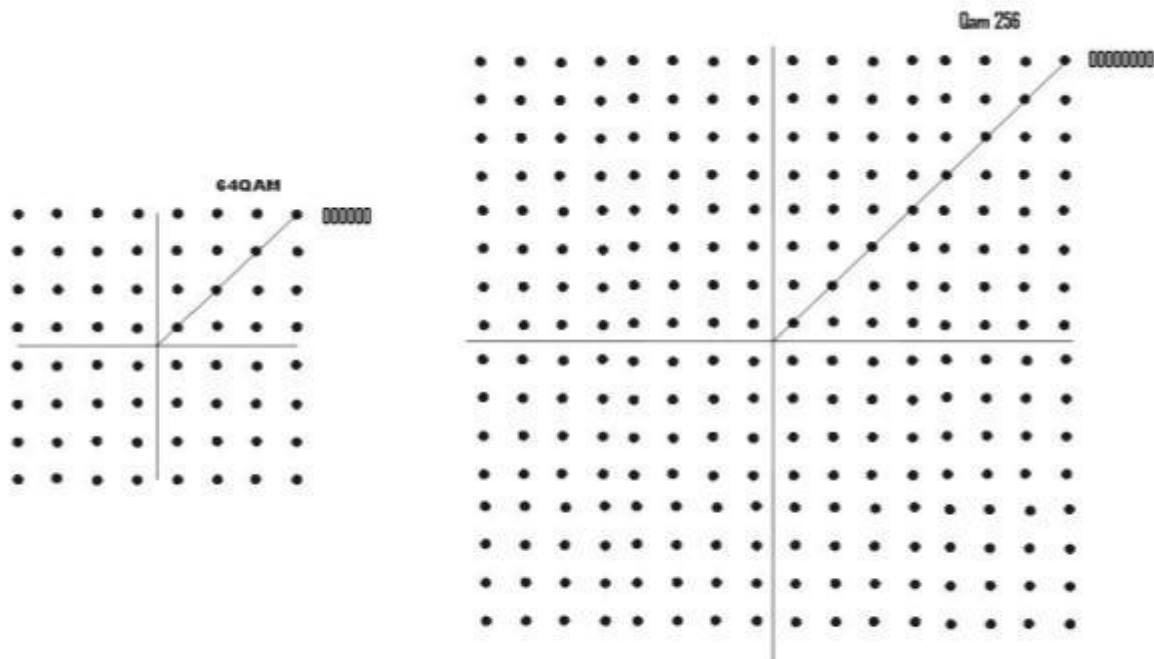
2.2 Pakkaus ja modulointi

Lähetyksissä käytetään erilaisia pakkausalgoritmeja esimerkiksi videon ja äänen pakkaukseen. Ääntä pakataan poistamalla äänidatasta sellaisia osia, jotka ovat hankalasti kuultavissa, tai eivät ole ihmiskorvaan lainkaan kuultavissa. Ihmisen ”huijaamista” käytetään pakkauksessa myös hyväksi. Korva ei ole kovin tarkka elin; kaksi samankuuloista ääninäytettä saattavat olla tietokoneanalyysissä aivan erilaisia. Näistä kahdesta valitaan se, jolla voidaan saavuttaa pienempiä tiedostokokoja ja tätä käytetään korvaamaan isompi äänitiedosto lähetyksissä.

Videota pakataan myös poistamalla videodatasta sellaisia osia, mitä ihminen ei näe taikka ei huomioi keskittyessään tärkeämpiin tapahtumiin.

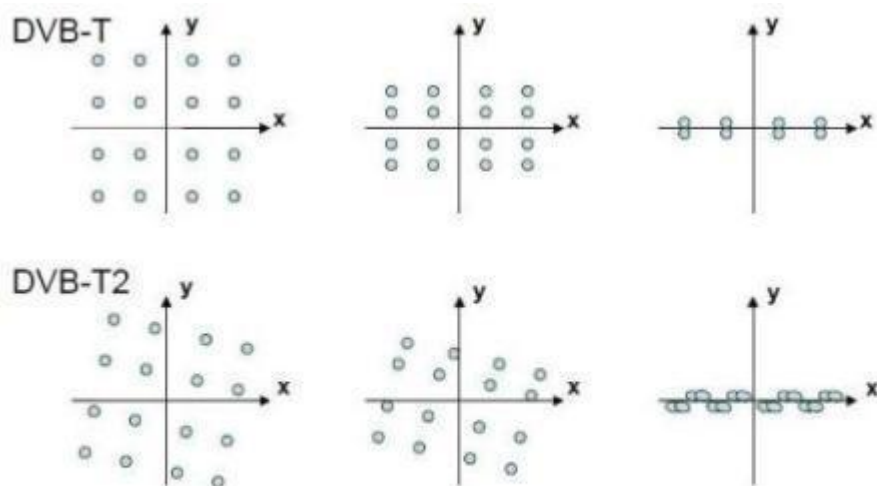
Modulaatioihin tulee parannuksia 256QAM- modulaation muodossa, joka ei ole käytössä DVB-T lähetyksissä. DVB-T lähetyksissä suurin modulaatio on 64QAM, 64QAM- modulaatiota käyttäen voidaan osoittaa 6 bittiä per symboli. 256QAM- modulaatio kykenee osoittamaan 8 bittiä per symboli, joten uusi modulaatiovaihtoehto tuo mahdollisuuden kasvattaa kapasiteettia 33% (Ikonen 2010) (Kuva 2).

Kanavanipun datavirta nousee DVB-T2:n myötä 22Mbit/s:ta 72Mbit/s:in. Jonka ansiosta kanavanipussa voidaan lähettää useampia SD – lähetyksiä, taikka muutama HD- lähetyks ja lisäksi SD- lähetyksiä.



Kuva 2. Modulaatioita (Ikonen 2010)

DVB-T2 lähetyksissä otetaan käyttöön myös ns. ”kierretty konstellaatio”, mikä varmistaa sen, että jos toinen akseli häipyy kokonaan, ei konstellaatio pisteet mene täysin päällekkäin (Ikonen 2010) (Kuva3).



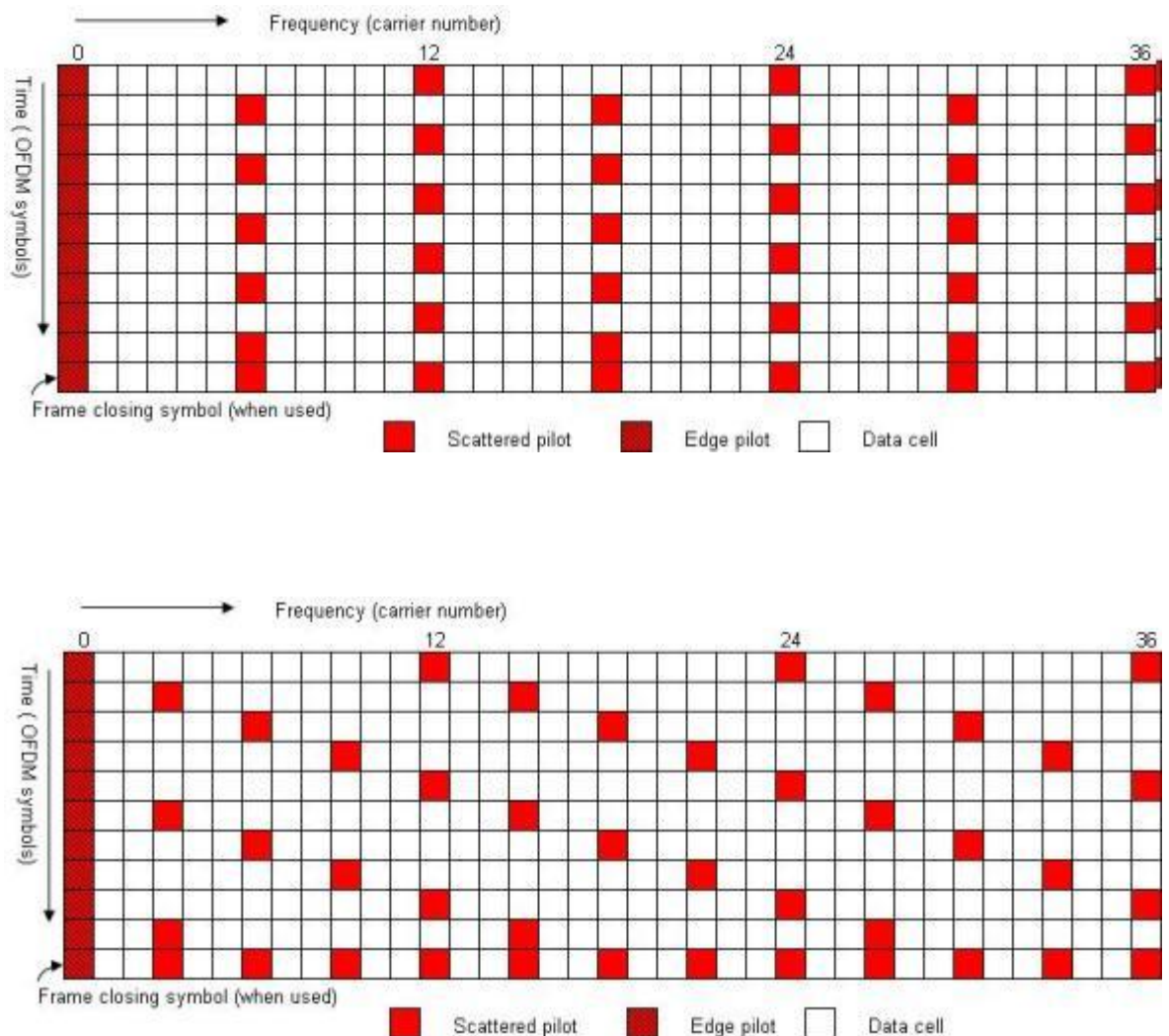
Kuva 3. Kierretty konstellaatio (Ikonen 2010)

2.3 Pilot-kantaaallot

Pilot-kantaaalloja käytetään kanavaestimointiin. Pilot-kantaaalloilla on tunnettu vaihe ja amplitudi, joiden avulla pystytään korjaamaan jakelutiellä tapahtuvat signaalin vääristymät. Piloteja voidaan käyttää myös kehysten synkronisointiin, taajuussynkronisointiin, lähetyksimoodin tunnistukseen ja vaihekohinan seuraamiseen.

Käytössä on jatkuvia ja siroteltuja pilotteja, joiden paikkaa vaihdetaan kun siirrytään symbolista toiseen. DVB-T2 lähetyksissä käytetään myös uusia 16K- ja 32K moodeja, joka mahdollistaa pienemmän suojavälin käytön, sekä pilot-kantaaallojen vähenemisen. Tällä tavoin saadaan lisää kaistaa hyötykäyttöön. 8MHz:n kaistanleveydellä saadaan 2% lisäkapasiteetti (DVB 2012) (Kuva 6).

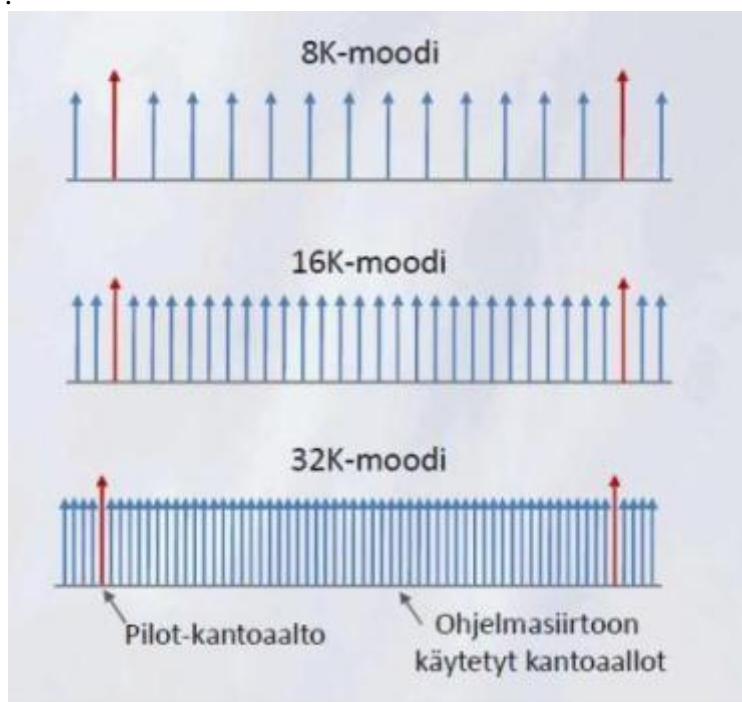
Esimerkkejä sirotelluista pilot-kantaaalloista:



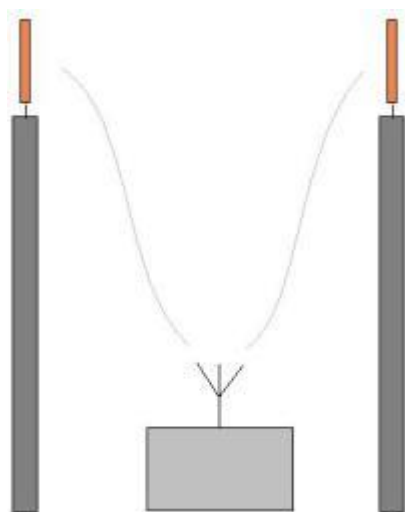
Kuva 5. Kaksi erilaista pilot-kantaaallojen käyttömahdollisuutta (DVB 2012)

Lähetyksissä voidaan käyttää myös niin kutsuttua Alamouti MISO (Multiple Input Single Output) tekniikkaa. Tässä tekniikassa lähettäjiä on kaksi, jotka toimivat samalla

taajuudella. Symbolit matrisoidaan tietyllä tapaa, jolloin saadaan häiriöttömämpi signaali vastaanottimelle (Ikonen 2010) (Kuva 7).



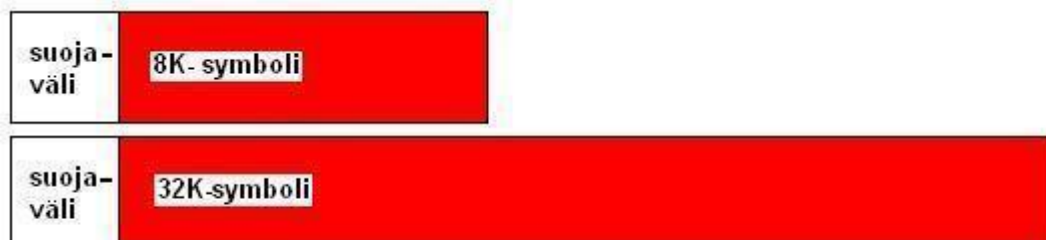
Kuva 6. Pilot-kantoaaltoja (Ikonen 2010)



Kuva 7. MISO (Ikonen 2010)

2.4 Suojaväli

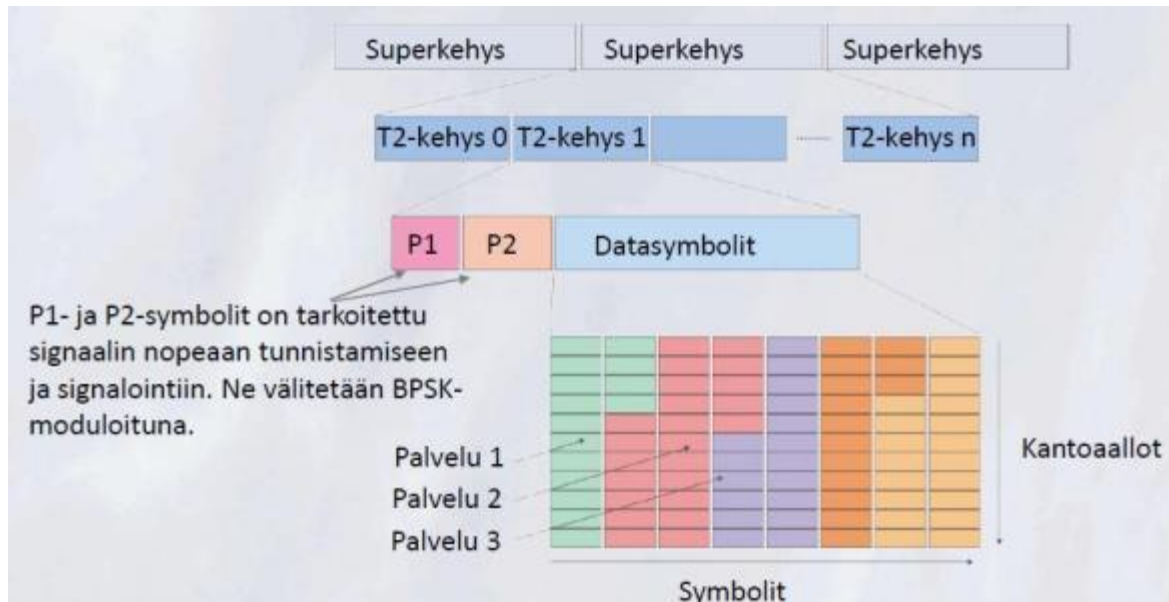
Symboleita lähetettäessä, jätetään niiden väliin suojaväli, joka vähentää eri taajuuksien keskinäistä vaikutusta. Suojaväliin kopioidaan pätkä seuraavan symbolijonon lopusta. Symbolijonoissa on samanmittainen suojaväli, jolloin suurempia symbolijonoja käytettäessä jää kaistaa enemmän hyötykäyttöön (Kuva 8).



Kuva 8. Suojaväli (Ikonen 2010)

2.5 Kehysrakenne

Kehysrakenne koostuu superkehyksistä, jotka jakautuu T2-kehysiin. T2-kehys taas jakautuu OFDM symboleiksi (Ikonen 2010) (Kuva 9).



Kuva 9. Kehysrakenne (Ikonen 2010)

2.6 PARP

DVB-T2 lähetyksiin käytetään PARP (Peak to Average Power Reduction) menetelmää, jolla saadaan piikkitehoja alennettua. Tätä käytetään, koska suuret hetkelliset piikkitehot heikentävät lähettimien hyötysuhdetta merkittävästi. Piikkitehot syntyvät kun yhden OFDM – symbolin sisällä konstellaatiopisteet keskittyvät tietylle alueelle konstellaatiokartalla, mikä aiheuttaa voimakkaan summatehon.

Summatehoa voidaan alentaa kahdella eri tekniikalla, jotka ovat Kantoaaltojen varaus (Tone reservation) ja Konstellaation laajennus (Active Constellation Extension, ACE). Kantoaaltojen varaus toimii siten, että 1% kantoaalloista varataan piikkitehojen vaimentamiseen. Konstellaation laajennus taas toimii niin, että konstellaatiota vääristetään piikkitehojen vaimentamiseksi (DVB 2012).

Standardi mahdollistaa jommankumman tai molempien tekniikoiden käytön, riippuen käytettävistä lähetysparametreista.

PARP tekniikoilla saavutetaan n. 20% vaimennus piikkiteho / keskimääräinen teho suhteeseen.

Aika- taajuusjaottelu (Time Frequency Slicing) tulee käyttöön tulevaisuudessa kun mahdollisesti otetaan käyttöön kahden virittimen vastaanottimet. Tässä tekniikassa yksi palvelu lähetetään purskeina ajan ja taajuuden funktioina. Etuna on palveluiden määrästä riippuen noin 20%. Tässä tekniikassa myös muut kanavat voivat vahvistaa häipyvää kanavaa, josta saadaan n. 5% hyöty (DVB 2012).

2.7 Pakkaus

DVB-T2 järjestelmässä pakkausmuodoksi vaihtuu mpeg-4, kun DVB-T järjestelmässä käytetään mpeg-2 pakkausmuotoa. Mpeg-4 pakkausmuodolla saadaan pakattua data puoleen siitä, mitä aikaisemmin käytössä olleella mpeg-2 pakkauksella.

Mpeg-4 on kansainvälisen MPEG:n (Motion Picture Experts Group) kehittämä joukko videon ja äänen pakkaamistapoja. Siinä käytetään useita eri pakkausmenetelmiä, joista valitaan kulloinkin tehokkain menetelmä. Pakkausmenetelmiä voidaan myös yhdistellä.

Mpeg-4 pakkausmuoto tunnetaan myös nimellä H.264, joka on ITU:n, ISO:n ja IEC:n yhteistyössä tehty standardi. ISO/IEC tuntee kyseisen standardin nimellä 14496-10/MPEG-4 AVC.

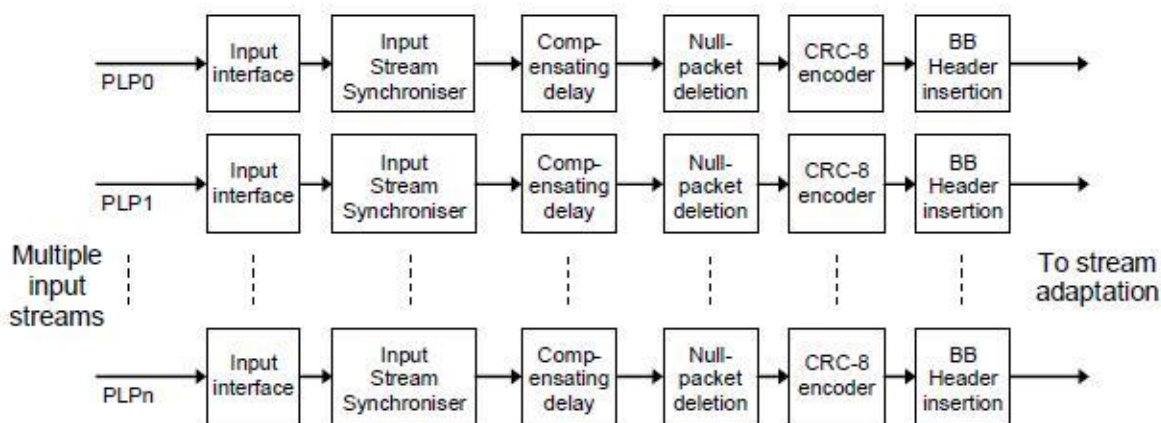
Tätä samaa pakkausmenetelmää käytetään pakkaamaan videoita internetissä, ja encoding.com sivuston tietojen mukaan sitä onkin käytetty 2010 vuoden ensimmäisellä neljänneksellä jo kahdessa kolmasosassa internetin videoista.

3. LÄHETYSRAKENNE

Järjestelmän syötöt voivat olla yksi tai useampi MPEG-2 Transport Stream (TS) ja yksi tai useampi Generic Stream (GS). Input Pre-Processor jakaa nämä palvelut T2 syötöiksi, jotka ohjataan tyypillisesti yksittäisiin PLP (Physical Layer Pipe) putkiin. Yleisesti käytetään yhtä lähetysignaalia, mutta optiona on ottaa käyttöön useampi lähetysignaali, jotka voidaan lähettää vastaanottimelle kahdesta eri antennista. Tätä menetelmää kutsutaan nimellä MISO (DVB 2012).

3.1 Mode Adaptation

DVB-T2 lohkokaavio on kuvattu kuvassa 10. Tämä kuva kuvastaa usean PLP:n käyttöä.



Kuva 10. Useita PLP putkia (DVB 2012)

Syöttö koostuu yhdestä tai useammasta loogisesta datavirrasta, joista jokaista ohjaa yksi PLP putki. PLP putkista erillään toimivat Mode Adaptation Modulet viipaloivat syötetyn tietovirran tietokentiksi, jotka muodostavat kantataajuuskaistaiset kehykset (BB kehys). Mode Adaptation Module käsittelee syötetyn datavirran, jonka jälkeen data voidaan ohjata kolmen valinnaisen ali-järjestelmän kautta, ja suorittaa loppuun tietovirran viipaloinnin tietokentiksi, sekä syöttää otsikon jokaisen datakentän alkuun (DVB 2012).

Ali-järjestelmiä ovat Input Stream Synchroniser, Null packet deletion ja CRC-8 encoder.

Input Stream Synchroniser tarjoaa työkalun vakiobittinopeuden varmistamiseksi. Tämä järjestelmä synkronisoi myös useita PLP putkia käyttäen lähetetyt tietovirrat.

Joissain lähetyksissä saattaa olla suuri prosentuaalinen määrä nollapaketteja (Null packets), Null packet deletion järjestelmä poistaa nämä paketit ja merkitsee ne tietyllä tavalla. Tämä menetelmä mahdollistaa nollapaketien takaisin lisäyksen juuri niille paikoille, mistä ne poistettiin. Näin mahdollistetaan vakiobittinopeus ja vältetään aikaleiman päivitys.

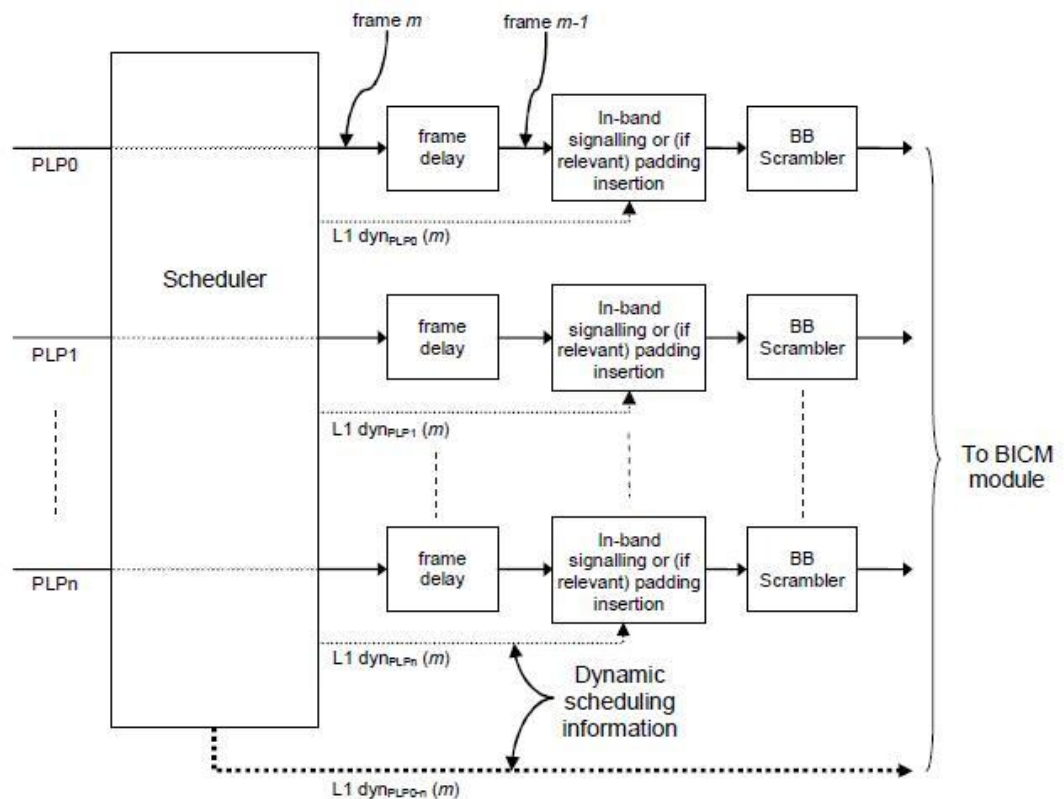
CRC-8:aa käytetään virheen tunnistukseen. datavirran sekaan syötetään CRC-koodia, jonka avulla virheet tunnistetaan (DVB 2012).

3.2 Stream Adaptation

Tämän jälkeen datavirta ohjataan Scheduler:iin, joka tekee päätöksen siitä, mikä T2 signaalin solut kuljettavat minkäkin PLP putken dataa. Tämä operaatio ei vaikuta datavirtaan itsessään, mutta se määrittää kehysrakenteen koostumuksen (Kuva 11). Scheduler laskee jokaisen PLP putken FEC blokit. Tämän jälkeen se laskee dynaamisten parametrien arvot kullekin PLP putkelle jokaisessa T2 kehyksessä. Tämän tehtyään Scheduler lähettää lasketut arvot eteenpäin syötettäväksi in-band signaalointiin ja L1 signaalointiin (DVB 2012) (Kuva 11).

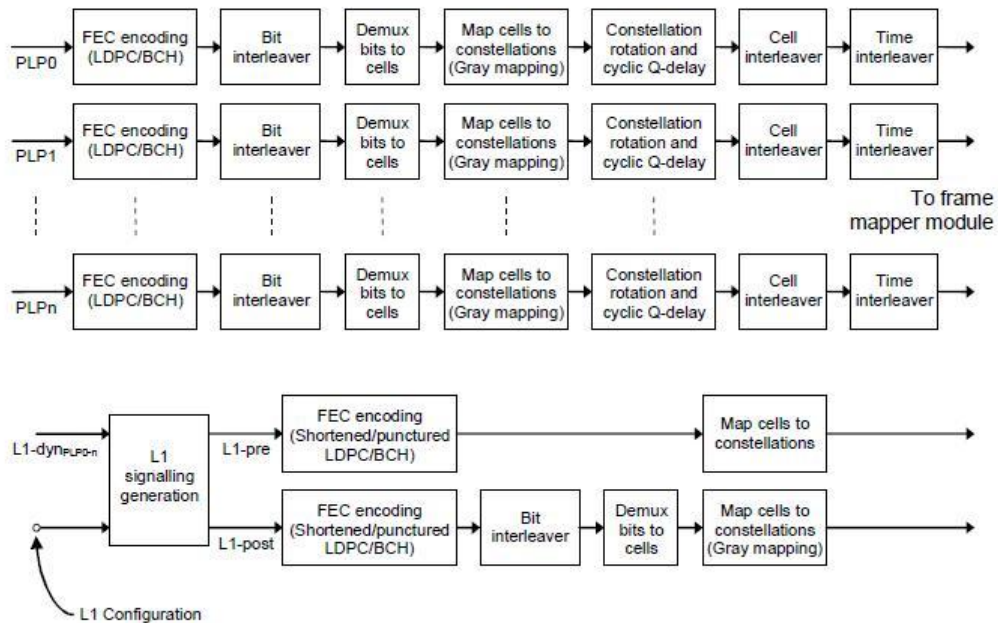
In-band signaalointi tunnistaa mikä PLP kuljettaa muidenkin PLP putkien dynaamista informaatiota. Tämä lyhentää kanavanvaihtoaikaa. Tämän jälkeen data ohjataan BB Scrambler:lle

BB Scrambler suorittaa jokaiselle kehykselle salauksen käyttäen Pseudo Random Binary Sequence (PRBS) generaattoria, jonka polynomit ovat $1+X^{14}+X^{15}$. Tämän jälkeen siirrytään BICM osioon (DVB 2012) (Kuva 12).



Kuva 11. Stream Adaptation (DVB 2012)

3.3 BICM

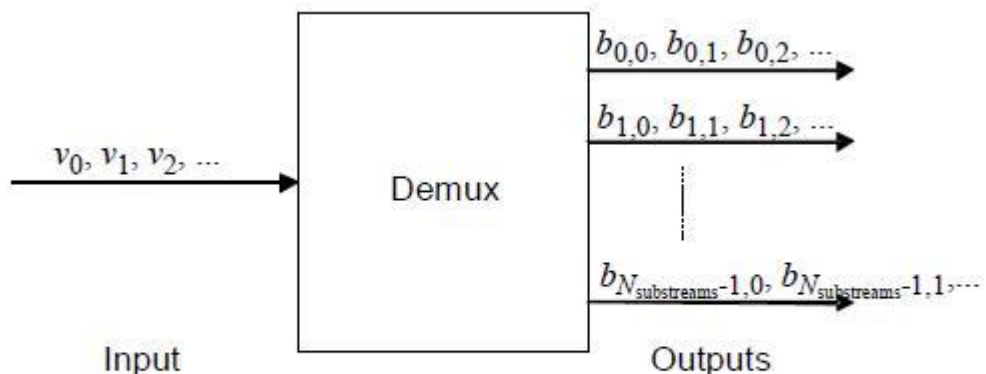


Kuva 12. BICM (DVB 2012)

BICM:ssä data kulkee kahta reittiä, toisessa reitissä ensimmäisenä vaiheena on FEC (Forward Error Coding) encoding, jossa suoritetaan ulkoinen (BCH), sekä sisäinen (LDPC) koodaus. Tämä alijärjestelmä koostaa BB kehyksestä FEC kehyksiä.

BCH lisää kehykseen virheensuojauksen ja LDPC muodostaa siitä koodikieltä. LDPC:ltä data tulee Bit Interleaver:lle, jossa bitit lomitetaan. Bittejä, jotka sisältävät tietoa, ei kuitenkaan lomiteta.

Tämän jälkeen bittivirta demuksataan alivirroiksi kuvan 13 mukaisesti (DVB 2012).



Kuva 13. Demux (DVB 2012)

Demuksauksen ulostulo moduloidaan haluttuun konstellatiomuotoon (QPSK, 16-QAM, 64-QAM tai 256QAM). tämän jälkeen se normalisoidaan oikean kompleksiluvun löytämiseksi.

Seuraavassa vaiheessa konstellatiota tarvittaessa kierretään, eli luodaan kierretty konstellatio. Kierretyn konstellation kulma riippuu käytettävästä modulaatiosta (Kuva 14). Kierrettyä konstellatiota ei käytetä L1 signalointiin (DVB 2012).

Modulation	QPSK	16-QAM	64-QAM	256-QAM
Φ (degrees)	29,0	16,8	8,6	$\arctan(1/16)$

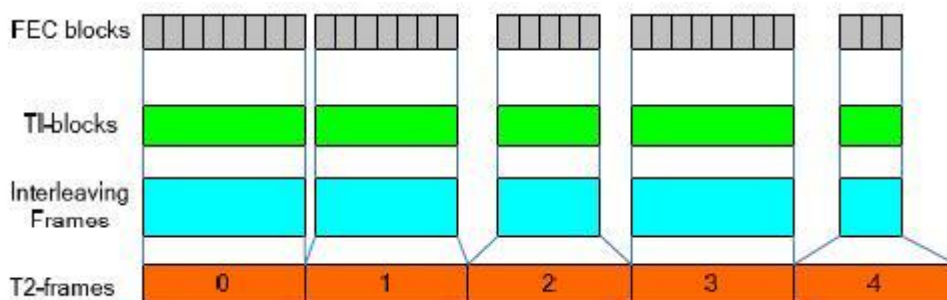
Kuva 14. Modulaatiovaihtoehdot (DVB 2012)

Pseudo Random Cell Interleaver jakaa FEC koodisanan solut tasaisesti varmistaakseen FEC koodisanojen vääristymistä ja häiriöistä riippumattoman jakamisen.

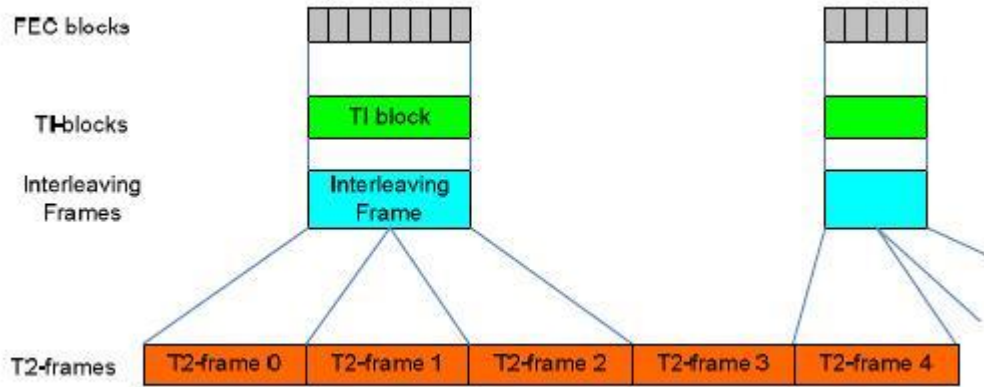
Time Interleaver toimii PLP tasolla. Jokaisella PLP:llä voi olla aikalomitukselle erilaiset parametrit.

Jokaisen PLP:n lomitteluun on kolme eri vaihtoehtoa.

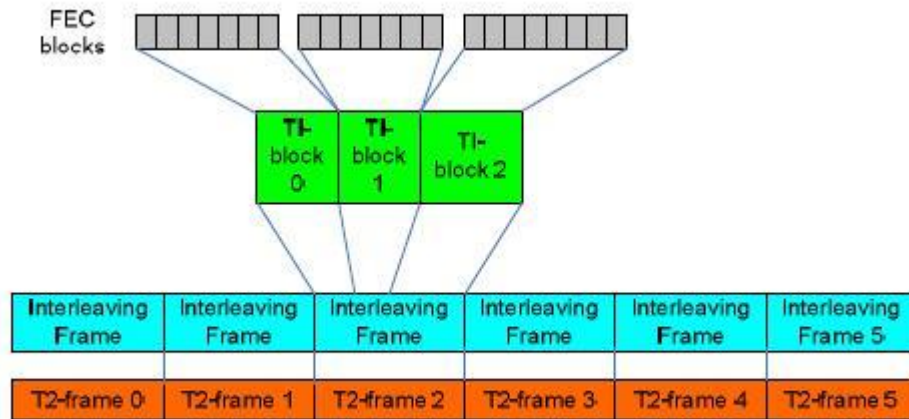
- 1) Jokainen lomittelukehys sisältää yhden T1- lohkon joka on yhdistetty suoraan yhteen T2- kehukseen (DVB 2012) (Kuva 15).
- 2) Jokainen lomittelukehys sisältää yhden T1- lohkon joka on yhdistetty useampaan T2- kehukseen (DVB 2012) (Kuva16).
- 3) Jokainen lomittelukehys on yhdistetty yhteen T2- kehukseen ja lomittelukehys jaetaan useaan T1-lohkoon (DVB 2012) (kuva 17).



Kuva 15. Lomitteluvaihtoehto 1 (DVB 2012)



Kuva 16. Lomitteluvaihtoehto 2 (DVB 2012)



Kuva 17. Lomitteluvaihtoehto 3 (DVB 2012)

Toinen reitti on L1 signaointi, jossa ensimmäisenä tapahtuu myös FEC encoding, mutta tässä tapauksessa se on supistettu malli. Lähinnä ero löytyy siitä, että käytössä on LDPC:lla hitaampi koodausnopeus ja siitä, että osa LDPC biteistä lävistetään, jolloin niitä ei lähetetä.

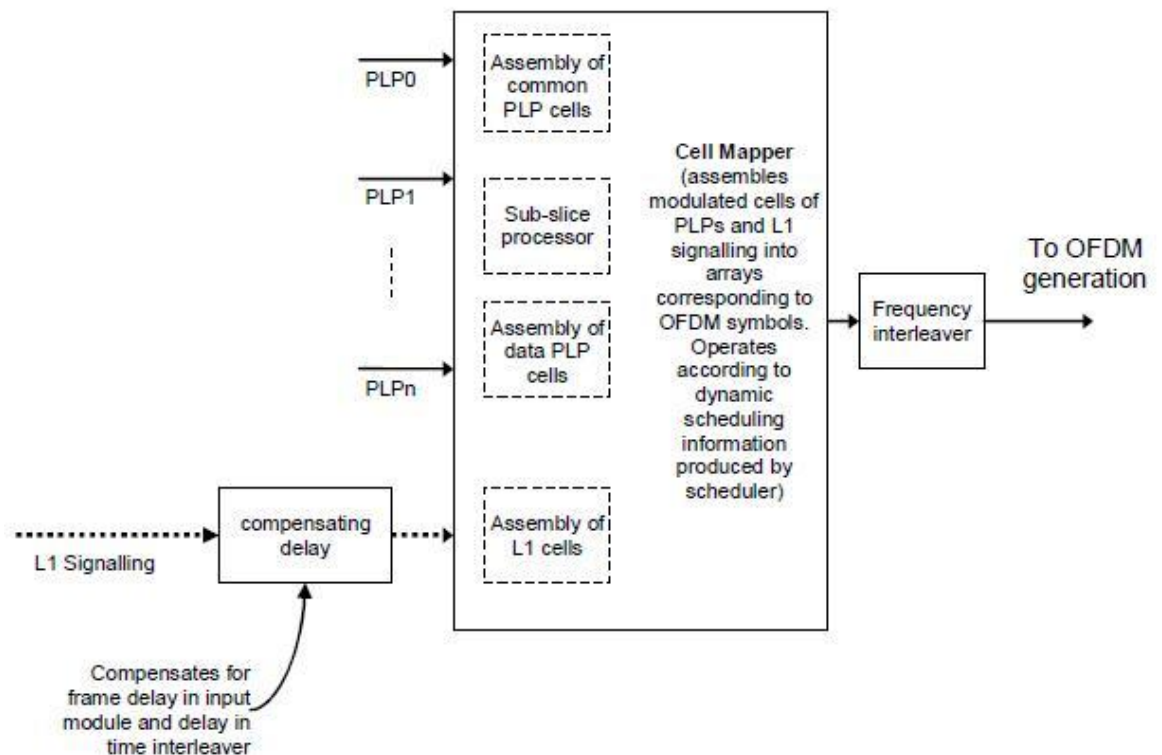
Bittien lomittelu, soluiksi demuksaaminen ja solujen konstellatioiksi muuntaminen tapahtuu samalla tavalla molemmissa vaihtoehdoissa. Tässä reitissä ei käytetä konstellatiopisteiden kiertämistä, kuten aikaisemmin jo todettiin.

lomittelu parametrit ja kehysväli voi vaihdella PLP ryhmissä ja vastaavassa PLP putkessa. Lähetysvirtojen uudelleenyhdistely mekanismin mahdollistamiseksi vaatimatta lisämuistia vastaanottimelta, lähetysvirtoja viivytetään modulaattorilla. Tällä tavoin saadaan synkronoitua osavirrat keskenään 1ms sisään (DVB 2012).

3.4 Frame Builder

Yhtä lähetyssignaalia käyttäen Frame Builder (Kuva 18), eli kehysrakentaja toimii seuraavasti:

Kehysrakentaja kokoaa Time Interleaver:n tuottamat solut ja L1 signaloinnin muodostamat solut OFDM- symboleiksi, jotka muodostavat kehysrakenteen. Kehysrakentaja operoi Scheduler:lta saatavan dynaamisen informaation ja kehysrakenteen asetusten perusteella

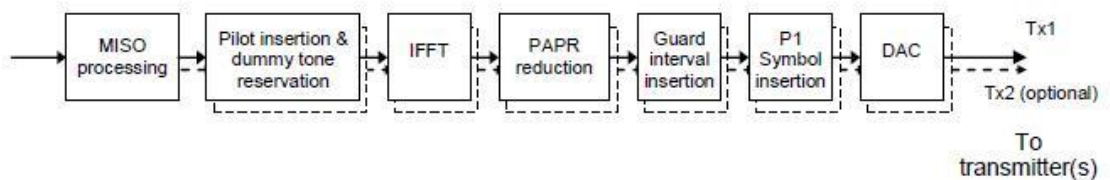


Kuva 18. Frame Builder (DVB 2012)

Frequency Interleaver:n eli taajuuslomittajan tarkoitus on yhdistää kehysrakentajalta tulevat tietosolut vapaisiin kantaaltoihiin (DVB 2012).

3.5 MISO

Jos lähetyksiin otetaan käyttöön MISO- tekniikka, taajuuslomittajalta jatketaan vielä OFDM- generaattorille (DVB 2012) (Kuva 19).



Kuva 19. MISO (DVB 2012)

Kaikissa DVB-T2 vastaanottimissa pitäisi olla mahdollisuus vastaanottaa MISO lähetyksiä. MISO koostuu kahdesta samanlaisesta tietovirrasta, jotka lähetetään kahta eri lähetintä käyttäen. Lähetyksiin käytetään muunneltua Alamouti koodausta.

OFDM kehyksessä on useita soluja, jotka on moduloitu vastaanottimelle lähetetyllä referenssitiedolla. Referenssitietoa sisältävät solut lähetetään suuremmalla teholla. Solut sisältävät tietoa pilotien tyypistä (DVB 2012).

Jotkin OFDM solut voidaan varata PARP tekniikalle ja ne otetaan käyttöön dummy tone reservation osiossa.

IFFT osiossa määritellään jokaisen lähetysoodon OFDM rakenne. Lähetetty signaali järjestellään kehyksiin. Jokainen symboli muodostuu kantoaalloista, joilla on kaksi osaa. Toinen on käytettävä osa ja toinen sisältää suojavälin. Suojaväli sisältää dataa käytettävästä osiosta, joten se lisätään ennen käytettävää osaa. Mahdolliset käyttötavat löytyvät kuvasta 20 (DVB 2012).

FFT size	Guard interval fraction (ΔT_u)						
	1/128	1/32	1/16	19/256	1/8	19/128	1/4
32K	256T	1024T	2048T	2432T	4096T	4864T	NA
16K	128T	512T	1024T	1216T	2048T	2432T	4096T
8K	64T	256T	512T	608T	1024T	1216T	2048T
4K	NA	128T	256T	NA	512T	NA	1024T
2K	NA	64T	128T	NA	256T	NA	512T
1K	NA	NA	64T	NA	128T	NA	256T

Kuva 20. Suojavälit (DVB 2012)

PARP vaimennukseen käytetään kahta OFDM signaalin muunnosta. Yhtä tai molempia voidaan käyttää samanaikaisesti. Tekniikoiden käyttö osoitetaan L1 signaalissa. Toinen tekniikka on nimeltään Active Constellation Extension ja toinen on Reserved Carrier tekniikka.

Active Constellation Extension algoritmi muodostaa ja korvaa osan IFFT:n luomasta signaalista (DVB 2012).

Reserved Carrier tekniikassa ei lähetetä dataa tai L1/L2 signaalia PARP:n vaimennukseen, vaan sen sijaan käytetään satunnaisia kompleksiarvoja. Varattujen kantoaaltojen signaaliteho pysyy alle kymmenkertaisena data kantoaaltojen keskiarvoon nähden.

Suojaväleille on määritelty seitsemän erilaista osaa, joista seuraavaksi valitaan paras. Vaihtoehdot näkyvät kuvassa 20 (DVB 2012).

Seuraavaksi lisätään P1 symboli, jolla on neljä tarkoitusta.

- 1) Sitä käytetään signaalin nopeaan tunnistamiseen. Signaali on mahdollista tunnistaa, vaikka vastaanotin olisi viritetty keskitaajuudelle. Tämä mahdollistaa nopeamman kanavien hakemisen.
- 2) Tunnistautuminen T2 lähetykseksi.
- 3) Lähettää parametreja, joita tarvitaan käynnistysprosessissa
- 4) Mahdollistaa vastaanottimen huomata ja korjata taajuus- aika synkronisaatiota (DVB 2012).

4. PÄÄTELAITTEET

Lähetysten vastaanottoon tarvitsee VHF- antennin, asianmukaisen digiboksin, joka kykenee purkamaan mpeg-4 pakkauksen sekä HD- television. Parhaaseen katselutulokseen pääsee, kun televisio on FULL-HD televisio. (Kuva 10).



Kuva 10. HD-järjestelmä

4.1 Vastaanottimet

Jotta pystyy vastaanottamaan DVB-T2 lähetyksiä, ja nauttimaan niistä, tarvitsee asianmukaisen DVB-T2 vastaanottoon kykenevän digiboksin. Tällaiset digiboksit pystyvät purkamaan mpeg-4 pakkauksen, sekä niistä löytyy HDMI- liitin, jolla pystytään siirtämään kuva ja ääni tarkkana digiboksilta televisioon. Paras tarkkuus on 1920x1080 pikseliä.

DNA maahantuo Wbox HD-2 tallentavaa digiboksia, joka toimii DVB-T2, eli antenniverkossa ja kaapeliverkossa. Digiboksilla voi tallentaa samanaikaisesti kolmea kanavaa, ja katsella neljättä, joka on samassa kanavanipussa, kuin jokin tallennettavista kanavista. Boksen kiintolevy on 1TB, joten ohjelmaa sille mahtuu noin 500 tuntia. Teräväpiirtokuvaa tosin yli puolet vähemmän.

Maksulliset HD- kanavat ovat salattuja ja tarvitsevat katselemiseen katselukortin ja CI+ lukijan. SD- lähetyksissä salausta puretaan CI- lukijalla, joka ei käy DVB-T2 salauksen purkamiseen.

Maksukortti tulee parittaa vastaanottimen CI+ korttilukijan kanssa, jotta saadaan maksukanavat näkyviin. Parituksen tekee ohjelmaoperaattori kortinlukijasta löytyvän tunnusluvun avulla. Parituksen aikana vastaanottimen tulee olla päällä.

4.2 Televisiot

DVB-T2 lähetyksiä kannattaa katsella Full-HD televisiosta, joita on markkinoilla ollut jo pitkään. Kyseiset televisiot pystyvät 1920x1080 pikselin tarkkuuteen. teräväpiirtolähetyksillä HDTV:t pystyvät jopa viisi kertaa parempaan kuvantarkkuuteen, kuin vanhoilla SDTV lähetyksillä.

Televisioissa on kaksi eri katselutapaa. Lomitettu kuva ja progressiivinen eli lomittamaton kuva. Lomitettu kuva piirretään televisioruudulle niin, että joka toinen pystypikseli piirretään rivi kerrallaan, kun taas lomittamaton kuva piirretään kokonaan. Lomittelemattoman kuvan edut ovat se, ettei ruudussa esiinny sahalaitaisuutta, eikä se väreile lomittelun tapaan. Lomittelematon kuva on taas huomattu paremmaksi urheilulähetyksiä katseltaessa.

HDTV:n tarkkuus perustuu siihen, että pikselit ovat pienempiä, kuin SDTV lähetyksissä. Televisiot pystyvät myös tarvittaessa skaalaamaan kuvaa televisioruudulle sopivaksi.

Televisioiden näyttötekniikat ovat joko plasma- tai nestekidenäyttö. Plasmanäyttö tuottaa kuvan jalokaasujen avulla. Kaasuin käytetään neonia ja kseonia. Kaasu muutetaan plasmaksi sähkövirran avulla, jolloin plasma säteilee ultraviolettivaloa, joka saa television sisäisen fluoresoivan materiaalin tuottamaan näkyvää valoa. Nestekidenäyttö koostuu valoa polarisoivasta nesteestä, jota ohjataan sähköllä. Nestekidenäyttöjen pikselit on jaettu kolmeen osaan – punaiseen, siniseen ja vihreään, joiden avulla voidaan näyttää kaikki värit vaihtelemalla kyseisten värien kirkkautta.

5. TULEVAISUUS

DVB-T2 lähetysten mukana tulee yleistymään 3D lähetykset. Suomessa on yksi 3D kanava, jonka lähetykset on aloitettu syksyllä 2011. Kanava on mainosrahoitteinen, joten sitä pystyy katsomaan ilmaiseksi. Kanavaa lähetetään kanavanipussa E kanavapaikalla 13.

Kohta siis pääsemme katselemaan 3D teräväpiirtolähetyksiä omassa olohuoneessamme, omilla laitteillamme.

3D lähetykset poikkeavat totutuista lähetyksistä siten, että sen kuva on epäselvä ilman asianmukaisia 3D laseja katsottuna (Kuva 11). Laseilla kuitenkin kuvasta muodostuu kolmiulotteinen, jolloin katsoja saa todennukaisen elämyksen esimerkiksi elokuvassa kohti lentävistä kivistä.



Kuva 11. 3D (www.eurovision.tv)

HD- kanavia lähetetään kanavanipuissa F, VHF A, VHF B ja VHF C. Lisäksi Anvia aloittaa HD lähetykset kanavanipussa G. Valtioneuvosto on julistanut luonnoksen verkkotoimintaluvasta uudelle kanavanipulle H, joka toimii UHF taajuusalueella.

HD Kanavia ovat muun muassa:

- Animal Planet HD
- Canal+ Urheilu HD
- Discovery HD Showcase
- Eurosport HD
- Nelonen HD
- YLE HD
- MTV 3 HD

Lisäksi Digita luopuu kanavanippu D:n DVB-H mobiili-tv lähetyksistä ja aloittaa lähetykset DVB-T2- tekniikalla mobiililaitteille. DVB-H lähetykset loppuivat 5.3.2012.

LÄHTEET

Ikonen, Ari: Uuden HD-jakeluun tarkoitetun DVB-T2-järjestelmän esittely. Turun radioseura 2010. P PDF- dokumentti. Saatavissa: <http://www.turunradioseura.fi/esitelmien-aineistoja>. Luettu 20.1.2012.

DVB.org: DVB Document A122. 2008. Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2). PDF- dokumentti. Saatavissa: www.dvb.org/technology/dvbt2/a122.tm3980r5.DVB-T2.pdf. Luettu 28.3.2012.

NORDIG.org: Requirements to NorDig-T2 compliant IRDs. PDF- dokumentti. Saatavissa: http://www.nordig.org/qa_specifications.htm. Luettu 28.3.2012.

DIGITODAY.fi: Ylen teräväpiirto olympialaisista ilman onglemia satelliitin kautta. 2008. Saatavissa:<http://www.digitoday.fi/viihde/2008/08/08/ylen-teravapiirto-olympialaisista-ilman-ongelmia-satelliitin-kautta/200820568/66>. Luettu 28.3.2012.

DVB.org: TM-T2 Second Generation DVB-T. 2006. Saatavissa: http://www.dvb.org/groups_modules/technical_module/tmt2/index.xml?groupID=55. Luettu 25.1.2012

TEKNIKANMAAILMA.fi: Maanpäällinen HDTV tulee. 2011. Saatavissa: <http://tekniikanmaailma.fi/kuva-ja-aani/muut/maanpaallinen-hdtv-tulee>. Luettu 25.1.2012