

Sampo Papinniemi

# Uudet standardit DVB-T2, DVB-C2, DVB-S2, DVB-SH

Opinnäytetyö  
Tietotekniikan koulutusohjelma


Toukokuu 2010




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  		
<b>Tekijä(t)</b> Sampo Papinniemi	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> Tietotekniikka koulutusohjelma		
<b>Nimeke</b> Uudet standardit DVB-T2, DVB-C2, DVB-S2, DVB-SH			
<b>Tiivistelmä</b> <p>Satelliitti ja kaapeli olivat ensimmäiset tekniikat, joilla lähetettiin digitaalisia televisiolähetysä ja mukaan astui pian myös maanpäälliseen verkkoon perustuva tekniikka. Näiden tekniikoiden standardit perustuvat ensimmäisen sukupolven standardiperheeseen.</p> <p>2000-luvulla kuitenkin alettiin puhua siirtymisestä teräväpiirtolähetysä ja pian tulikin selväksi, ettei ensimmäisen sukupolven DVB-standardiperhe riittäisi ominaisuuksiltaan teräväpiirtolähetysten vaatimuksille erityisesti maanpäällisen verkon osalta. Myös erilaiset kannettavat päätelaitteet kuten matkapuhelimet alkoivat olla jo todella yleisiä, ja näille tehtävät sovellukset kuten esimerkiksi mobiilitelevisio vaativat tehokkaampaa tekniikkaa toimiakseen nykyajan vaatimusten tasolla.</p> <p>Toisen sukupolven standardiperhe on vastaus näihin vaatimuksiin. DVB-S2, DVB-C2, DVB-T2 ja DVB-SH ovat nämä uudet standardit joilta odotetaan paljon.</p> <p>Tutkin työssäni, mitä uutta tämä uusi toisen sukupolven standardiperhe tuo mukanaan verrattuna vanhaan standardiperheeseen. Tutustun myös siihen, miten uusien standardien käyttöönotto on onnistunut Suomessa että maailmalla.</p>			
<b>Asiasanat (avainsanat)</b> DVB-T2, DVB-C2, DVB-S2, DVB-SH, DVB,			
<b>Sivumäärä</b> 31	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Kieli</b> Suomi</td> <td style="width: 50%;"><b>URN</b> <a href="http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010052510506">http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010052510506</a></td> </tr> </table>	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b> <a href="http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010052510506">http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010052510506</a>
<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b> <a href="http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010052510506">http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010052510506</a>		
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>  			
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Timo Mynttinen	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  		

## DESCRIPTION

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences		Date of the bachelor's thesis	
Author(s) Sampo Papinniemi		Degree programme and option Information Technology	
Name of the bachelor's thesis  New standards DVB-T2, DVB-C2, DVB-S2 and DVB-SH			
<b>Abstract</b>  Satellite and cable were the first techniques (which were used) to sent digital broadcastings and soon also came along a technique based on the terrestrial network. The standards of these techniques are based on the standard family of the first generation.  In the 21st century people were talking about the transition to HD broadcastings and soon it became clear that the features of the DVB standard family of the first generation wouldn't be able to meet the needs of the requirements of HD broadcasting in particular for the terrestrial network. Also different kinds of portable terminals such as mobile phones began to be very popular and applications for these like mobile TV require more efficient technique to operate at the level of modern requirements.  The standar family of the second generation is the answer to these requirements. DVB-S2, DVB-C2, DVB-T2 and DVB-SH are these new standards from which are expected a lot. In my thesis I'm studying what this new standard family of the second generation brings along compared to the old standard family. I also discuss how the introduction of the new standards has been successful in Finland and abroad.			
<b>Subject headings, (keywords)</b>  DVB-T2, DVB-C2, DVB-S2, DVB-SH, DVB,			
Pages 31	Language Finnish	URN <a href="http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010052510506">http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010052510506</a>	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Timo Mynttinen		Bachelor's thesis assigned by	

**SISÄLTÖ**

1	JOHDANTO .....	2
2	ENSIMMÄISEN SUKUPOLVEN DVB-STANDARDIPERHE.....	3
2.1	DVB-T.....	3
2.2	DVB-C, DVB-S ja DVB-H .....	4
3	MITÄ UUTTA TOISEN SUKUPOLVEN DVB-STANDARDIPERHE TUO .....	5
3.1	DVB-T2.....	7
3.2	DVB-C2.....	12
3.3	DVB-S2 .....	14
3.4	DVB-SH .....	16
4	UUDEN STANDARDIN KÄYTTÖÖNOTTO MAAILMALLA .....	19
4.1	Suomi.....	19
4.2	Ulkomaat.....	23
5	YHTEENVETO.....	24
	LÄHTEET .....	26

## 1 JOHDANTO

1990-luvun alussa Euroopan satelliitti-tv-yhtiöille oli tulossa muutoksia ja olikin selvää, että Mac-järjestelmä, joka perustui analogiseen lähetykseen, tulisi antamaan periksi digitaalitekniikalle. Satelliitti ja kaapeli olisivat ensimmäiset tekniikat, joilla lähettäisiin digitaalisia televisiolähetyksiä. Digitaalitekniikka valittiin siksi, koska se mahdollistaa televisiolähetyksissä analogialähetyksiä paremman kuvan- ja äänenlaadun sekä käyttää taajuusaluetta tehokkaammin kuin analogiset lähetykset.

2000-luvulla alettiin puhua siirtymisestä teräväpiirtolähetyksiin niin maanpäällisessä verkossa kuin satelliitti- ja kaapelilähetyksissä vaikkakin satelliitti- ja kaapelilähetystekniikoilla on voinut jo katsella HDTV-lähetyksiä niiden maanpäällistä suuremman kapasiteetin vuoksi. Teräväpiirtolähetyksen erinomainen kuvanlaatu on ihmisten mieleen, minkä vuoksi uudelle standardille oli käyttöä. Toisen sukupolven DVB-standardin hyödyt teräväpiirtolähetyksissä ovat vanhaa DVB-standardia selkeästi paremmat.

Jos verrataan DVB-T ja DVB-T2 standardeja, niin DVB-T2 on parempi mm. virheenkorjauksen, kantavuuden ja käytettävien koodaustekniikoiden osalta, joiden myötä DVB-T2-verkossa voidaan lähettää luotettavammin enemmän dataa kuin DVB-T-verkossa. Muun muassa näiden vuoksi uusi standardiperhe on teräväpiirtolähetyksen lähettämiseen vanhaa standardia parempi vaihtoehto.

Mobiilitelevisio ei ole saanut alun jälkeen kovinkaan paljoa tuulta purjeisiinsa. Tähän on kuitenkin tulossa muutos uuden standardiperheen myötä. DVB-SH tuo ratkaisun tähän pulmaan mahdollistamalla digitaalisen television seuraamisen myös kaupunkien ulkopuolella, jossa DVB-H-lähetykset eivät näy.

Työssäni esittelen uudet DVB-standardit, mutta käyn myös läpi vanhan standardin sekä sen, että mitä uutta uusi standardi tuo mukanaan verrattuna vanhempaan standardiin. Tutkin myös mitä näiden uusien DVB -standardien testit ovat tarjonneet ja miten kyseiset standardit toimivat.

## 2 ENSIMMÄISEN SUKUPOLVEN DVB-STANDARDIPIPERHE

DVB eli Digital Video Broadcasting on eurooppalainen digi-tv-standardi, joka on valittu käyttöön myös muun muassa Australiassa, Uudessa Seelannissa ja Intiassa. DVB -tunnusta käytetään myös lisämerkintöjen DVB-T, DVB-C ja DVB-S kanssa. Eroavaisuuksia on muun muassa modulaation suhteen /1/. Tämän vuoksi yhteen verkkoon suunnitellut vastaanottimet eivät toimi ristiin toisessa verkossa.

DVB:n kilpailijoina ovat yhdysvaltalainen ATSC (Advanced Television System Committee) sekä japanilainen ISDB. DVB sisältää määritykset kaapeli-, satelliitti- sekä maanpäällistä jakelua varten. Nopeimmin digitalisointi on edennyt satelliitti- ja kaapelilähetyksissä, mutta nykyään maanpäällinen jakeluverkko on jo samalla tasolla.

### 2.1 DVB-T

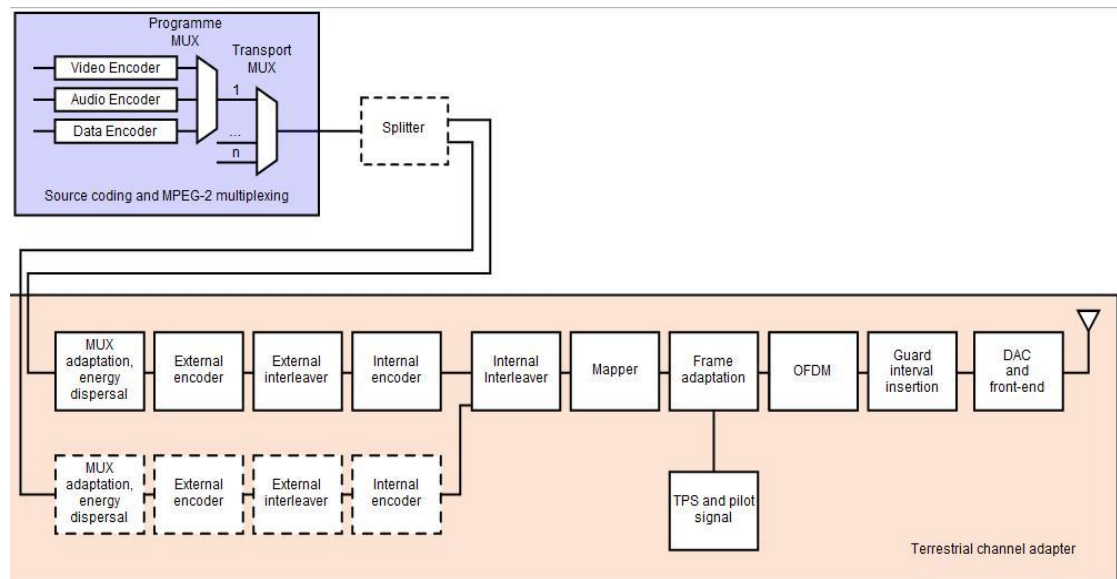
DVB-T eli Digital Video Broadcasting -Terrestrial on tekninen standardi, joka on kehitetty antenniverkon digitaalisiin lähetyksiin. DVB-T määrittää kehysrakenteen, kanavakoodauksen ja moduloinnin digitaalisen maanpäällisen television (DTT) lähetykseen. Standardin ensimmäinen versio julkaistiin maaliskuussa 1997 ja kahdentoista vuoden jälkeen siitä on tullut laajimmin hyväksytty DTT järjestelmä maailmassa.

DVB-T käyttää OFDM (Orthogonal Frequency Division multiplex) modulaatiota. Tämä modulaatiotyyppi välittää vahvaa signaalia joka toimii erinomaisesti vaikeissa olosuhteissa /2/. DVB-T:n häiriönsieto perustuu ennen modulointia tapahtuvaan virheenkorjausbittien lisäämiseen /4/.

DVB-T on hyvin joustava teknisiltä ominaisuuksiltaan. Ominaisuuksiin kuuluu: 3 modulaatiovaihtoehtoa (QPSK, 16QAM, 64QAM), 5 FEC (forward error correction) tasoa, 4 Guard Interval valintaa, valinnat 2k tai 8k järjestelmille, voi toimia myös 6, 7 tai 8 MHz kaistanleveyksillä (video 50 Hz tai 60 Hz). /2./

Käyttämällä erilaisia edellä mainittujen muuttujien yhdistelmiä DVB-T -verkko voidaan suunnitella vastaamaan eri verkko-operaattoreiden vaatimuksia ja löytää oikea tasapaino käyttövarmuuden ja kapasiteetin suhteen. Verkkoja voidaan suunnitella välittämään erilaisia palveluja kuten: SDTV, radio, interaktiiviset palvelut, HDTV, käyttämään usean protokollan kapselointia sekä myös IP datacasting -tekniikkaa /2/.

Tiedonsiirtonopeus DVB-T:llä on enimmillään 27Mbps ja yhdellä taajuuskanavalla voidaan lähettää 4-5 ohjelmaa samanaikaisesti. DVB-T:n kuvantarkkuus on 720x576.

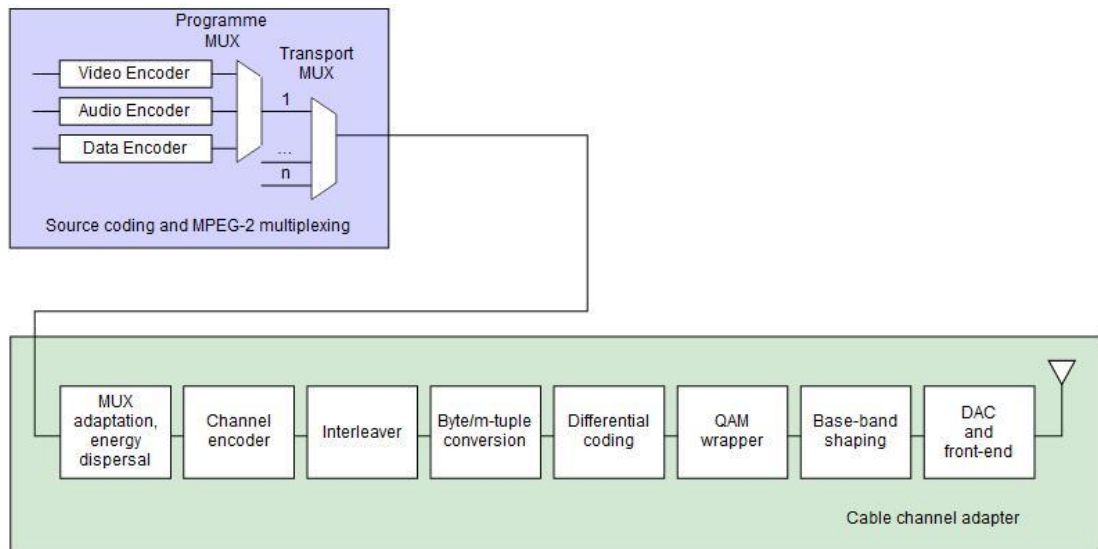


**KUVA 1. DVB-T -lähetyjärjestelmä**

## 2.2 DVB-C, DVB-S ja DVB-H

DVB-C eli Digital Video Broadcasting – cable kuuluu DVB-T:n kanssa samaan standardi ryhmään. DVB-C on suunniteltu kaapeliverkon digitaalisiin lähetyksiin. Eroa DVB-T:n ei juuri ole, mutta kaapeliverkossa on käytössä enemmän taajuusalueita kuin antenniverkossa, minkä vuoksi kaapeliverkon lähetyspotentiaali on antenniverkkoa selvästi parempi.

DVB-C kykenee 38Mbps nopeuteen tiedonsiirrossa ja samaan aikaan yhdellä taajuuskanavalla voidaan lähettää kuutta ohjelmaa.



**KUVA 2. DVB-C -lähetyjärjestelmä**

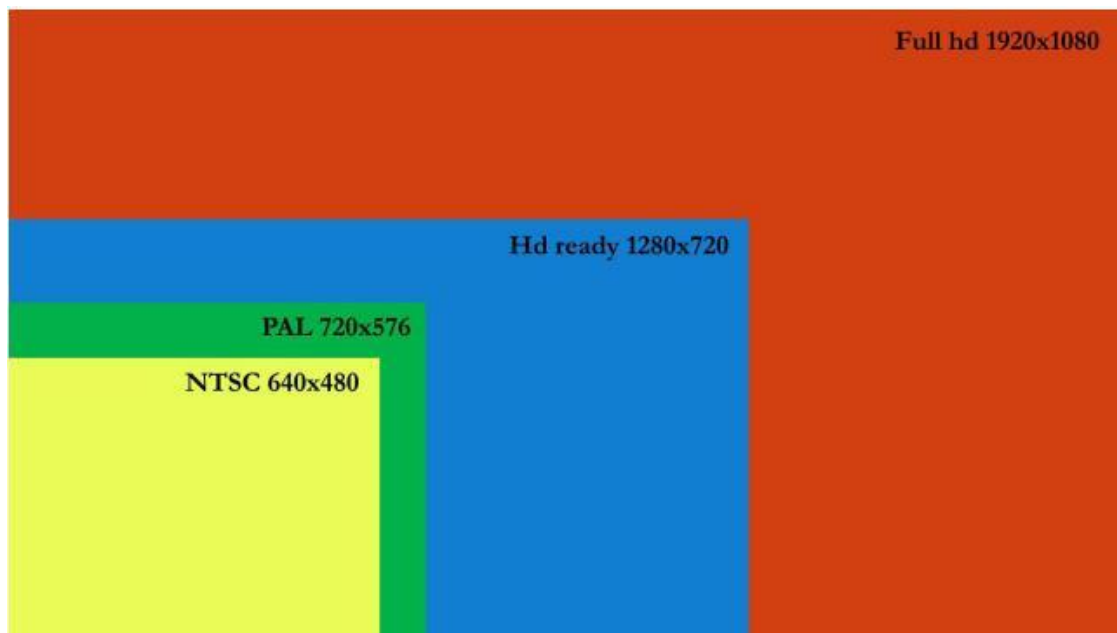
DVB-S eli Digital Video Broadcasting – Satellite kuuluu DVB -standardi ryhmään. DVB-S on suunniteltu lähettämään digitaalisia lähetyksiä satelliitteja ja satelliittivastaanottimia hyödyntämällä. Tiedonsiirtonopeus on enimmillään 63Mbps ja yhdellä taajuuskanavalla voidaan lähettää 5-10 ohjelmaa samanaikaisesti.

DVB-H eli Digital Video Broadcasting - Handheld, MobiiliTV -verkon digitaalisiin lähetyksiin. DVB-H on läheistä sukua muille digitaalisen televisiolähetyksen DVB -standardeille, mutta sen toiminta perustuu pieneen sähkönkulutukseen, toimintaan nopeasti liikkuvassa ympäristössä sekä se vie vähemmän radiokaistaa, koska kuvan tarkkuus on alhaisempi. DVB-H:n kuvan tarkkuus on 320x240 /6/.

### **3 MITÄ UUTTA TOISEN SUKUPOLVEN DVB-STANDARDIPERHE TUO**

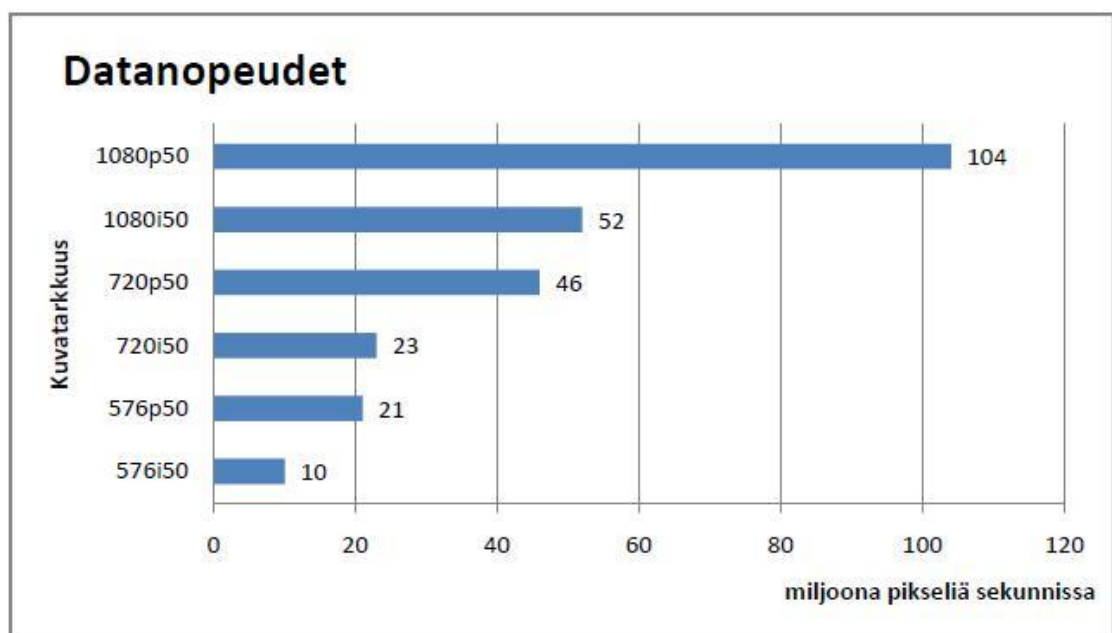
Toisen sukupolven standardiperhe mahdollistaa teräväpiirtolähetyksen käyttöönoton järkevämmin kuin vanha DVB-standardiperhe. Vanha DVB-standardiperhe perustuu analogiselle tekniikalle ja sen käyttäminen HDTV:n toteuttamiseen ei olisi tullut onnistumaan kovinkaan hyvin. PAL -järjestelmän kuvan tarkkuus on parhaimmillaan 720x576 pikseliä. HDTV puolestaan mahdollistaa jopa 1920x1080 pikselin tarkkuuden.





**KUVA 16. Eri järjestelmien resoluutiovertailu**

Teräväpiirtolähetyksessä vaaditaan 2–4 kertaa niin paljon siirtokapasiteettia kuin normaalitarkkuus, joten nykyiset kanavaniput ja tv-taajuudet eivät riitä HD -kanavien lähettämiseen antenniverkossa. HDTV:n vaatiman kaistatilan vuoksi satelliitin ja kaapelin kautta jakelu ovat kuitenkin tähän mennessä olleet ainoat todelliset vaihtoehdot.



### KUVA 15. Datanopeudet eri kuvantarkkuuksilla

1080p ja 720p perässä oleva p tarkoittaa lomittelematonta kuvaa. Sitä ei käytetä digitelevisiion teräväpiirtolähetyksissä, koska se vaatii puolet enemmän kaistaa kuin i, joka tarkoittaa lomiteltua kuvaa (kuva 15).

### 3.1 DVB-T2

Kuten edeltäjänsä, DVB-T2 käyttää OFDM (Orthogonal Frequency Division multiplex) modulaatiota yhdessä suurehkon määrän subcarriereita (apukantoaalto) ja tällä tavoin saa välitettyä vahvaa signaalia. Kuten myös DVB-T, DVB-T2 tarjoaa laajan valikoiman eri käyttötapoja, joten se on erittäin joustava standardi.

LDPC (Low Density Parity Check) koodaus yhdistettynä BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquengham) koodaukseen tarjoaa erinomaisen suorituskyvyn kovassakin kohinasossa ja häiriöissä mikä on edellytys vahvalle signaalille./5./

	Current UK mode	T2
Modulation	64QAM	256QAM
FFT size	2K	32K
Guard Interval	1/32	1/128
FEC	2/3 CC + RS (8%)	3/5LDPC + BCH (0.3%)
Scattered Pilots	8%	1%
Continual Pilots	2.6%	0.35%
P1/P2 overhead	0%	0.7%
Bandwidth	Standard	Extended
Capacity	24 Mbit/s	35.4Mbit/s

### KUVA 19. DVB-T2:n parannukset verrattuna DVB-T:hen

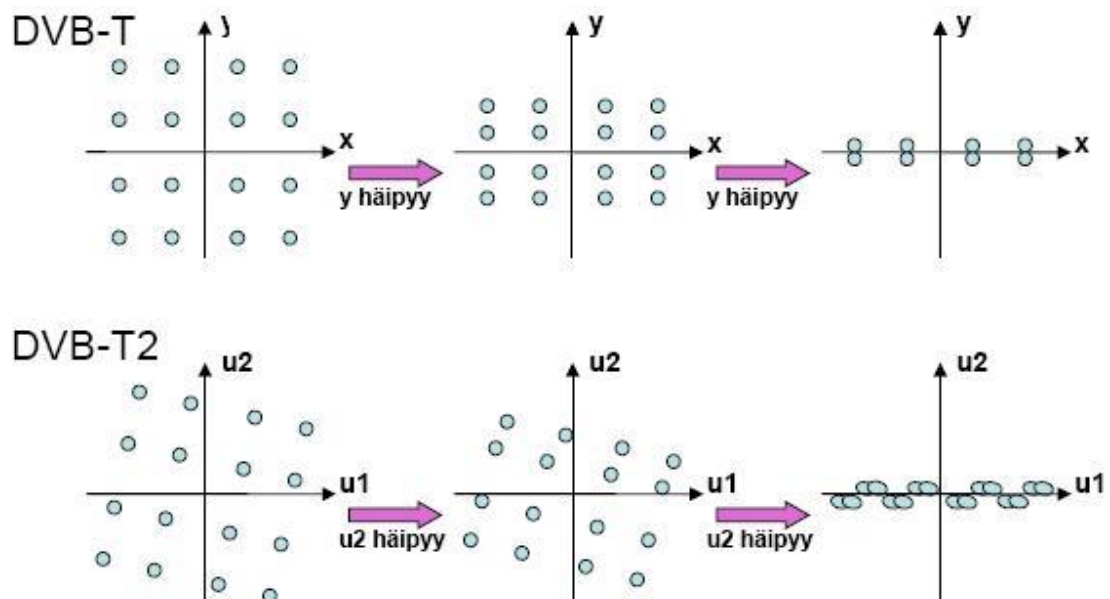
Vertailtaessa vanhan ja uuden standardin eroja, niin esimerkiksi UK MFN DVB-T - profiili (64-QAM, 2k mode, coding rate 2/3, guard interval 1/32) ja DVB-T2:n vastaava (256-QAM, 32k, coding rate 3/5, guard interval 1/128) mahdollistaa kasvun

bittinopeudesta 24,13 Mbit /s jopa 35,4 Mbit /s nopeuteen (Kuva 19). Toisena esimerkkinä mainittakoon Italian SFN DVB-T -profiili (64-QAM, 8k, coding rate 2/3, guard interval 1/4) ja DVB-T2:n vastaava (256-QAM, 32k, coding rate 3/5, guard interval 1/16) missä saavutetaan kasvu bittinopeudesta 19,91 Mbit /s jopa 33,3 Mbit /s nopeuteen. /8./

	DVB-T	DVB-T2
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, 19/256, 1/8, 19/128, 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	2.6% of total	0.35% of total

**KUVA 5. DVB-T ja DVB-T2 eroista**

DVB-T2 standardi mahdollistaa kahteen kanavanippuun kahdeksasta kymmeneen teräväpiirtokanavaa mihin DVB-T:n ominaisuudet eivät yllä.

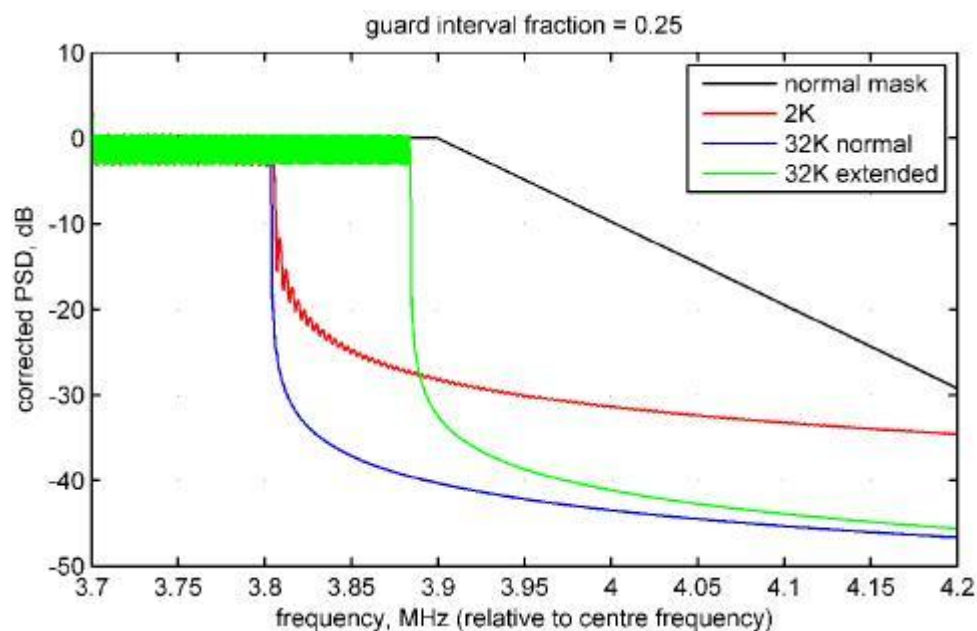


**KUVA 7. DVB-T:n ja DVB-T2:n erot. Kierretty konstellaatio (rotated constellations)**

DVB-T2 standardissa on mahdollisuus kääntää konstellaatiota, jolloin varmistetaan että toisen akselin häipyminen ei aiheuta täydellistä pisteiden päällekkäisyyttä (Kuva 7) /9/. Tämä mahdollistaa sen, että vastaanotto voi toimia heikommalla signaalilla.

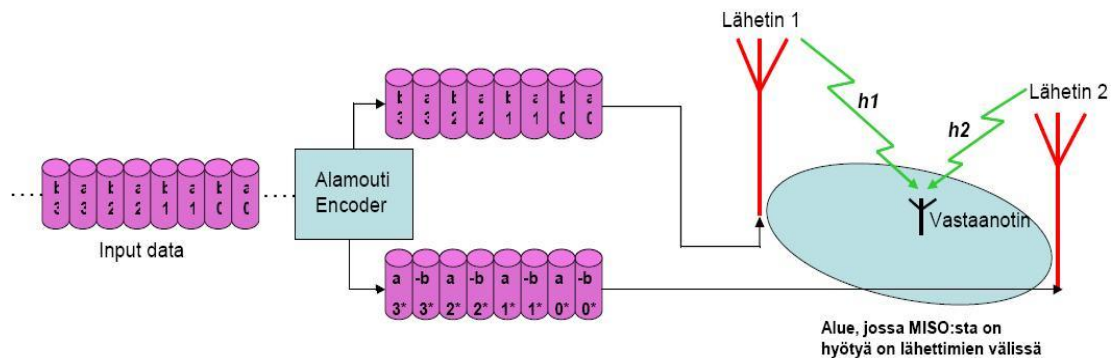
DVB-T:ssä käytetään 64QAM modulointia, kun taas DVB-T2:ssa voidaan käyttää 256QAM modulointia eli DVB-T:een 6 bittiä/symboli nousee DVB-T2:n 8 bittiä/symboliin mikä tarkoittaa 33 % kapasiteetin nousua.

Koska DVB-T2:ssa on laajennettu kaistanleveys suuremmilla FFT:illä, jotka ovat: 8k, 16k ja 32k, niin tämä mahdollistaa suuremman SFN -verkon (kuva 10). Hyöty on riippuvainen siitä, että mitä pilotteja (pilot - kantoaaltoja käytetään kanavaestimointiin) käytetään ja mikä FFT -koko valitaan. Esimerkiksi 32k hyöty n. 500 datakantoaaltoa lisää eli noin 2 % . /9, s.5./



**KUVA 10. Kaistanleveydet**

MISO (Multiple Input Single Output)-option avulla DVB-T2 standardi mahdollistaa Alamouti Scheme -menetelmän käyttämistä yksinkertaisissa SFN-verkoissa estämään koko kanavan häipymää (kuva 8). Alamouti Scheme ei nosta välitettävää datamäärää, vaan parantaa robustisuutta koko kanavan häipymää vastaan SFN-lähettimien välillä. Hyöty saattaa olla jopa 30 % isompi peittoalue kahden SFN-lähettimen tapauksessa. /9,s.10./



**KUVA 8. DVB-T2:n MISO -optio SFN -verkkoihin**

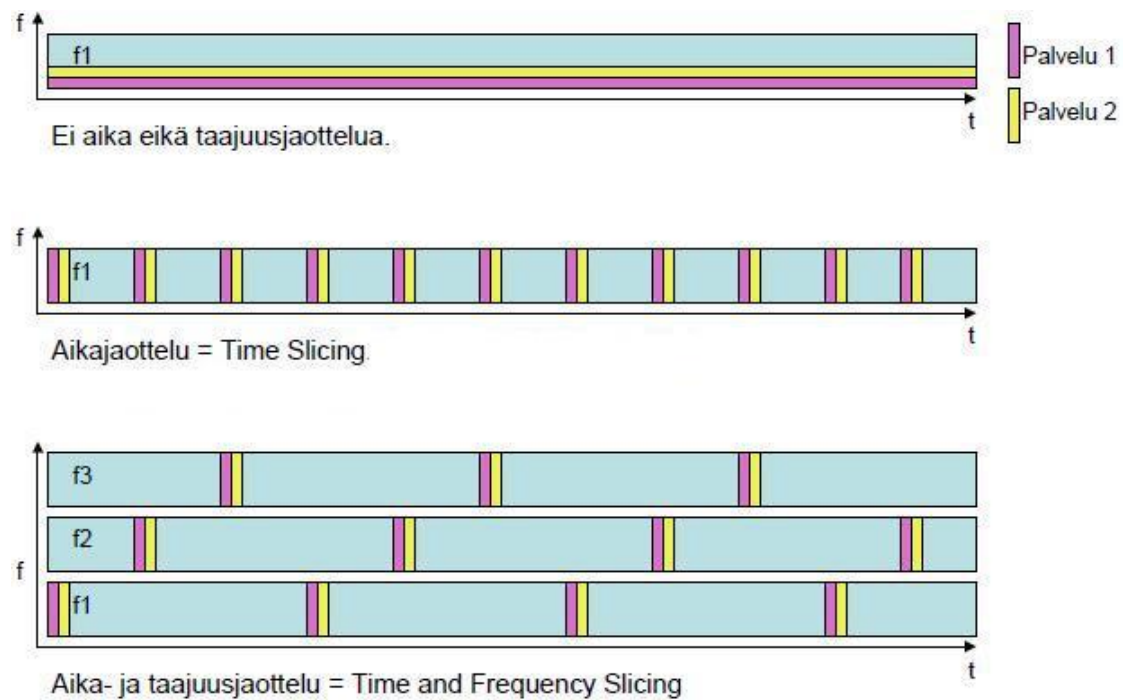
Suuret hetkelliset piikkitehot heikentävät DVB-T:ssä lähettimien hyötysuhdetta. Tämä johtuu siitä, että OFDM -symbolin sisällä konstellatio-pisteet eivät jakaudu tasaisesti koko konstellatiokartalle vaan pisteet keskittyvät tiettyyn alueeseen kartalla näin aiheuttaen voimakkaan summatehon. DVB-T2 standardissa tämä on ratkaistu kahdella eri tekniikalla. Ensimmäinen näistä tekniikoista on kantaaltojen varaus (Tone reservation), jossa 1 % kantaalloista varataan piikkitehojen vaimentamiseen.

Toisena tekniikkana käytetään konstellation laajennusta (Active Constellation Extension, ACE), jossa konstellatiota vääristetään piikkitehojen vaimentamiseksi. DVB-T2-standardi antaa mahdollisuuden jomman kumman tai molempien tekniikoiden käyttämiseen. Se että käytetäänkö jompaakumpaa vai molempia riippuu aivan käytettävistä lähetysparametreista. PAPR tekniikoilla saavutetaan n. 20 % alennus tarvittavaan piikkiteho / keskimääräinen teho suhteeseen. /9,s.11./

DVB-T2 standardissa on määritetty laajennuskehykset, jotka mahdollistavat standardin laajentamisen myöhemmin. Ainoa vaatimus näille kehyksille on, että ne alkavat P1 symbolilla, jossa kerrotaan kehyksen olevan FER eikä normaali kehys. FER:llä voidaan esimerkiksi myöhemmin määrittellä MIMO:n käyttö standardissa.

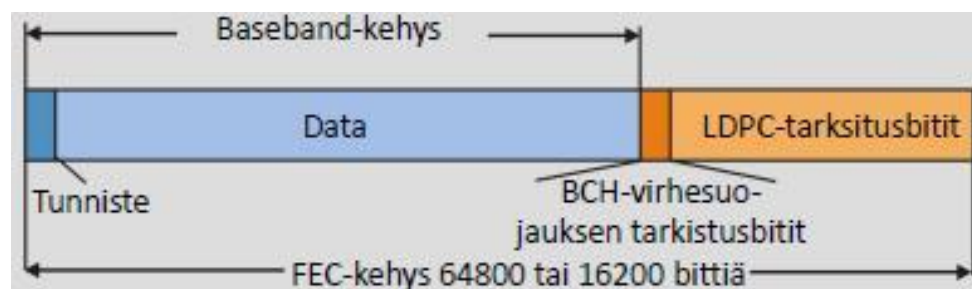
TFS:ää (Time and Frequency Slicing) käyttämällä saadaan statistinen multiplexaus kaikille lähetyskanaville (kuva 9). Hyöty riippuu palveluiden määrästä, mutta arvio on n. 20 % luokkaa. TFS:än etu on myös, että muut kanavat voivat vahvistaa häipyvää kanavaa, josta saadaan arviolta 5 db:in hyöty. TFS edellyttää vastaanottimelta kahta viritintä. TFS:ää käytetään DVB-T2:ssa kun taasen DVB-T:ssä ei ole aika- eikä taajuusjaottelua. Tällaisessa tapauksessa palveluja lähetään koko ajan tasaisesti.

Pelkkää aikajaottelua käytetään DVB-H:ssa, jossa yksi palvelu lähetetään purskeina ajanfunktiona. /9,s.13./



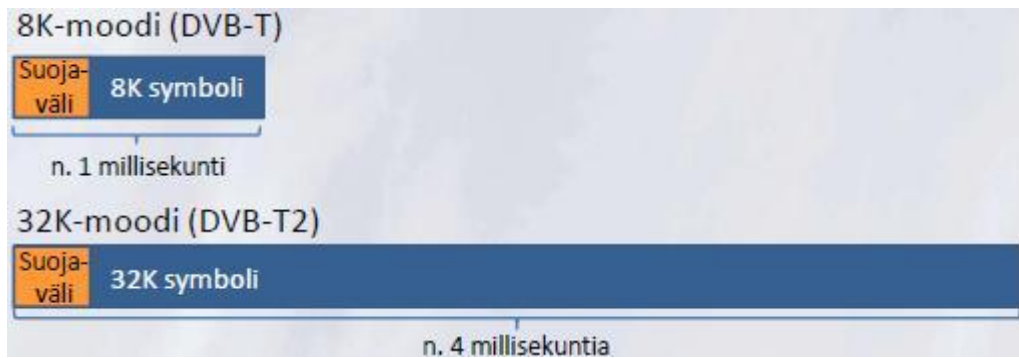
**KUVA 9. DVB-T2:n Aika- ja taajuusjaottelu**

DVB-T2-järjestelmään on valittu sama, hyväksi havaittu ja tehokas LDPC & BCH – virhesuojaus (kuva 11). Samaa virhesuojausmekanismia käytetään myös DVB-S2-jakelussa. LDPC/BCH -virhesuojaus mahdollistaa 256-QAM-vastaanoton karkeasti samalla kantoaalto-kohinaetäisyydellä kuin mitä 64-QAM vaatii DVB-T:ssä./12./



**KUVA 11. DVB-T2:n paranneltu virhekorjaus**

DVB-T2 suojavälvaihtoehdot ovat: 1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128 symbolipituudesta. 32K-moodilla suojavälin pituus symbolipituudesta on suhteessa lyhyempi kuin 8K-moodilla. Tämä mahdollistaa sen, että symboleja voidaan lähettää ajallisesti tiheämpään, mikä taas kasvattaa kapasiteettia (Kuva 12). /12./



**KUVA 12. DVB-T2 suojausväli**

Kaiken kaikkiaan DVB-T2 on jakelukapasiteetiltään, joustavuudeltaan sekä tehokkuudeltaan edeltäjänsä selkeästi parempi.

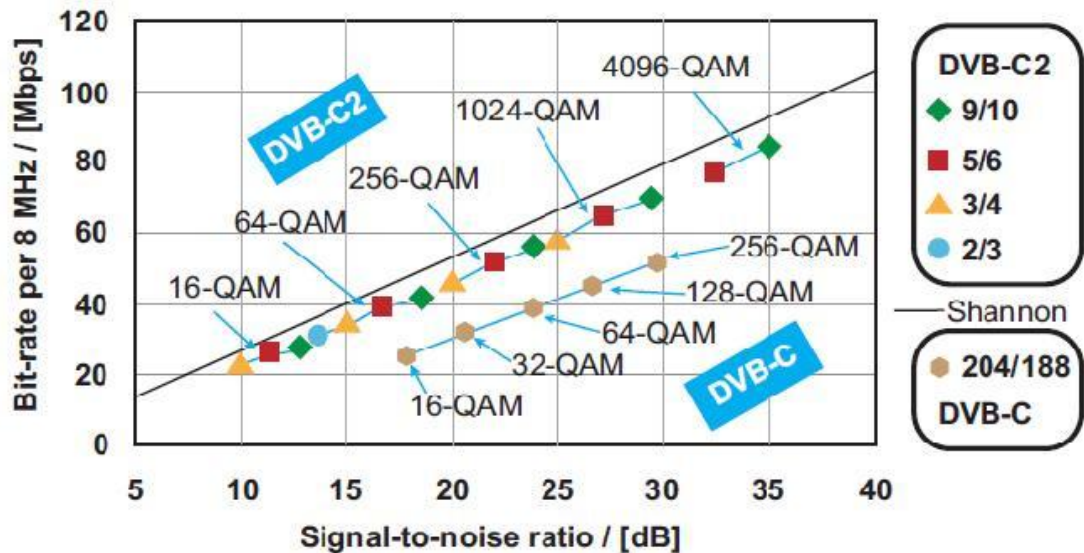
### 3.2 DVB-C2

DVB-C2 on suunniteltu digitaalisiin kaapelilähetyksiin. Se käyttää uusinta modulaatio- ja koodaus tekniikkaa, jotka mahdollistavat erittäin tehokkaan kaapeliverkon käytön, kun tähän asti downstreamin siirtokapasiteetti on jo saavuttanut rajansa. DVB-C2 käytetään aluksi toimittamaan uusia innovatiivisia palveluja kuten video-on-demand (VOD) ja teräväpiirtotelevision lähetyksiä (HDTV). Pidemmällä aikavälillä on suunniteltu siirtää DVB-C:n palveluja DVB-C2:lle. /13./

Kysyntä toisen sukupolven kaapelilähetyksen standardille oli monen eri tekijän summa. Syitä standardille olivat muun muassa se, että monet CATV-verkot olivat jo käytössä koko kapasiteetiltaan ja operaattoreiden korkea digitaalinen tarjonta tarvitsi joustavuutta joka pitäisi heidät kilpailukykyisinä. /13./

Muiden DVB – standardien tapaan myös DVB-C2:n spesifikaatio perustuu joukolle kaupallisia vaatimuksia. Keskeiset vaatimukset ovat kapasiteetin lisäys (vähintään 30 %), tuki eri input protokollille sekä parannettu virhetehokkuus.

DVB-C2 käyttää hyväkseen joitakin osia muista toisen sukupolven standardeista. Uuden standardin ei ole tarvinnut olla taaksepäin yhteensopiva DVB-C:n kanssa, mutta DVB-C2 -vastaanottimet pystyvät kyllä myös käsittelemään DVB-C-palveluja./13./



**KUVA 13. DVB-C2:n ja DVB-C:n suorituskykyvertailu kohinan suhteen tietyllä siirtonopeudella**

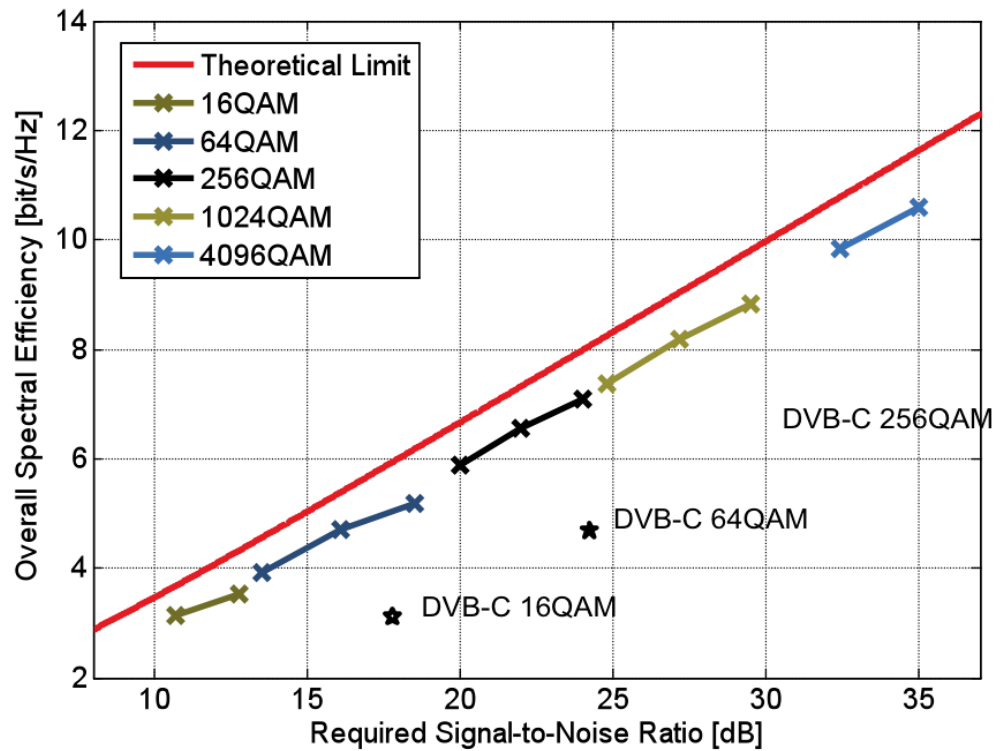
DVB-C2:n kohinataso on erinomainen, ja se pääseekin lähelle Shannonin rajaa kuten kuva 13:sta voi nähdä. Shannonin raja on teoreettinen maksimi informaation siirtonopeudelle tietyllä kohinatasolla. Joustavuus kaistanleveyden suhteen on edelleen tärkeä ominaisuus DVB-C2:ssa. /13./

	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

**KUVA 14. DVB-C2 ja DVB-C vertailu**

Edeltäjänsä tavoin DVB-C2 tarjoaa erilaisia tiloja ja vaihtoehtoja, jotka voidaan optimoida erilaisille verkon ominaisuuksille ja vaatimuksille eri palvelujen toimittamiseksi kaapeliverkon asiakkaille. Käyttämällä uusinta koodausta ja modulointitekniikka DVB-C2 mahdollistaa yli 30 % suuremman taajuuksien käytön tehokkuuden samoin asetuksin kuin nykypäivän DVB-C. /13./



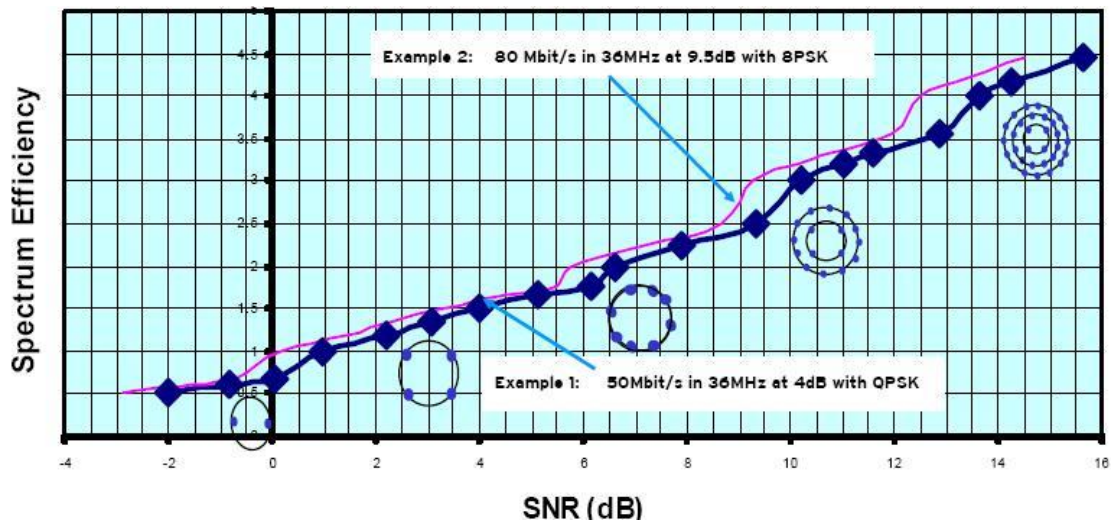


**KUVA 15. DVB-C2:n paremmat käyttömahdollisuudet verrattuna edeltäjäänsä**

### 3.3 DVB-S2

DVB-S2:n etuna edeltäjäänsä on muun muassa se, että DVB-S2:n hyötysuhde on 30 % parempi sekä myös DVB-S2:n mukautuva koodaus maksimoi satelliitin transponderin kaikkien resurssien käytön. DVB-S2 on edeltäjänsä tavoin erittäin halpa toteuttaa ja siihen on myös onnistuttu sekoittamaan DVB-S:n (kotikäyttöön) sekä DVB-DSNG:n (ammattilaiskäyttöön) toimintoja mikä mahdollistaa paremman tuen useammille sovelluksille.

/7./



**KUVA 4. DVB-S2:n suorituskyky –kuvaaja**

Alkuperäinen DVB-S -järjestelmä johon DVB-S2 perustuu, määrittää QPSK -modulaation käytön yhdessä kanavakoodauksen ja virheiden korjaamisen. Lisäyksiä on tehty DVB-DSNG palveluun (Digital Satellite News Gathering) esimerkiksi 8PSK ja 16QAM modulaatio käytön salliminen./7./

DVB-S2:ssa on neljä modulaatiotilaa käytettävissä QPSK ja 8PSK:ssä. Nämä ovat tarkoitettu broadcast – sovelluksille. 16APSK ja 32APSK, jotka edellyttää korkeampaa C/N (Carrier-To-Noise, kantoaallon suhde kohinaan) tasoa ovat suunnattu pääasiassa ammattilaiskäyttöön, kuten news gathering ja interaktiivisille palveluille. DVB-S2 käyttää hyvin tehokasta Forward Error Correction virheenkorjaus järjestelmää (FEC), joka on keskeinen tekijä saavutettaessa erinomainen suorituskyky korkeissa kohina- ja häiriötasoissa. FEC -järjestelmä perustuu BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquengham) ketjuttamiseen yhdessä LDPC:n (Low Density Parity Check) kanssa./7./

Mukautuva koodaus sekä modulointi (ACM) mahdollistavat lähetyksen parametrien muuttamisen kehys kerrallaan riippuen reitin olosuhteista yksittäiselle käyttäjälle. Se on pääasiassa suunnattu unicasting vuorovaikutteisille palveluille ja point-to-point ammattilaisohjelmille./7./

DVB-S2 tarjoaa lisävarusteena taaksepäin yhteensopivat tilat, jotka käyttävät hierarkkista modulaatiota ja tämä mahdollistaa sen, että vanhoilla DVB-T vastaanottimilla voidaan jatkaa vastaanottoa ja samalla saada lisää kapasiteettia ja palveluja uusille, kehittyneemmille vastaanottimille./7./

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

### KUVA 6. DVB-S:n ja DVB-S2:n vertailu

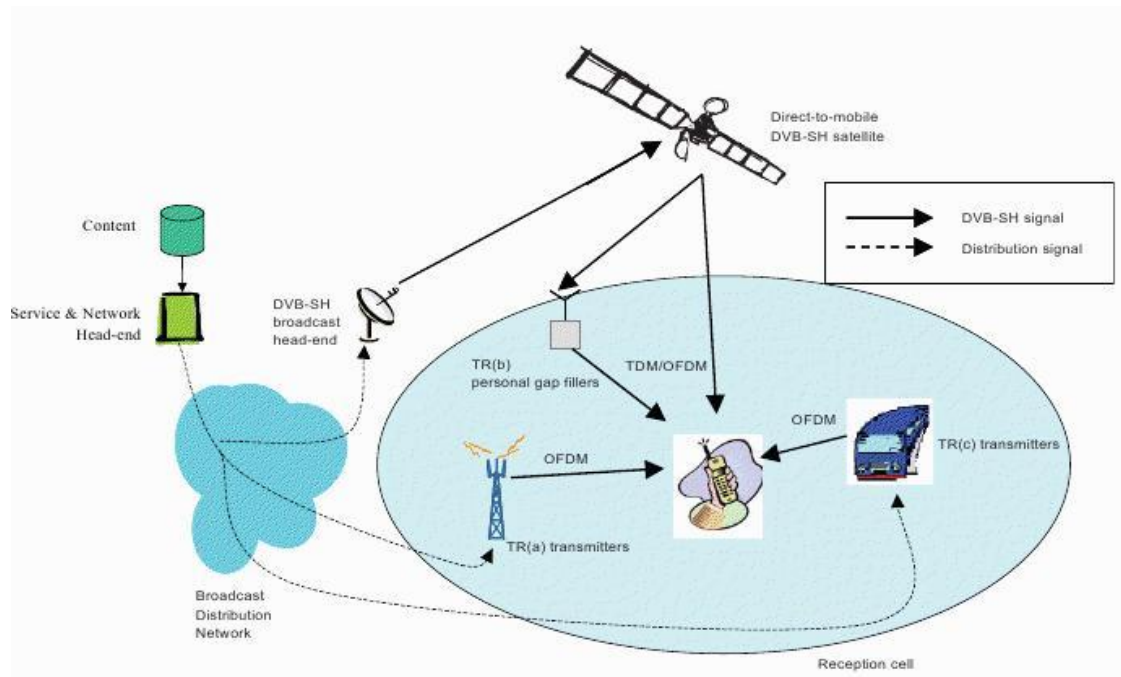
DVB-S2:n suorituskyvystä kertoo paljon sen pääseminen lähelle Shannonin rajaa. Se pystyy toimimaan -2dB kantoaaltokohinassa QPSK:n kanssa aina +16 db:iin asti 32APSK:n avulla. Kuva 6 osoittaa parannukset DVB-S2:n tehokkuudessa verrattuna DVB-S:ään tyypillisillä TV-lähetysten parametreilla, joissa kasvu on yli 30 % bittinopeudessa.

### 3.4 DVB-SH

DVB-SH eli Digital Video Broadcasting - Satellite services to Handhelds on Mobiili -satelliitin kautta välitettävä digitaalitelevisio. Standardin tarkoituksena on välittää video-, ääni- ja datapalveluja ajoneuvoihin ja kannettaviin laitteisiin. Keskeinen piirre DVB-SH:ssä on, että se on hybridi satelliitti-maa järjestelmästä. Se mahdollistaa satelliittien käytön jotta pystyttäisiin kattamaan suuret alueet.

Alueilla, joilla ei ole mahdollista suoraan satelliitin signaaliin, voidaan verkon parantamiseksi käyttää täytelähetintä (gap-filler), jotta vaadittu verkon kattavuus saavutetaan. DVB-SH on suunniteltu käyttämään alle 3 GHz taajuuksia, tyypillisesti noin 2,2 GHz taajuutta.

DVB-H on suunnattu ensisijaisesti käytettäväksi UHF -taajuusalueella mikä on tällä hetkellä käytössä useimmissa maissa analogisissa ja digitaalisissa maanpäällisissä tv-palveluissa. DVB-SH on taasen suunniteltu hyödyntämään S-taajuusalueen korkeampien taajuuksien mahdollisuuksia, jossa on vähemmän ruuhkia kuin UHF:ssä.



**KUVA 3. DVB-HS:n toiminta**

DVB-SH käyttää Time Division Multiplex (TDM) eli aikajakokanavointia jossa useita eri signaaleja voidaan siirtää samaa kanavaa pitkin ottamalla niistä näytteitä. DVB-SH on johtanut TDM:stä kaksi arkkitehtuuria joita kutsutaan SH-A ja SH-B nimillä. SH-A arkkitehtuuri käyttää OFDM:ää satelliitti- ja maanpäällisessä yhteydessä. SH-B arkkitehtuuri taasen käyttää TDM:ää satelliittiyhteydessä ja OFDM:ää maayhteyksissä.

DVB-SH:ssä on useita parannuksia verrattuna DVB-H:n. DVB-SH tarjoaa lisää vaihtoehtoisia koodaustasoja, 64QAM modulaatio järjestelmän sisällyttäminen tuki 1,7 MHz:n kaistanleveydelle ja 1k FFT:lle. FEC käyttää myös Turbo koodausta, parannettua aikalomitusta (time Interleaving) sekä tukea Antenna Diversitylle (AD) terminaaleissa.

On osoitettu, että radion parannus on ainakin 5,5 db:ä signaalin vaatimuksissa DVB-H ja DVB-SH välillä UHF-taajuuksilla. Parannukset voidaan selittää sen paremmalla rakennusten läpäisyllä, paremmalla peitteellä autossa sekä ulkoilmassa. /15./

S-taajuuskaista on ominaisuuksiltaan hyvin vaativa. Sen lyhyt aallonpituus (n. 13 cm) edellyttää melko tiheää maanpäällisten toistimien verkostoa kaupungeissa. Verkon kustannuksia voidaan alentaa, jos signaalikohinasuhde (SNR) tarvittavalle vastaanotolle

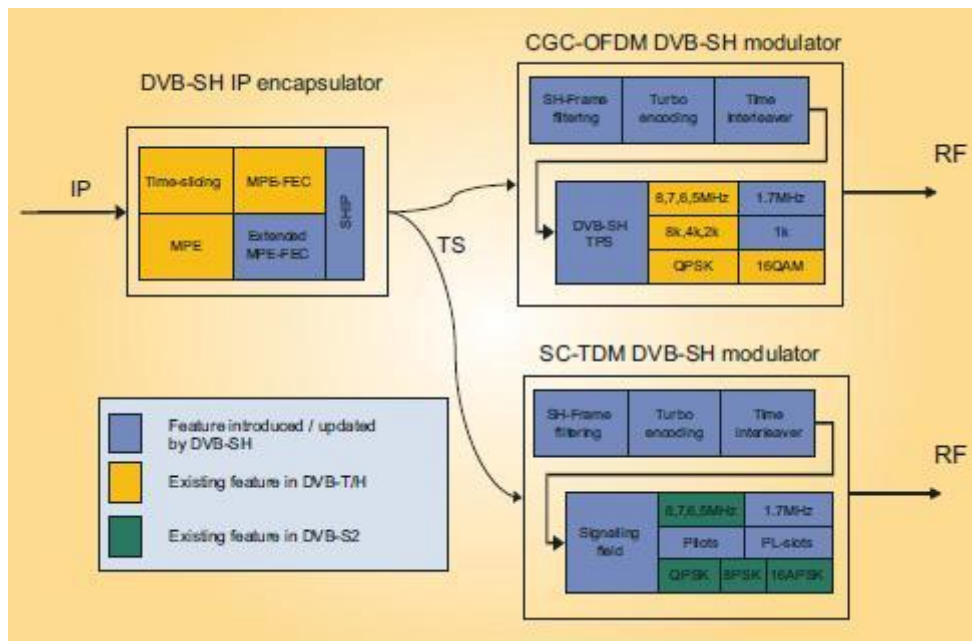
on tarpeeksi alhainen. S-taajuuskaistalla toimiminen vaatii DVB-SH:lta korkeita taajuuksia. Toimintaan helpottamaan on valikoima työkaluja, jotka parantavat signaalin robustisuutta. Näitä ovat esimerkiksi forward error correction (FEC) järjestelmä sekä 3GPP2 Turbo-code.

DVB-SH käyttää myös erittäin joustavaa kanava-interleaveriä, joka tarjoaa time diversityn noin sadasta millisekunnista aina useisiin sekunteihin riippuen kohdennetun palvelun tasosta sekä vastaavista ominaisuuksista (lähinnä muistin koko) päätelaiteluokassa.



**KUVA 16. Esimerkkejä DVB-SH:n päätelaitteista**

DVB-SH tekniikka käytetään laitteissa joita on tarkoitus kuljettaa mukana ja näin ollen laitteiden on oltava myös sopivan kokoisia painoltaan sekä kooltaan. Laitteiden on myös kulutettava vähän virtaa. Tällaisissa laitteissa tyypillisesti käytetään tavallista radiota, tv-palveluja, mobiili-tv:lle tehtyjä ääni- ja kuvapalveluja kuten: virtuaaliset tv-kanavat ja pod-castit. Myös erilaisten datan toimittamista käytetään kuten esimerkiksi soittoäänten ja logojen tilaukset. Video-on-demand palvelut ovat myös DVB-SH:ta käyttävissä laitteissa tarpeellisia kuten myös erilaiset informatiiviset palvelut kuten uutiset-palvelut tai sijaintiin perustuvat palvelut.



**KUVA 17. DVB-SH:n arkkitehtuuri**

## 4 UUDEN STANDARDIN KÄYTTÖNOTTO MAAILMALLA

Siirtyminen uuden standardiperheen tekniikoihin on vasta aluillaan. Vauhti kuitenkin kokoajan kiihtyy siirtymisen suhteen erityisesti DVB-T2:n kohdalla, joka tarjoaakin paljon uutta maanpäälliseen verkkoon. Muiden tekniikoiden tuleminen käyttöön on vain ajan kysymys.

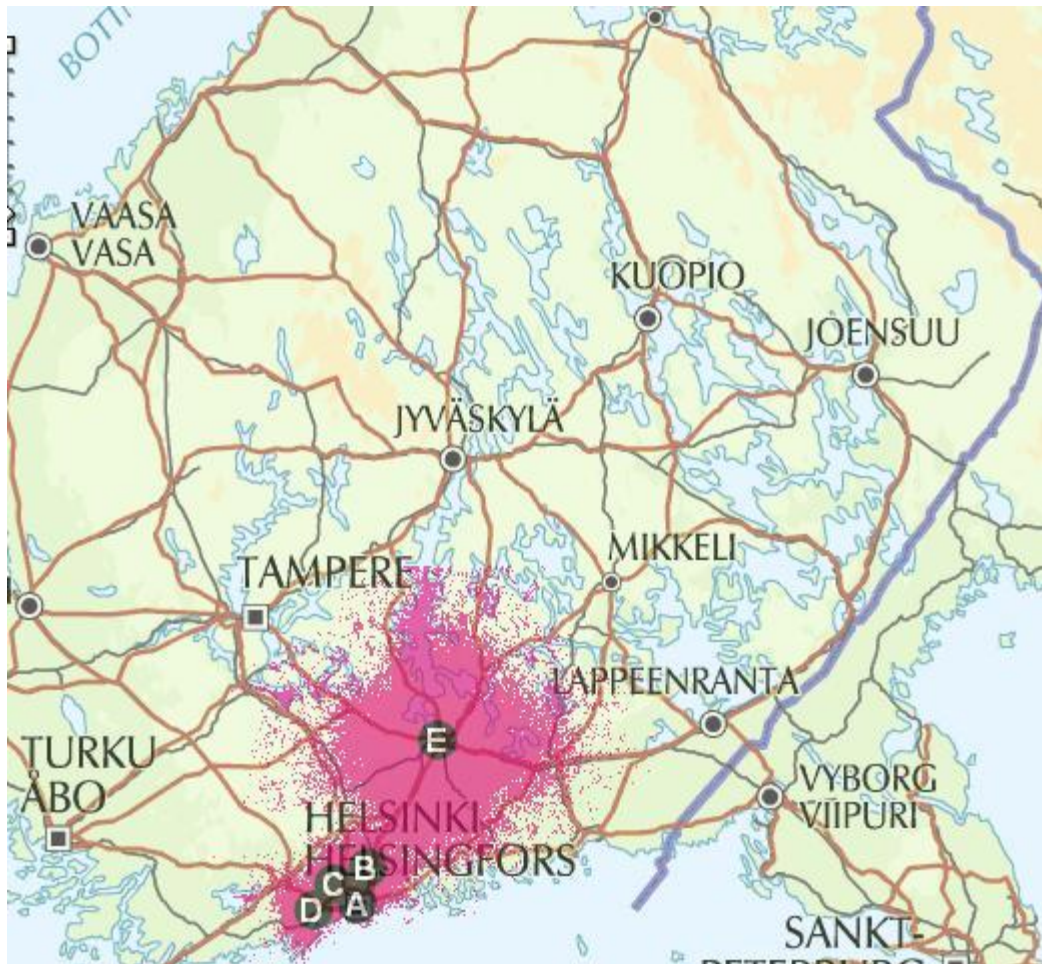
### 4.1 Suomi

Ensimmäinen DVB-T2-lähetinasema Suomessa sijaitsee Lahden Radiomäellä, Radio- ja TV-museon radiomastossa. Tämä yhden kilowatin lähetin toimii VHF -alueella ja lähettimen antenni on sijoitettu 145 metrin korkeuteen. Säteililyteholtaan antenni on neljän kilowatin luokkaa. Peittoalueena tämä tarkoittaisi aluetta, jonka säde on noin 50 kilometriä. DNA:n kuluttajaliiketoimintaa johtavan Pekka Väisäsen mukaan ensimmäisessä pilotissa testataan T2-lähetystoimintaa. VHF -alueella voidaan saada yhdellä lähettimellä Päijät-Hämeen alueelle niinkin laaja peitto, että se kattaa noin 280 000 asukasta. /10./

Väisäsen mukaan seuraavaksi on vuorossa pääkaupunkiseudun lähetysohjelmien pilotti, jossa testataan toisenlaista vaihtoehtoa lähetysohjelmalle. Pääkaupunkiseudun kokeilussa käytetään pienempitehoisia lähettimeitä, joiden antennit sijoitetaan neljään eri matkapuhelinmastoon 36 – 80 metrin korkeuksille. Näiden antennien säteilyteho on 450 – 500 watin luokkaa. Neljän lähettimeen kattama peittoalue on pinta-alaltaan Lahden pilotin aluetta pienempi, mutta asukkaita on alueella noin 1,2 miljoonaa, joten peittoalueen ei tarvitse ollakaan sen suurempi. /10./

Vancouverin olympialähetysten HDTV-kuluttajapilotti olisi tarkoituksenaan järjestää kolmantena helmikuussa, johon käytetään sekä Lahden että pääkaupunkiseudun pilottiverkkoa. Kokeilu kattaa alueen, jolla on noin 1,5 miljoonaa asukasta. Ylen olympialaisista toimittamien HDTV-ohjelmien lähetykset tosin hoidetaan nykyisen DVB-T -standardin mukaisesti, sillä kuluttajien käytössä ei ole vielä T2-dekooderilaitteita, Väisänen huomauttaa. /10./

Operaattori DNA rakentaa parhaillaan antenniverkkoa maanpäällisiin teräväpiirtolähetyksiin. Ensimmäisten lähetysten pitäisi alkaa vuoden 2010 lopussa, ja verkon pitäisi kattaa 60 prosenttia Manner-Suomen väestöstä vuoden 2011 loppuun mennessä. /14./



**KUVA 18. Dna HDTV-lähetysten näkyvyyskartta 1.3.2010**

Hallitus on myöntänyt luvat seitsemälle uudelle maksulliselle teräväpiirtokanavalle antenniverkkoon. Kanavia ovat: Discovery Channelin Animal Planet HD, Family Channelin nuorisokanava, Canal+ Film HD, MTV:n HD-kanava, Nelonen Sport Pro HD -urheilukanava, Turner Entertainment Networks -elokuvakanava sekä TV 1000 HD -elokuvakanava. Näiden kanavien lisäksi Yleisradiolle on varattu taajuuskapasiteettia yhtä teräväpiirtokanavaa varten ilman hakemusta. /14./

Lähetyksissä käytetään DVB-T2-lähetysstandardia ja MPEG4-kuvanpakkausta. Lähetysten katselu edellyttää digiboksia, joka pystyy vastaanottamaan DVB-T2-lähetysä. Tulevissa maaverkon teräväpiirtoisissa HDTV-lähetyksissä Digita aikoo panostaa uuteen DVB-T2-standardiin. Yritys on kokeillut Espoon lähettimen kautta lähetysä myös nykyisellä vanhalla DVB-T-tekniikalla MPEG4-pakattuna. /16./

Digita ilmoittaa voivansa aloittaa antenni-tv-verkossa teräväpiirtolähetykset DVB-T2-lähetystekniikalla jo vuoden 2010 alkupuolella, jos lupa lähetysille irtoaa.



Teräväpiirtolähetykset Vancouverista olisivat hyvä lähtölaukaus maaverkon HDTV-lähetyksille. Päätöstä kahden kanavanipun HDTV-toimiluvista odotetaan kesäkuun 2009 aikana. Ministeriö valmistelee parhaillaan ohjelmistolupien asettamista kanavanippuihin. Digitan kanssa luvista kisaa Anvia, DNA Oy ja Telemast Nordic Oy. Heistä ainakin Anvia on kokeillut Suomessa jo DVB-T2-lähetyksiä. /16./

Lähetyilupaa hakeva Digita on johtanut myös lähetystandardia valmistellutta kaupallista ryhmää sekä ollut mukana teknisessä valmisteluryhmässä, jotta kuluttajille voitaisiin tuoda uudenlaiset DVB-T2-disovittimet. DVB-T2-tekniikkaa kokeillaan laajalti Euroopassa. Uusi siirtotekniikka mahdollistaa nykyiseen DVB-T-lähetystekniikkaan verrattuna enemmän kanavia ja erittäin korkealaatuista kuvaa nyt verkkotoimilupien hakuprosessissa jaettavana olevissa kahdessa kanavanipussa. /16./

Valmistelut DVB-T2-standardin suhteen on edennyt erittäin nopeasti, koska esimerkiksi Iso-Britannia on halunnut lähteä liikkeelle teräväpiirtolähetyksissä suoraan DVB-T2:lla ilman välivaihetta DVB-T-standardin kanssa. Uusi lähetystekniikka mahdollistaa kahteen kanavanippuun kahdeksasta kymmeneen teräväpiirtokanavaa, joilla saadaan tarjolle monipuolinen valikoima teräväpiirtokanavia tv-katsojille. /16./

MPEG-4 on kuvan koodauksen osalta paras vaihtoehto, mikä on Liikenne- ja viestintäministeriössä määritelty toimilupia koskevissa hakuilmoituksissakin. Monikanavaäänet ja kuvan lopullinen resoluutio sen sijaan selviävät myöhemmin toimiluvanhaltijoiden välisissä neuvotteluissa. Digita on lähettänyt jo useampaankin otteeseen antenni-tv-verkossa salaamattomia teräväpiirtokoelähetyksiä, joista esimerkkeinä ovat jalkapallon MM-kisat 2006, Pekingin olympialaiset 2008 sekä jääkiekon Karjala-turnaus syksyllä 2008. /16./

Tulevien T2-digiboksien toimintavarmuus varmistetaan uudella Antenna Ready HD-sertifiointilla, jota Digita on ollut mukana kehittämässä. Sertifiointi vastaa jo käytössä olevaa Cable HD Ready -sertifiointia. DVB-T2-lähetyksen vastaanottaminen sujuu vanhoilla kunnossa olevilla VHF-antenneilla eikä standardin laatimisen yhteydessä ideoituja monikanavaisia MIMO-antenneja tarvita. /16./

Anvia Oyj:lle Valtioneuvosto on myöntänyt kaksi verkkotoimilupaa televisiotoimintaan. Luvat edellyttävät, että lähetyksissä käytetään DVB-T2 – standardia sekä MPEG4 – pakkaustekniikkaa. Anvia Oyj on ilmoittanut käynnistävänsä valtakunnallisen F-kanavanipun maaliskuussa 2011 ja pääkaupunkiseudun HD3-kanavanipun vuoden 2010 loppuun mennessä. Toimiluvat ovat voimassa vuoden 2016 loppuun. /19./

Kesällä 2010 olisi Digitan mukaan valmistumassa Pohjoismaiden yhteinen DVB-T2 Nordic - määrittely päätelaitteita varten. Tällä koetetaan varmistaa yhteensopivuus maiden välillä. Digita arvioin mukaan ensi vuoden alussa hdtv-peitto voisi olla 30 prosenttia kansasta, ja vuoden 2011 loppuun mennessä voitaisiin tavoittaa jo 60 prosenttia suomalaisista. Vuoteen 2016 asti lähetykset olisivat kokeiluvaiheessa. /21./

## 4.2 Ulkomaat

Ensimmäisen testin oikealla TV – lähettimellä suoritti BBC Britanniassa kesäkuussa 2008 /18./. Joulukuussa 2009 Britannia oli ensimmäinen maa, joka alkoi tarjota kuluttajille DVB-T2 – lähetyksiä. Aluksi kanavia oli vain kaksi (BBC HD ja ITV HD), joista molemmat tarjosivat antenniverkon kuluttajille teräväpiirtoista materiaalia. /19./

Joulukuussa DVB-T2 – lähetyksiä aloitettiin Manchesterissa ja Lontoossa. Lisää lähettimiä asennettiin helmikuusta 2010 ja vuoden 2010 jalkapallon MM-kisoihin mennessä DVB-T2-peiton pitäisi kattaa puolet Britannian asukkaista. Kolmen vuoden kuluttua DVB-T2-lähetysten ulottuvilla tulisi olla 98,5 prosenttia Britannian asukkaista, jos kaikki työt etenevät nykyisten suunnitelmien mukaan. /17./

Ruotsalaisen päivälehdessä Dagens Nyheterin mukaan Ruotsin yleisradioyhtiö SVT haluaa aloittaa teräväpiirtolähetykset maanpäällisessä digi-tv-verkossa vuoden 2010. SVT:n ehdotuksen mukaan aluksi jakeluun tulisi kaksi teräväpiirtolähetyksenä nähtävää kanavaa. Yhdestä vastaisi SVT ja toisesta jokin muu ruotsalainen tv-yhtiö. Per Björkmanin, joka vastaa SVT:n tekniikasta vastaava johtaja, mukaan loputkin tv-kanavat siirtyisivät jatkossa hdtv-lähetyksiin. /22./ Euroopassa moni maa kuten Saksa, Espanja ja Itävalta ovat suunnittelemassa kokeilujaksoa. Myös Italia, Turkki ja Serbia ovat ilmoittaneet halukkuutensa uuden standardin käyttöönoton suhteen.

## 5 YHTEENVETO

Toisen sukupolven standardiperheen tuleminen on selkeästi positiivinen asia. Vaikka satelliitti- ja kaapelitekniikassa olisikin pärjätty ainakin hetki vanhalla tekniikalla, niin ei uuden tekniikan tuomia mahdollisuuksia voida kieltää. Entistä enemmän teräväpiirtokanavia kuluttajille on vain hyvä asia. Teräväpiirtolähetykset näen olevan se suurin syy kyseisille tekniikoille.

DVB-SH mahdollistaa DVB-H:ta paremmat mahdollisuudet interaktiiviselle sisällölle sekä ip datacasting yhteydet. Toisaalta DVB-SH on DVB-H:ta kompleksisempi, joten sen suuntaan ei ole suuressa määrin lämmenty. Mobiili-tv:n kohdalla DVB-SH olisi varsin mainio erityisesti harvaan asutuilla seuduilla sen paremman kuuluvuuden vuoksi. Ei sovi myöskään unohtaa sen tuomia mahdollisuuksia sisätiloissa ja liikkeellä ollessa. Esimerkiksi autoteollisuuteen liittyvissä sovelluksissa DVB-SH:n luomat mahdollisuudet mobiilitelevision suhteen ovat varmasti kiistattomat

DVB-T2 on tekniikoista hyödynnetyin askel tällä hetkellä juurikin sen takia, että se mahdollistaa teräväpiirtolähetykset maanpäällisessä verkossa sekä enemmän kanavia isolle määrälle kuluttajia. Esimerkiksi Iso-Britanniassa siirryttiin suoraan DVB-T2 tekniikkaan ilman DVB-T – välivaihetta. Tämä kertoo vain odotuksista ja mahdollisuuksista tämän kyseisen tekniikan suhteen. Teräväpiirtolähetyksiin tarkoitetuissa VHF - verkoissa kustannustaso on alempi verrattuna nykyisiin UHF – verkkoihin, koska verkko voidaan toteuttaa pienemmällä määrällä lähettimeä. Jo tällä tasolla ajateltaessa DVB-T2 on järkevä vaihtoehto varsinkin, kun mietitään yleistä tiloustilannetta niin Suomessa kuin muualla maailmassa tällä hetkellä.

Kaapeliverkossa on jo pystytty nauttimaan teräväpiirtolähetyksistä. Tämä on mahdollista kaapeliverkon suuremman kapasiteetin vuoksi verrattuna maanpäälliseen verkkoon, jossa DVB-T:n kapasiteetti ei riitä teräväpiirtolähetyksille. DVB-C2 ei ole vielä kaupallisessa käytössä ja sen tulemistakin on epäilty. Kysyntä erilaisille kehittyneille palveluille kuten interaktiivisille palveluille, HDTV:lle sekä VoD:lle on kuitenkin kasvanut. Sama pätee DVB-S2:lle, sekään ei ole vielä kaupallisessa käytössä.

DVB-S2 mahdollistaa jopa 26 normaalia digitaalitelevision kanavaa jokaista transponderia kohti. Määrä HDTV – lähetystenkin kohdalla on huomattavasti suurempi kuin DVB-S:llä. Täten DVB-S2 on myös edeltäjänsä edullisempi vaihtoehto. Kuitenkin DVB-S2 ei ole syrjäyttämässä edeltäjänsä vielä hetkeen, koska kuluttajilla on täysin toimivia ja luotettavia päätelaitteita, tämä sama asia on myös totta DVB-C2:n kohdalla. Se missä DVB-S2 olisi parhaimmillaan, olisi alueilla jonne ei ole mahdollista saada xDSL infrastruktuuria. Tuollaisille alueille satelliitin kautta toimiva nopea internetti olisi sellaista johon DVB-S ei koskaan pystyisi.

Uusi standardiperhe omaa muidenkin kuin DVB-T2:n osalta selkeää potentiaalia vaikkakaan eivät ole päässeet vielä kuluttajien käyttöön. Ajankohta ei ole ehkä paras tällä hetkellä, koska moni kuluttaja on hankkinut vastikään päätelaitteen, joka standardin vaihtuessa uudempaan, ei enää tukisi sitä uutta standardia vaan edessä olisi uuden hankkiminen. Tällaista jatkuvaa laitteiden hankintaa ei voida olettaa tapahtuvan kovinkaan lyhyellä aikavälillä, on siis odotettava ja saatava DVB-C2:lle ja DVB-S2:lle sellaisia ohjelmia ja sovelluksia joilla on selkeää kysyntää kuluttajamarkkinoilla. Henkilökohtaisesti itse odotan DVB-SH:lta paljon, koska nykytekniikalla esimerkiksi televisiolähetyksen katsominen liikkeellä ollessa on mahdollista vain isommissa kaupungeissa. DVB-SH:n tuomat edut nopeudessa sekä peittoalueessa ja tietenkin luotettavuudessa ovat tulevaisuudessa mielenkiintoinen valttikortti palveluiden suhteen.

## LÄHTEET

1 Tekniset standardit. 2009. digitv.fi. WWW -dokumentti.

<http://www.digitv.fi/sivu.asp?path=1;2997;8218;956>

Päivitetty 7.4.2009 Luettu 11.11.2009

2 DVB-T Fact Sheet. 2009. Dvb.org. PDF -dokumentti.

[http://www.dvb.org/technology/fact\\_sheets/DVB-T-Fact-Sheet.0709.pdf](http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T-Fact-Sheet.0709.pdf)

Päivitetty 23.7.2009 Luettu 12.11.2009

3 History of the DVB Project. Dvb.org. WWW-dokumentti.

[http://www.dvb.org/about\\_dvb/history/#4](http://www.dvb.org/about_dvb/history/#4)

Päivitetty Luettu 12.11.2009

4 DVB-T. 2009. Wikipedia. WWW-dokumentti.

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

Päivitetty 22.11.2009. Luettu 28.12.2009

5 DVB-T2 Fact sheet. 2008. Dvb.org. PDF -dokumentti.

[http://www.dvb.org/technology/fact\\_sheets/DVB-T2-Fact-Sheet.0409.pdf](http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T2-Fact-Sheet.0409.pdf)

Päivitetty 24.7.2008 Luettu 20.12.2009

6 DVB-H. 2009. Wikipedia. WWW-dokumentti.

<http://fi.wikipedia.org/wiki/DVB-H>

Päivitetty 9.10.2009. Luettu 7.2.2010

7 DVB-S2. 2004. Dvb.org. PDF -dokumentti.

<http://www.dvb.org/documents/white-papers/wp06.DVB-S2.final.pdf>

Päivitetty 7.6.2004. Luettu 14.2.2010

8 Lo Standard DVB di seconda generazione per l'HDTV. 2008. Fub.it. PDF-dokumentti.

<http://www.fub.it/public/Morello020408B.pdf>

Päivitetty 3.4.2008. Luettu 22.2.2010

9 Risberg, Kari. DVB-T2 Elektroniikkainsinöörien seura. 2009. Eis.fi. PDF-dokumentti

<http://www.eis.fi/tapahtumat/2009/RISS/11022009/HDTV.pdf>

Päivitetty 11.2.2009 Luettu 22.2.2010

10 Lindstedt, Seppo. DNA demosi DVB-T2-teräväpiirtolähetystä. 2010. Prosessori.fi. WWW-dokumentti.

<http://www.prosessori.fi/uutiset/uutinen2.asp?id=54833>

Päivitetty 9.12.2010 Luettu 23.2.2010

11 Ikonen, Ari. Uuden HD-jakeluun tarkoitetun DVB-T2-järjestelmän esittely. 2010. Telestory.fi. PDF-dokumentti.

[http://www.telestory.fi/DVB-T2\\_Esittely\\_Turun\\_radioseura\\_helmikuu%202010.pdf](http://www.telestory.fi/DVB-T2_Esittely_Turun_radioseura_helmikuu%202010.pdf)

Päivitetty 4.3.2010 Luettu 10.3.2010

12 DVB-SH. 2009. Dvb.org. PDF-dokumentti.

<http://www.dvb-h.org/PDF/dvb-sh-fact-sheet.0409.pdf>

Päivitetty 8.4.2009 Luettu 15.3.2010

13 DVB-C2 fact sheet. 2009. Dvb.org. PDF-dokumentti.

[http://www.dvb.org/technology/fact\\_sheets/DVB-C2-Fact-Sheet.0409.pdf](http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-C2-Fact-Sheet.0409.pdf)

Päivitetty 14.4.2009 Luettu 21.3.2010

14 Pitkänen, Perttu. Suomi saamassa kahdeksan uutta hd-kanavaa. 2010. Itviikko.fi. WWW-dokumentti.

<http://www.itviikko.fi/talous/2010/03/25/suomi-saamassa-kahdeksan-uutta-hd-kanavaa/20104392/7>

Päivitetty 25.3.2010 Luettu 25.3.2010

15 Nuove piattaforme per la diffusione della TV digitale. 2008. Fub.it. PDF-dokumentti

<http://www.fub.it/public/Montagna020408.pdf>

Päivitetty 3.4.2008 Luettu 22.3.2010

16 Peltoniemi, Jari. Teräväpiirtoa vain DVB-T2-jakeluna. 2009. Proessori.fi. WWW-dokumentti.

<http://www.proessori.fi/uutiset/uutinen2.asp?id=53995>

Päivitetty 12.6.2009 Luettu 19.4.2010

17 BBC announces timetable for Freeview HD signal availability. 2009. Bbc.co.uk. WWW-dokumentti.

[http://www.bbc.co.uk/pressoffice/pressreleases/stories/2009/11\\_november/16/freeview.shtml](http://www.bbc.co.uk/pressoffice/pressreleases/stories/2009/11_november/16/freeview.shtml)

Päivitetty 16.11.2009 Luettu 22.2010

18 BBC begins DVB-T2 test transmissions in preparation for HD on Freeview. 2008. Bbc.co.uk. WWW-dokumentti.

[http://www.bbc.co.uk/pressoffice/pressreleases/stories/2008/06\\_june/27/hd.shtml](http://www.bbc.co.uk/pressoffice/pressreleases/stories/2008/06_june/27/hd.shtml)

Päivitetty 26.6.2008 Luettu 22.4.2010

19 BBC announces timetable for Freeview HD. 2009. Bbc.co.uk. WWW-dokumentti.

<http://www.expertreviews.co.uk/general/272593/bbc-announces-timetable-for-freeview-hd>

Päivitetty 16.11.2009 Luettu 22.4.2010

20 Anvialle valtakunnallinen ja alueellinen teräväpiirtolupa. 2010. Mintc.fi. WWW-dokumentti.

<http://www.mintc.fi/web/fi/tiedote/view/1157130>

Päivitetty 08.04.2010 Luettu 22.4.2010

21 Lehto, Tero. Uudelle dvb-t2-tekniikalle laaja tuki hdtv-lähetysissä. 2009.

Tietokone.fi. WWW-dokumentti

[http://www.tietokone.fi/uutiset/2009/uudelle\\_dvb\\_t2\\_tekniikalle\\_laaja\\_tuki\\_hdtv\\_lahetyksissa](http://www.tietokone.fi/uutiset/2009/uudelle_dvb_t2_tekniikalle_laaja_tuki_hdtv_lahetyksissa)

Päivitetty 12.6.2009 Luettu 23.4.2010

22 Helsingin Sanomat. Ruotsin yleisradio suunnittelee teräväpiirtolähetysten aloittamista. 2009. Hs.fi. WWW-dokumentti.

<http://www.hs.fi/kulttuuri/artikkeli/Ruotsin+yleisradio+suunnittelee+teräväpiirtolähetysten+aloittamista/1135248944227>

Päivitetty 31.8.2009 Luettu 23.4.2010

## **KUVALÄHTEET**

Kuva 1 DVB-T lähettimen tekninen kuvaus. Wikipedia. WWW – dokumentti.

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/Dvbt\\_tx\\_scheme.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/Dvbt_tx_scheme.svg)

Kuva 2 DVB-C lähettimen tekninen kuvaus. Wikipedia. WWW – dokumentti.

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/Dvbc\\_tx\\_scheme.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/Dvbc_tx_scheme.svg)

Kuva 3 DVB-HS toiminta. 2009. Dvb.org. PDF-dokumentti.

<http://www.dvb-h.org/PDF/dvb-sh-fact-sheet.0409.pdf>

Päivitetty 8.4.2009 Luettu 14.12.2009

Kuva 4 DVB-S2 suorituskyky. 2004. Dvb.org. PDF-dokumentti.

<http://www.dvb.org/documents/white-papers/wp06.DVB-S2.final.pdf>

Päivitetty 7.6.2004. Luettu 14.2.2010

Kuva 5 DVB-T ja DVB-T2 eroista. 2009. Dvb.org. PDF-dokumentti.

[http://www.dvb.org/technology/fact\\_sheets/DVB-T2-Fact-Sheet.0409.pdf](http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T2-Fact-Sheet.0409.pdf)

Päivitetty 14.4.2009. Luettu 14.2.2010

Kuva 6 DVB-S:n ja DVB-S2:n vertailu. 2004. Dvb.org. PDF-dokumentti

[http://www.dvb.org/technology/fact\\_sheets/DVB-S2-Fact-Sheet.0709.pdf](http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-S2-Fact-Sheet.0709.pdf)

Päivitetty 7.6.2004. Luettu 14.2.2010

Kuva 7 DVB-T2 Kierretty konstellaatio. Risberg, Kari. DVB-T2

Elektroniikkainsinöörien seura. 2009. Eis.fi. PDF -dokumentti.

<http://www.eis.fi/tapahtumat/2009/RISS/11022009/HDTV.pdf>



Päivitetty 11.2.2009. Luettu 22.2.2010

Kuva 8 DVB-T2 MISO-optio. Risberg, Kari. DVB-T2 Elektroniikkainsinöörien seura. 2009. Eis.fi. PDF -dokumentti.

<http://www.eis.fi/tapahtumat/2009/RISS/11022009/HDTV.pdf>

Päivitetty 11.2.2009. Luettu 22.2.2010

Kuva 9 . DVB-T2:n Aika- ja taajuusjaottelu. Risberg, Kari. DVB-T2 Elektroniikkainsinöörien seura. 2009. Eis.fi. PDF -dokumentti.

<http://www.eis.fi/tapahtumat/2009/RISS/11022009/HDTV.pdf>

Päivitetty 11.2.2009. Luettu 22.2.2010

Kuva 10 DVB-T2 MISO-optio. Risberg, Kari. DVB-T2 Elektroniikkainsinöörien seura. 2009. Eis.fi. PDF -dokumentti.

<http://www.eis.fi/tapahtumat/2009/RISS/11022009/HDTV.pdf>

Päivitetty 11.2.2009. Luettu 22.2.2010

Kuva 11 DVB-T2:n parannettu virhesuojaus. Ikonen, Ari. Uuden HD-jakeluun tarkoitetun DVB-T2-järjestelmän esittely. 2010. telestory.fi. PDF-dokumentti.

[http://www.telestory.fi/DVB-T2\\_Esittely\\_Turun\\_radioseura\\_helmikuu%202010.pdf](http://www.telestory.fi/DVB-T2_Esittely_Turun_radioseura_helmikuu%202010.pdf)

Päivitetty 4.3.2010 Luettu 10.3.2010

Kuva 12 DVB-T2 suojausväli. Ikonen, Ari. Uuden HD-jakeluun tarkoitetun DVB-T2-järjestelmän esittely. 2010. telestory.fi. PDF-dokumentti.

[http://www.telestory.fi/DVBT2\\_Esittely\\_Turun\\_radioseura\\_helmikuu%202010.pdf](http://www.telestory.fi/DVBT2_Esittely_Turun_radioseura_helmikuu%202010.pdf)

Päivitetty 4.3.2010 Luettu 10.3.2010

Kuva 13 DVB-C2 vs DVB-C. 2009. Dvb.org. PDF-dokumentti

[http://www.dvb.org/technology/fact\\_sheets/DVB-C2-Fact-Sheet.0409.pdf](http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-C2-Fact-Sheet.0409.pdf)

Päivitetty 14.4.2009 Luettu 15.3.2010

Kuva 14 DVB-C2 ja DVB-C vertailu. 2009. Dvb.org. PDF-dokumentti.

[http://www.dvb.org/technology/fact\\_sheets/DVB-C2-Fact-Sheet.0409.pdf](http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-C2-Fact-Sheet.0409.pdf)

Päivitetty 14.4.2009 Luettu 15.3.2010

Kuva 15 Komonen Olli-Pekka & Kilpeläinen Toni, Teräväpiirto. Tietokone, 2007, s.24,Lokakuu

Kuva 16 Kaunisto Osku, Teräväpiirto tutuksi. Mikrobitti, 2009,3, s.54-59, Maaliskuu.

Kuva 17 DVB-SH arkkitehtuuri. 2007. Ebu.ch. PDF-dokumentti.

[http://www.ebu.ch/fr/technical/trev/trev\\_311-dvb\\_sh.pdf](http://www.ebu.ch/fr/technical/trev/trev_311-dvb_sh.pdf)

Päivitetty 13.7.2007 Luettu 14.4.2010

Kuva 18 Dna HDTV näkyvyyskartta. 2010. Dna.fi. WWW-dokumentti.

[http://kuuluvuus.dna.fi/Peittokartta\\_fi/mapviewer.jsf?width=300&height=300](http://kuuluvuus.dna.fi/Peittokartta_fi/mapviewer.jsf?width=300&height=300)

Päivitetty 1.3.2010 Luettu 20.4.2010

Kuva 19 Lo Standard DVB di seconda generazione per l'HDTV. 2008. Fub.it. PDF-dokumentti.

<http://www.fub.it/public/Morello020408B.pdf>

Päivitetty 3.4.2008. Luettu 22.2.2010