

Startklar: Testsignale für die kommende Digital-TV-Generation DVB-T2

Mit der neuen Echtzeit-Coderoption R&S®SFU-K16 wird das Broadcast Test System R&S®SFU zum weltweit ersten vollwertigen DVB-T2-Signalgenerator.

HDTV über terrestrische Kanäle

In den letzten Jahren haben Flachbildfernseher die Röhrengeräte vollständig verdrängt und auch die Bildschirmdiagonalen werden immer größer. Die 720 x 576 Bildpunkte des heutigen DVB-T-Standards reichen dafür nicht mehr aus – das Bild sieht grob und „pixelig“ aus. Die 720 oder gar 1080 Zeilen der modernen Flachbildfernseher werden nicht optimal ausgenutzt. Gefragt sind deshalb HDTV-Programme – und zwar nicht nur über Kabel oder Satellit, sondern endlich auch über die terrestrischen VHF-UHF-Fernsehkkanäle. Mit DVB-T2 wurde nun erstmals ein Übertragungssystem standardisiert, das genau darauf zugeschnitten ist.

Die Definition von DVB-T2 begann mit einer Studie der DVB-Organisation im Jahr 2006. Die Organisation legte unter anderem die folgenden wesentlichen Anforderungen an den DVB-T2-Standard im Vergleich zu DVB-T fest:

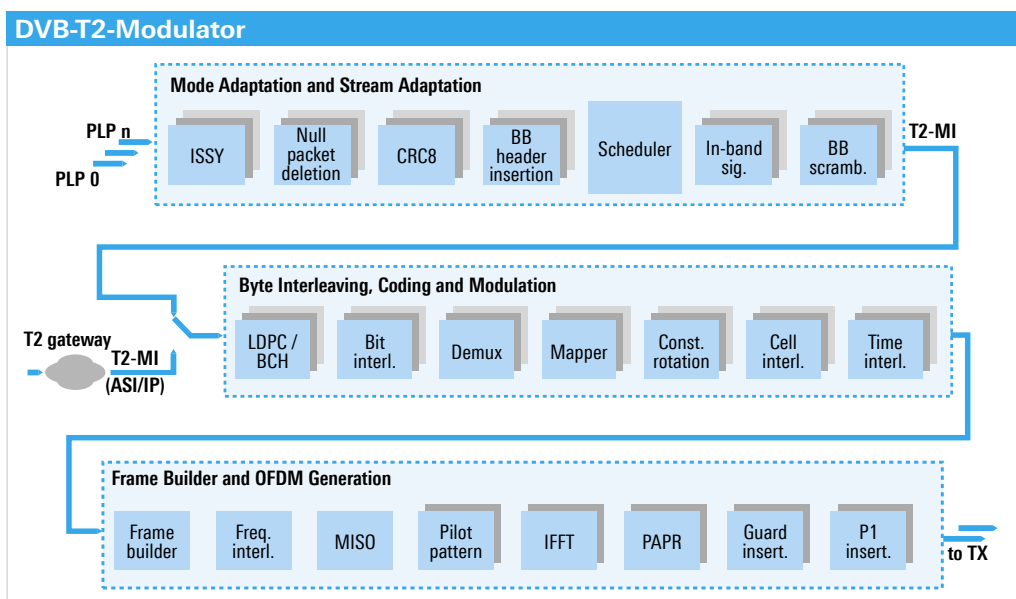
- Mindestens 30 % höhere Übertragungskapazität
- Programmspezifischer Fehlerschutzmechanismus
- Weiterverwendbarkeit der vorhandenen DVB-T-Hausantennen und -Senderstandorte

- Leistungsfähigere Gleichwellennetze
- Optionale Verfahren zur Verringerung des Crestfaktors und damit zur Senkung der Senderbetriebskosten

Das Ergebnis der Spezifikation des DVB-T2-Standards wurde Ende Juni 2008 als DVB Bluebook A122 veröffentlicht und bei der ETSI zur formalen Standardisierung eingereicht [1]. Der Abschluss dieser Standardisierung wird noch vor Ende 2009 erwartet.

BILD 1 zeigt das Blockschaltbild eines DVB-T2-Modulators. Die zu übertragenden Programme werden als Transportströme (MPEG-2 oder Generic Streams) zugeführt. In einem ersten Block „Mode Adaption and Stream Adaption“ erfolgt eine Vorverarbeitung und die zeitliche Anordnung der Datenpakete, bevor sie dann über das sogenannte Modulator Interface (T2-MI) zum eigentlichen Modulator gelangen. Die Funktionseinheit „Byte Interleaving, Coding and Modulation“ fügt dort den Fehlerschutz hinzu. Der dritte Block „Frame Builder and OFDM Generation“ erzeugt schließlich die OFDM-Symbole und setzt das Signal auf die Sendefrequenz um. BILD 1 gibt auch die Funktionsweise der neuen DVB-T2-Echtzeit-Coderoption R&S®SFU-K16 wieder.

BILD 1 Blockschaltbild eines DVB-T2-Modulators. Prinzipiell entspricht es auch der Funktionsweise der neuen Echtzeit-Coderoption R&S®SFU-K16.



Das Broadcast Test System R&S®SFU ist in der Consumer-Elektronikindustrie als Referenzsignalquelle für Rundfunkstandards fest etabliert. Das Angebot an Übertragungsstandards wird ständig erweitert: 2008 erschienen zwei neue Coder-Optionen für die Standards CMMB und DVB-SH [2], nun wird es mit der Echtzeit-Coderoption R&S®SFU-K16 zum weltweit ersten vollwertigen DVB-T2-Signalgenerator.



Kombination aus bewährten und innovativen Technologien

Natürlich mussten für den DVB-T2-Standard nicht alle Funktionsblöcke neu definiert werden. Die bei DVB-T2 verwendeten Technologien lassen sich in drei Kategorien einteilen. Zum einen wurden bei DVB-T eingesetzte Technologien konsequent weiterentwickelt. So verwendet DVB-T2 – wie fast alle digitalen terrestrischen TV-Systeme – eine OFDM-Modulation. Gegenüber DVB-T wurden aber zusätzlich eine 256QAM-Konstellation und die längeren FFT-Modi 16k und 32k eingeführt. Dadurch steigt die Datenrate und bei gleicher Guard-Intervalllänge verringert sich der Overhead. Die DVB-T2-Option R&S®SFU-K16 unterstützt sowohl die 256QAM-Konstellation als auch die längeren FFT-Modi. Neben bewährten Konzepten aus DVB-T verwendet DVB-T2 auch Technologien aus anderen DVB-Standards. Hierzu zählt in erster Linie der ursprünglich für DVB-S2 spezifizierte Fehlerschutz mittels LDPC-Codierung sowie die Verwendung von Baseband-Frames. Die DVB-T2-Option R&S®SFU-K16 kann alle LDPC-Code-Raten des DVB-T2-Standards erzeugen.

Zudem kommen bei DVB-T2 außer bekannten und weiterentwickelten Technologien auch einige in der Rundfunktechnik ganz neue Konzepte zum Einsatz. So ermöglicht DVB-T2 erstmals einen programmspezifischen Fehlerschutz. Das heißt, ein Betreiber kann für jedes zu übertragende Programm eine individuelle Abwägung zwischen Datenrate und Übertragungssicherheit treffen. Der Encoder ordnet dazu die Programme sogenannten PLP (Physical Layer Pipes) zu, deren Codierungsparameter individuell festgelegt werden können. Damit lassen sich zum Beispiel zur Grundversorgung SDTV-Programme mit einem starken Fehlerschutz versehen, während HDTV-Programme mit hoher Datenrate im selben HF-Kanal mit schwächerem Fehlerschutz gesendet werden können.

Das Prinzip ist in BILD 2 dargestellt. Der Empfänger decodiert nur den Inhalt des gewünschten PLP und ignoriert die übrigen. Die DVB-T2-Option R&S®SFU-K16 ermöglicht derzeit die Modulation eines PLP (Single-PLP-Modus, BILD 3). In einer zukünftigen Firmware wird die Option auf Multi-PLP-Modus erweitert.

Verringerter Crestfaktor und gedrehte Konstellationen

OFDM-Signale haben normalerweise einen hohen Crestfaktor. Das verringert den Wirkungsgrad des Senders und erhöht damit letztendlich dessen Betriebskosten, da der Sender auf die Spitzenleistung des Signals ausgelegt sein muss. Der DVB-T2-Standard definiert zwei ganz neue Techniken, um den Crestfaktor des Sendesignals zu verringern. Dazu kann der DVB-T2-Modulator das DVB-T2-Signal entweder durch geeignete Modulation nicht verwendeter OFDM-Träger (Reserved Tones) oder durch Verschieben der Punkte des Konstellationsdiagramms (Adaptive Constellation Extension) so verändern, dass geringere Spitzenwerte auftreten. Da diese beiden Verfahren einen relativ hohen Rechenaufwand erfordern, sind sie im DVB-T2-Standard als optional definiert. Die DVB-T2-Option

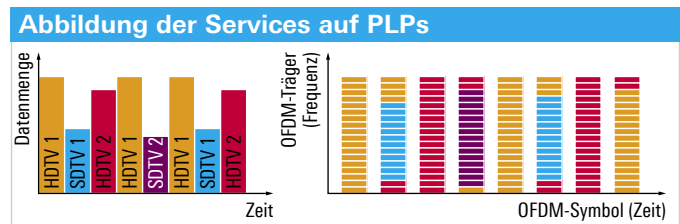


BILD 2 Der Empfänger decodiert nur den Inhalt des gewünschten PLP und ignoriert die übrigen.

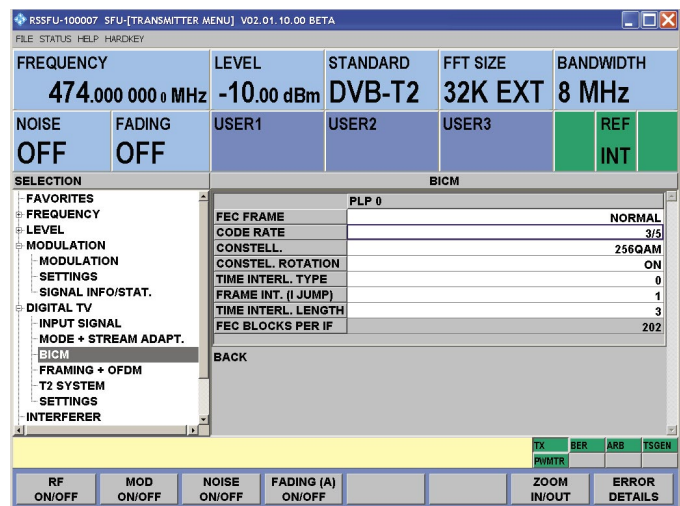


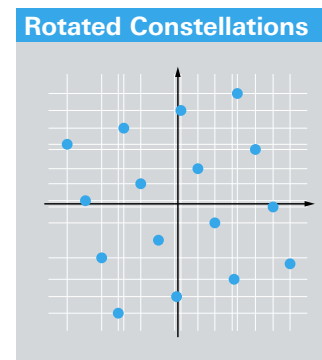
BILD 3 Single PLP Coding und Modulations-Menü der DVB-T2-Echtzeit-Coderoption R&S®SFU-K16.

R&S®SFU-K16 kann das Reserved-Tones-Verfahren simulieren. Eine weitere ganz neue Technik, die bei DVB-T2 erstmals zum Einsatz kommt, verwendet sogenannte gedrehte Konstellationen (Rotated Constellations). Der Modulator dreht dabei das Konstellationsdiagramm um einen bestimmten Winkel gegenüber dem I/Q-Koordinatensystem (BILD 4). Dadurch bildet sich ein Teil der I-Information auch auf die Q-Achse ab und umgekehrt. Zudem wird die zu übertragende Q-Information um einige Symbolängen gegenüber der I-Information verzögert, so dass zusammen gehörende I- und Q-Werte nicht im selben Symbol und damit nicht auf dem selben OFDM-Träger gesendet werden. Diese beiden Maßnahmen zusammen (Q-delayed Rotated Constellation) ermöglichen die Rekonstruktion eines Symbols, auch wenn der zugehörige OFDM-Träger vollständig gestört ist. Sie erhöhen damit die Übertragungssicherheit im selektiven Kanal deutlich. Die DVB-T2-Option R&S®SFU-K16 unterstützt die optionale Drehung für alle Konstellationen des DVB-T2-Standards.

Entwicklung von DVB-T2-Empfängern mit dem Broadcast Test System R&S®SFU

Mit DVB-T2 steht also ein Standard zur Verfügung, der effiziente terrestrische HDTV-Übertragung ermöglicht. Um diese für Zuschauer zugänglich zu machen, ist neben den Rundfunkbetreibern jetzt auch die Consumer-Elektronikindustrie gefordert, damit rechtzeitig ausgereifte DVB-T2-Empfänger auf den Markt kommen. Die ersten Empfänger werden wahrscheinlich Set-Top-Boxen sein, die das DVB-T2-Signal für vorhandene Fernseher umsetzen. Ähnlich wie bei DVB-T und DVB-C werden aber mit fortschreitender Verbreitung des DVB-T2-Standards und sinkenden Herstellungskosten die DVB-T2-Tuner zunehmend in Fernsehgeräte fest integriert werden. Für Entwicklung und Test von DVB-T2-Empfängern ist das Broadcast Test System R&S®SFU mit der neuen

BILD 4 Gedrehtes Konstellationsdiagramm für 16QAM: Der Modulator dreht es um einen bestimmten Winkel gegenüber dem I/Q-Koordinatensystem.



DVB-T2-Echtzeit-Coderoption R&S®SFU-K16 bestens geeignet. Nicht nur für die Signalerzeugung an sich, sondern auch durch seinen integrierten Fading-Simulator, Rauschgenerator und Simulator für Nachbarkanalstörungen ist es ein unverzichtbares Werkzeug für die Entwicklung von Digital-TV-Empfängern. Gerade diese Simulationsfunktionen sind die große Stärke des Broadcast Test Systems R&S®SFU. Die 40-Pfad-Fading-Option und die Interferer-Managementoption können praktisch alle denkbaren Kanalbedingungen reproduzierbar nachbilden. Die Rauschgeneratordoptionen erzeugen nicht nur weißes Rauschen, sondern auch impulsförmiges Rauschen und Phasenrauschen. Besonders das Phasenrauschen ist beim neuen 32k-FFT-Modus und der 256QAM-Konstellation von DVB-T2 eine kritische Größe. Das Broadcast Test System R&S®SFU hat damit alles an Bord, was man für Entwicklung und Test von DVB-T2-Empfängern braucht.

Peter Lampel

Literatur

- [1] DVB Document A122: Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).
- [2] Testsignale für die neuen Mobil-TV-Systeme CMMB und DVB-SH. NEUES (2008) Nr. 198, S. 65-69.

Erster DVB-T2-Regelbetrieb in England

Wie seinerzeit bei der Einführung von DVB-T, so spielt auch bei DVB-T2 die britische Rundfunkanstalt BBC wieder eine führende Rolle. Ende 2009 wird im Nordwesten Englands – in der Region um Manchester, Liverpool und Preston – der weltweit erste DVB-T2-Regelbetrieb starten. Dabei wird vom Sender Winter Hill in Lancashire ein Multiplex mit drei HDTV-Programmen von BBC, ITV und Channel 4 ausgestrahlt. Bis zur Fußballweltmeisterschaft 2010 sollen weitere Regionen folgen. Der Betreiber benötigt für sein HDTV-Angebot einen hohen Datendurchsatz. BILD 5 zeigt eine Übersicht über die vorgesehenen Codierungsparameter, die konsequent auf hohe Datenrate ausgelegt sind. Mit diesen Einstellungen erreicht DVB-T2 eine beeindruckende Steigerung des Datendurchsatzes von fast 50 Prozent im Vergleich zu DVB-T. Der Einsatz einer leistungsfähigen Quellencodierung mit H.264 und HE-AAC erhöht die Nutzdatenrate sogar noch weiter.

Parameter	DVB-T	DVB-T2
Modulation	64QAM	256QAM
FFT size	2k	32k
Guard interval	1/32	1/128
FEC	2/3 CC + RS	3/5 LDPC + BCH
Scattered pilots	8,3 %	1,0 %
Continual pilots	2,0 %	0,53 %
L1 overhead	1,0 %	0,53 %
Carrier mode	standard	extended
Capacity	24,1 Mbit/s	36,1 Mbit/s

BILD 5 Übersicht über die in Großbritannien verwendeten DVB-T- und DVB-T2-Codierungsparameter.