

Optimierung von DVB-T-/-H-Gleichwellennetzen mit dem TV-Analysator R&S®ETL

DVB-T-/DVB-H-Gleichwellennetze funktionieren nur dann störungsfrei, wenn neben dem ordnungsgemäßen Betrieb jedes einzelnen TV-Senders auch die Kriterien des Netzes innerhalb des Versorgungsgebiets exakt eingehalten werden. Der TV-Analysator R&S®ETL hilft mit umfangreichen und komfortablen Analysefunktionen dabei, sowohl am Sender als auch im Versorgungsgebiet die erforderliche hohe Übertragungsqualität sicherzustellen.

Präzise Kriterien in Gleichwellennetzen

Die große Stärke OFDM-basierter, digitaler TV-Übertragungsstandards liegt darin, dass sie den Betrieb eines TV-Sendernetzes als Gleichwellennetz (auch SFN, Single Frequency Network) ermöglichen, denn diese erhöhen die Versorgungssicherheit gerade in dicht bebauten Gebieten. Um den störungsfreien Betrieb innerhalb eines SFNs zu gewährleisten, sind bestimmte Kriterien mit hoher Präzision einzuhalten. So müssen alle eingebundenen DVB-T- / DVB-H-Sender exakt auf der gleichen Frequenz senden, es sind nur Abweichungen bis maximal 1 Hz (VHF / UHF) zulässig. Größere Abweichungen führen im Empfangsgebiet zu zeitvarianten Kanälen, mit der Folge eines erhöhten Bitfehler-Verhältnisses bei stationären Empfängern und einem damit einhergehenden Reichweitenverlust.

Außerdem sind im Standard DVB-T / -H zeitliche Schutzintervalle (Guard Interval) definiert, deren Längen von dem jeweils gewählten Übertragungsmodus abhängen. Innerhalb des Schutzintervalls sind DVB-T- / DVB-H-Empfänger in der Lage, Laufzeitunterschiede zwischen den direkt oder über Reflexionen empfangenen SFN-Sendersignalen zu kompensieren. Zur Optimierung von SFNs gehört es, dass an jedem Sender eine bestimmte Verzögerungszeit eingestellt wird, um für jeden Ort innerhalb des Netzes die Einhaltung des Schutzintervalls zu gewährleisten. Gerade bei großen Versorgungsgebieten kann eine Verletzung dieses Schutzintervalls von wenigen Mikrosekunden zu ähnlichen Problemen führen, wie bei Abweichungen von der Sendefrequenz.



Der TV-Analysator R&S®ETL ist eine vielseitige Plattform, vor allem für die Bereiche Inbetriebnahme, Installation und Service von TV-Sendern, Versorgungsmessungen für terrestrisches Fernsehen sowie Messungen an Kabelkopfstationen (siehe Neues von Rohde & Schwarz (2008) Nr. 195, S. 48–55).

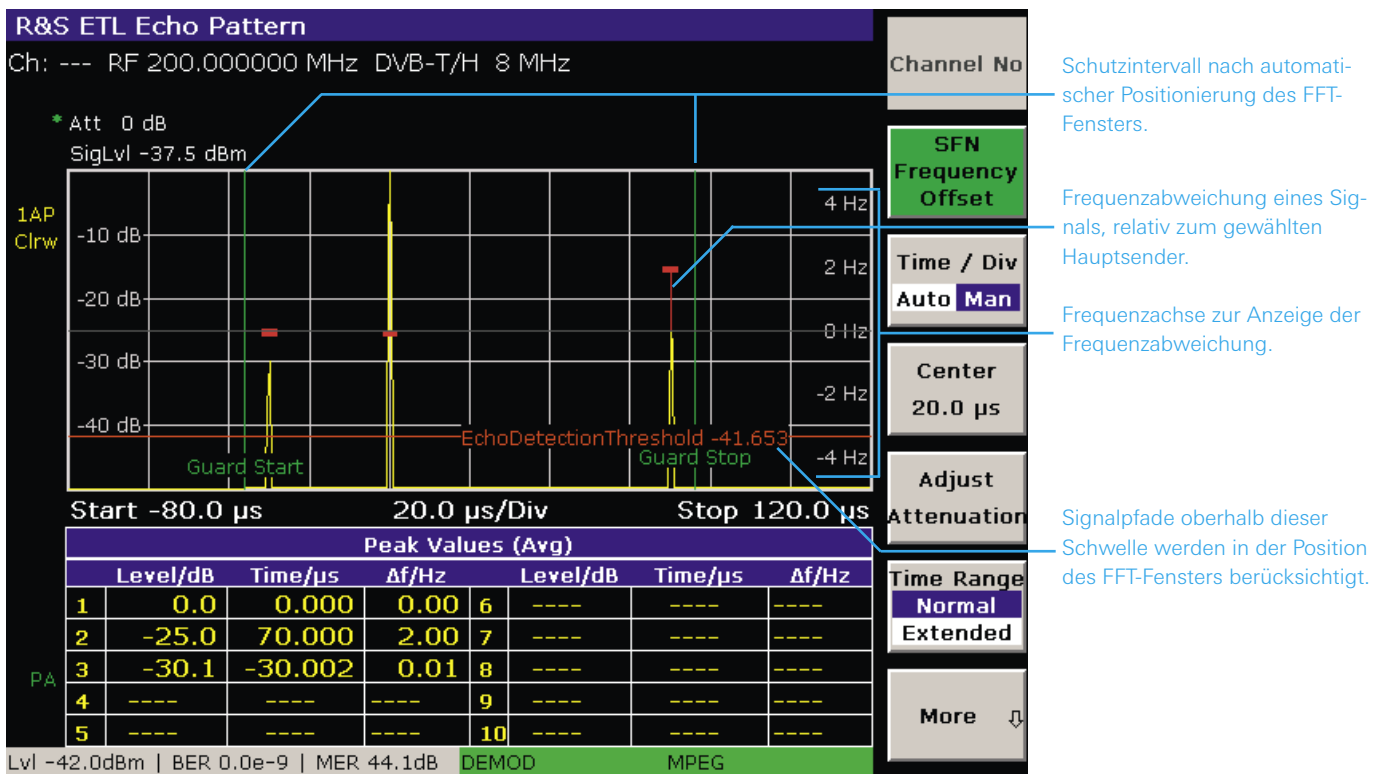


BILD 1 Option SFN Frequency Offset zur präzisen Anzeige von Fehlern der Mittenfrequenz; diese Option erweitert die Darstellung der Echo Pattern (Amplitude) um die Darstellung der Frequenzabweichung.

Außerdem ist auch ein entsprechender Empfangspegel erforderlich, der einen ausreichend großen Signal/Rausch-Abstand für einen fehlerfreien Empfang sicherstellt. Für alle drei Kriterien – Senderfrequenz, Laufzeit und Pegel – bietet der R&S®ETL präzise Analysemöglichkeiten auf einen Blick.

SFN-Analyse auf einen Blick

Der Messbildschirm „Echo Pattern“ (BILD 1) des R&S®ETL zeigt auf einen Blick, ob die genannten Kriterien in einem SFN eingehalten werden. Die einzelnen Gleichwellensender sowie Reflexionen sind übersichtlich im Zeitbereich dargestellt. Zwei grüne Linien markieren deutlich Anfang und Ende des gewählten Schutzintervalls. Eine Zoom- und Center-Funktion erleichtert die Navigation innerhalb der Messkurve, um auch kleinste und zeitlich sehr nah beieinander liegende Impulse detailliert analysieren zu können. Zusätzlich lassen sich zur Ermittlung von zeitlichen Bezügen bis zu vier Marker aktivieren. Besonders hilfreich ist die unter der Grafik eingeblendete Tabelle, die, wahlweise nach Pegel oder Verzögerung sortiert,

bis zu zehn Impulse auflistet. Die Pegelwerte beziehen sich dabei auf den als Referenz gewählten Hauptimpuls. Speziell bei Versorgungsmessungen interessieren aber auch die absoluten Pegel der Echosignale am Empfangsort. Dafür bietet der R&S®ETL die Wahl zwischen einer relativen oder absoluten Darstellung der Pegel.

In einem DVB-T- / DVB-H-Signal dienen sogenannte verstreute Pilot-Träger (Scattered Pilots) zur Unterstützung der Kanalschätzung im Empfänger. Diese Träger sind unmoduliert und stehen nach einer Interpolation über der Zeit im Mittel an jedem dritten OFDM-Träger als Stützstelle im Frequenzbereich zur Verfügung. Die Ermittlung des Echoprofils erfolgt durch eine inverse Fourier-Transformation des Kanalfrequenzgangs in den Zeitbereich. Da nur an jedem dritten OFDM-Träger eine Stützstelle vorliegt, erstreckt sich der darstellbare Zeitbereich des Echoprofils über ein Drittel der OFDM-Symboldauer. Impulse mit Laufzeiten außerhalb dieses Anzeigebereichs, die bei Überreichweiten auftreten können, werden im Frequenzbereich durch die Pilot-Träger unterabgetastet (Alias). Dies führt im Normalfall in der „Echo Pattern“-Darstellung

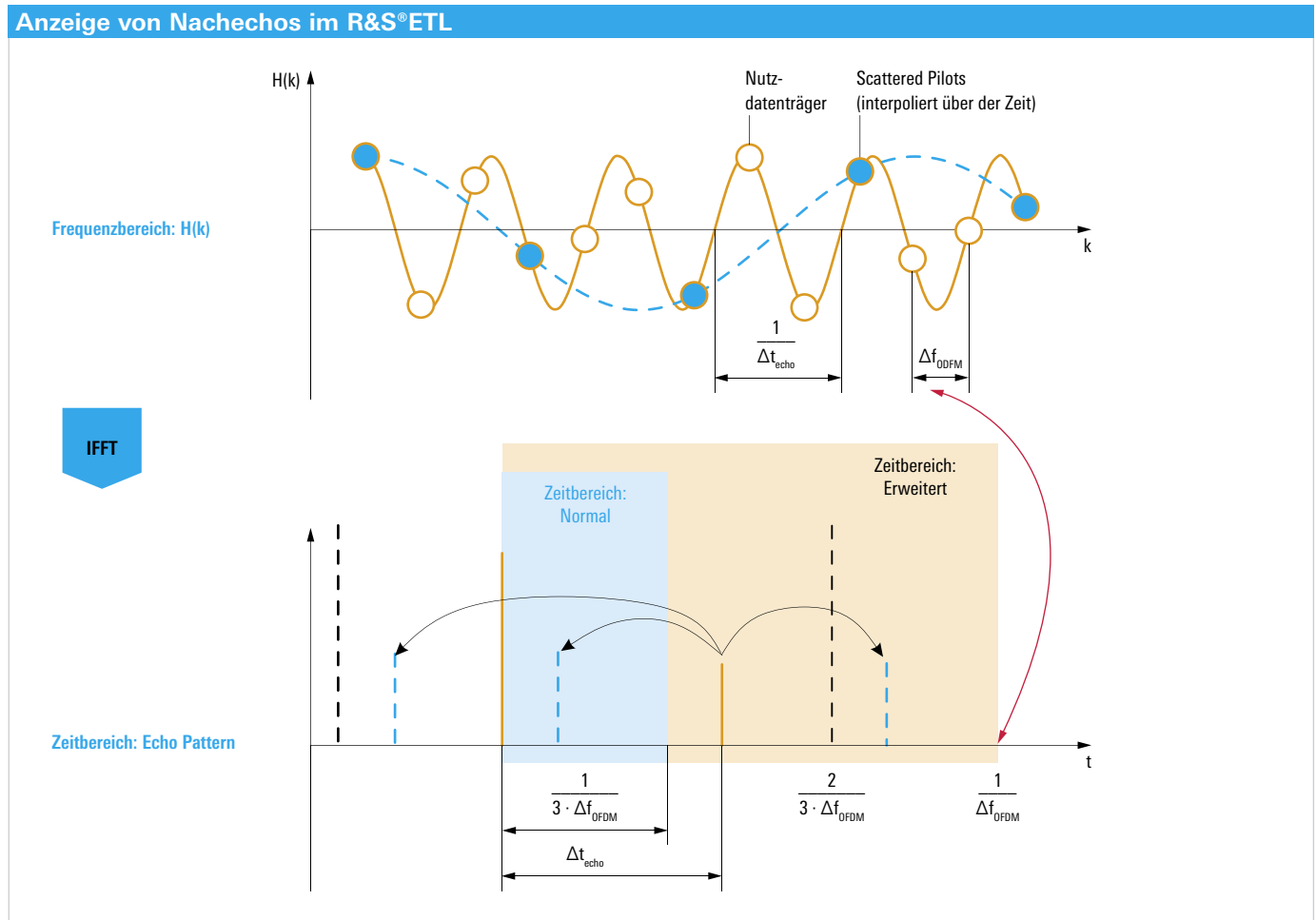
fälschlicherweise zu einem Impuls mit kurzer Laufzeit (BILD 2). Eine Besonderheit des R&S®ETL ist der bis zur OFDM-Symboldauer erweiterte Zeitbereich (Rohde&Schwarz-Patent angemeldet). Dieser zeigt derartige Impulse mit kleinen Pegeln richtigerweise als Nachecho an, was Probleme durch Überreichweiten zweifelsfrei erkennen lässt und eine korrekte Zuordnung der Echos ermöglicht.

Frequenzabweichungen schnell aufgedeckt

Damit alle Sender innerhalb eines SFNs exakt auf der gleichen Frequenz senden, wird jeder einzelne Sender an ein GPS-Referenzsignal angebunden. Ob alle Sender wirklich auf der gleichen Frequenz senden, ließ sich bislang nur zeitaufwendig

durch eine Frequenzmessung an jedem einzelnen Senderstandort nachweisen. Hierzu musste der Messem Empfänger selbst an ein präzises Referenzfrequenzsignal angebunden sein, um mit hinreichender Genauigkeit messen zu können. Ein patentiertes, von Rohde&Schwarz entwickeltes Verfahren schafft hier Abhilfe. Die Option „SFN Frequency Offset“ R&S®ETL-K241 zeigt für jedes Signal die Frequenzabweichung bezogen auf den Hauptimpuls mit einer Genauigkeit von <math><0,3 \text{ Hz}</math> an (BILD 1). Durch den relativen Bezug ist kein Referenzfrequenzsignal erforderlich, was die Messung vereinfacht. So zeigt der R&S®ETL an einem beliebig im Versorgungsgebiet gewählten Empfangsort schnell an, ob einer oder mehrere Sender von der Frequenz des gewählten Hauptsenders abweichen.

BILD 2 Entstehung einer Unterabtastung des Kanalfrequenzgangs durch die im DVB-T- / DVB-H-Signal vorliegenden verstreuten Pilot-Träger (blau) bei Vorliegen eines Impulses mit sehr langer Laufzeit. Dies führt im Normalfall zu einer Fehlinterpretation als nahes Echo. Ein im R&S®ETL implementiertes Verfahren ergänzt die Kanalfrequenzinformation um weitere Stützstellen an allen OFDM-Trägern. Dadurch wird der in „Echo Pattern“ darstellbare Zeitbereich erweitert bis zur OFDM-Symboldauer (orange).



Stabile Synchronisation auch bei schwierigen Empfangsbedingungen

Die intensive Analyse eines DVB-T- / DVB-H-Signals ist nur dann möglich, wenn der TV-Analysator zuverlässig synchronisiert ist. Im R&S®ETL wird ein von Rohde&Schwarz entwickelter Demodulator für DVB-T / DVB-H eingesetzt, der auch unter schwierigen Empfangsbedingungen eine stabile Synchronisation sicherstellt und neue Wege beschreitet. Üblicherweise wird das FFT-Fenster zur Extraktion der OFDM-Träger so platziert, dass der Beginn des Schutzintervalls mit dem Symbolwechsel des Hauptimpulses oder des ersten Vorechos zusammenfällt. Dies kann bei sich dynamisch ändernden Empfangsverhältnissen schnell zum Verlust der Synchronisation führen.

Nicht so beim R&S®ETL: Für die Platzierung des FFT-Fensters definiert der TV-Analysator, abhängig von der Signalqualität

und dem gewählten Empfangsmodus „Fast/SFN“ oder „Mobile“, fortlaufend automatisch eine Entscheidungsschwelle, die als rote Linie „EchoDetectionThreshold“ eingeblendet wird (BILD 1). Alle Echopfade mit Signalleistungen oberhalb der Schwelle werden in die Entscheidung mit einbezogen. Der R&S®ETL positioniert nun das FFT-Fenster äquidistant, so dass sich die Abstände zwischen dem Symbolwechsel des frühesten Echopfades zum Beginn des Schutzintervalls und dem Symbolwechsel des letzten Echopfades zum Ende des Schutzintervalls gleich groß ergeben (BILD 3). Dadurch wird die Sicherheit erheblich erhöht, bei einem „lebhaften“ Szenario die Synchronisation aufrecht zu erhalten. Dank dieser Eigenschaft ist der R&S®ETL auch bestens für mobile Messungen geeignet.

Der TV-Analysator R&S®ETL beweist wieder einmal, dass er als All-in-one-Lösung alle zur Optimierung von Gleichwellennetzen notwendigen Messungen beherrscht.

Werner Dürport; Martin Hofmeister

BILD 3 Ein neues Verfahren im R&S®ETL zur Platzierung des FFT-Fensters sorgt dafür, dass der TV-Analysator auch bei schwierigen Empfangsbedingungen immer synchronisiert ist.

