

Mobilempfang von DVB-T-Signalen mit Diversity-Empfängern

Labortests liefern realistisches Bild der Empfangsbedingungen

Im November 2002 wurde in der Region Berlin-Brandenburg der Regelbetrieb des digitalen terrestrischen Fernsehens in Deutschland gestartet. Das Sendernetz für das alte, analoge Fernsehen wird nach einer kurzen Übergangsphase abgeschaltet. Das neue DVB-T-Sendernetz ist so ausgelegt, dass der Empfang mit portablen oder mobilen Empfängern mit kleinen Antennen möglich ist. Aufgrund der Eigenschaften des DVB-T-Standards wurde der Empfang mit mobilen Empfängern, wie z. B. im Auto, lange Zeit als großes Problem angesehen. Der Einsatz von zwei oder mehr Antennen und Frontends in einem mobilen Empfänger hat sich in der Vergangenheit aufgrund theoretischer Betrachtungen und erster Labortests als vielversprechende Lösung dargestellt. Jetzt gibt es die ersten Chips, die eine optimale Kombination von zwei oder mehr Antennensignalen ermöglichen. Im September 2002 wurde im Rahmen eines europäischen Forschungsprojekts ein 2-fach-Diversity-Empfänger sowohl im Labor als auch im Feldversuch vermessen. Seit Februar 2003 liegen auch die Ergebnisse für einen 4-fach-Diversity-Empfänger vor. Die Verbesserungen der Empfangseigenschaften sind beeindruckend. Zusätzlich ergab der Vergleich von Ausbreitungsprofilen, die im Labortest benutzt werden, und den im Feldversuch gemessenen Daten wichtige Hinweise auf die Verwendbarkeit verschiedener Ausbreitungsprofile in Kanalsimulatoren.

► Autor

Dr. JÜRGEN LAUTERJUNG ist nach verschiedenen Stationen im Entwicklungsmanagement jetzt zuständig für 'Neue Technologien, Strategische Kooperationen' Rohde & Schwarz GmbH&Co.KG; Geschäftsbereich Rundfunktechnik Postfach 80 14 69, D-81614 München Fon: 089/4129-0, Fax: 089/4129-13777 E-Mail: juergen.lauterjung@rsd.rohde-schwarz.com

Der Fernsehempfang mit einem tragbaren Empfänger war bisher in vielen Fällen Glücksache, im fahrenden Auto oder während einer Bahnfahrt war er so gut wie unmöglich. Zunächst sah es auch bei der Einführung des digitalen terrestrischen Fernsehens so aus, als ob wieder der typische Wohnzimmerempfänger im Vordergrund stünde. Schon bald zeigte sich jedoch, dass der TV-Empfang unterwegs für viele Nutzer sehr interessant ist und deshalb ein Marktpotential darstellt.

Der Standard für das digitale terrestrische Fernsehen DVB-T (EN 300744) bietet eine Auswahl an möglichen Modulationsverfahren (QPSK, 16QAM, 64QAM), die sich in ihrer Robustheit deutlich unterscheiden. Allerdings liefern die Moden, die auch unter schwierigen Bedingungen noch empfangbar sind, prinzipiell weniger Datenrate zum Endverbraucher. Der Unterschied zwischen ca. 5 Mbps für ein QPSK-Signal und ca. 20 Mbps für ein 64QAM-Signal entspricht pro 8-MHz-Kanal in etwa der Verfügbarkeit von ein bis zwei Programmen im ersten Fall und fünf oder sechs Programmen im zweiten Fall.

Mit dieser unbefriedigenden Situation haben sich in der Vergangenheit eine Reihe von europäischen Forschungsprojekten auseinandergesetzt. Dabei wurden Lösungsansätze entwickelt, wie mit vertretbarem Aufwand die hohe Datenrate, d. h. die maximale Anzahl von TV-Programmen in einem Kanal, zu einem mobilen DVB-T-Empfänger gebracht werden kann.

Lösungsansatz

Einer der ersten Schritte bestand in der Entwicklung neuer Algorithmen für die Kanalschätzung eines DVB-T-Empfängers, die eine moderate Doppler-Verschiebung kompensieren können. Diesem Verfahren sind jedoch physikalische Grenzen gesetzt.

Als richtiger Schritt hat sich die Anwendung des Diversity-Prinzips herausgestellt. Hierbei werden die Empfangssignale von verschiedenen Antennen so intelligent kombiniert, dass die Empfangseigenschaften einer solchen Anordnung im Vergleich zu einem normalen Empfänger, der nur einen Empfangspfad hat, drastisch verbessert sind. Die Antennen sollten dabei einen Mindestabstand

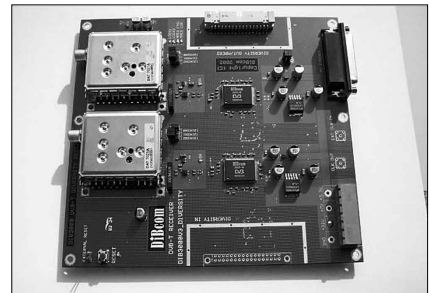


Abb. 1: Diversity-Empfänger-Board

haben, so dass die jeweiligen Signale möglichst unkorreliert sind. Theoretisch ist dafür ein Abstand von einer halben Wellenlänge gefordert, das sind bei 500 MHz ca. 30 cm. Der Diversity-Empfänger (Abb. 1) enthält mindestens zwei Empfangspfade – Frontends –, deren Ausgangssignale die intelligente Kombination zweier (oder mehrerer) Antennensignale liefern.

Seit Herbst 2002 sind nun die ersten Chips auf dem Markt, die speziell für den Mobilempfang von DVB-T-Signalen entwickelt wurden. Im Rahmen eines europäischen Forschungsprojekts (das Projekt CONFLUENT wird unter der Vertragsnummer IST-2001-38402 von der Europäischen Kommission gefördert [1]) wurden die ersten Empfänger-Frontends auf ihre Leistungsfähigkeit getestet.

Testaufbau

Zum Testen eines Diversity-Empfängers (Abb. 2) benötigt man Testsignale, die mehrere grundlegende Bedingungen erfüllen:

Es muss sich bei den Testsignalen um Echtzeitsignale handeln. Die zwei oder mehr RF-Testsignale, die dem Diversity-Empfänger über die Antennenanschlüsse zugeführt werden, müssen ‚bit-synchron‘ und ‚frequenz-synchron‘ sein. Außerdem müssen die Kanalsimulatoren zwar dieselbe Charakteristik für den Übertragungskanal liefern, sie dürfen aber nicht korreliert sein.

Ein normaler Testsignalgenerator ist dafür nicht ausgelegt. Er liefert lediglich ein Testsignal, das einen simulierten Übertragungskanal durchlaufen hat. Für die Untersuchungen im Rahmen des Confluent-Projekts hat Rohde & Schwarz einen Testsignalgenerator SFQ so

B.05

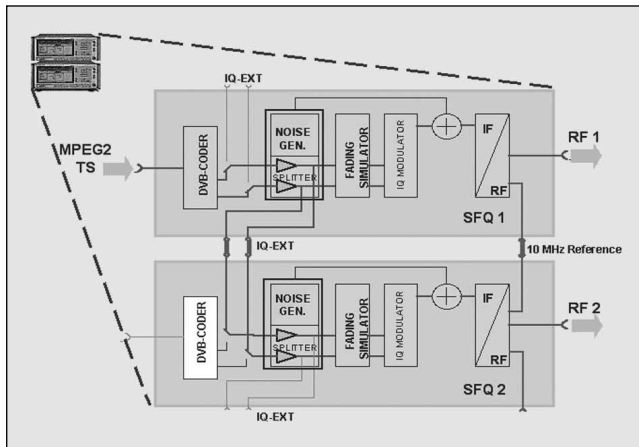


Abb. 2: Testaufbau für DVB-T-Diversity-Empfänger

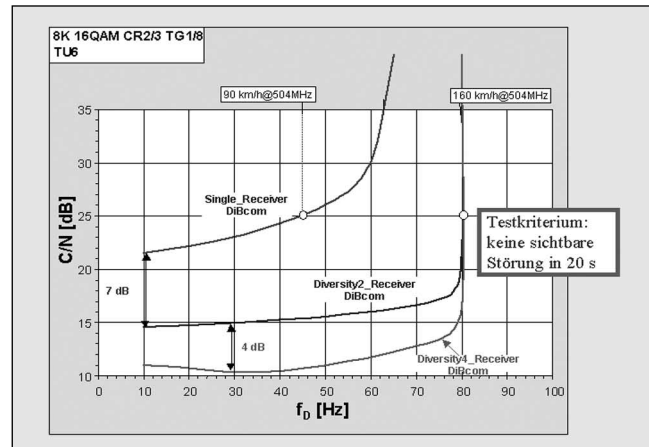


Abb. 3: DVB-T-Frontend-Performance

aufgerüstet, dass eine Zusammenschaltung der entsprechenden Komponenten zu einem Diversity-Testsignal-Generator relativ einfach möglich ist.

Die Bit-Synchronität wird dadurch gewährleistet, dass ein DVB-T-Coder mehrere Modulatoren ansteuert. Die Frequenzsynchronisierung erfolgt durch die Verwendung der internen 10-MHz-Referenzfrequenz eines Geräts als Master. Diese Referenz wird von den anderen Geräten zur Ableitung von Takten und Umschaltfrequenzen genutzt. Die Fading-Simulatoren aller Geräte laufen unsynchronisiert, d. h. sie sind zwar auf dasselbe Kanalprofil eingestellt, z. B. Typical Urban [2], sind aber aufgrund zufälliger Startpunkte unkorreliert.

Der Vorteil einer solchen Labortestanordnung liegt in der Reproduzierbarkeit der Testbedingungen, die bei Feldversuchen nicht gegeben ist, und in der Verwendung von realitätsnahen Testsignalen.

Darüber hinaus ist sie auf drei oder vier RF-Testsignale mit gleichen Merkmalen erweiterbar. Dieser Fall ist insbesondere für DVB-T-Empfänger von Interesse, die in ein Fahrzeug eingebaut werden, wie Autos, Busse und Züge. Die Automobilindustrie arbeitet seit längerem an einem Konzept für den mobilen DVB-T-Empfang im Auto. Sobald die Flächendeckung für DVB-T-Dienste entsprechend ausgeweitet ist, wird auch ein großer Teil der 1,2 Millionen Fahrzeuge in Europa, die jetzt mit analogen TV-Empfänger ausgestattet sind, aufgerüstet werden [3].

Die zusätzliche Leistungsaufnahme durch mehrere Frontends ist für die Stromversorgung im Fahrzeug kein Problem.

Ergebnisse

Die Tests wurden von den Projektpartnern DiBcom (die das neue DVB-T-Diversity-Frontend entwickelt hatten), T-Systems, dem Institut für Rundfunktechnik und Rohde &

Schwarz gemeinsam durchgeführt. Dabei übertrafen die Ergebnisse selbst optimistische Erwartungen.

Die zulässige Dopplerverschiebung, die sich durch die Relativgeschwindigkeit zwischen Sender und Empfänger ergibt, ist bei einem 2-fach-Diversity-Empfänger ungefähr doppelt so groß wie bei einem Empfänger mit nur einem Frontend. Der erreichte Wert von 80 Hz für die zulässige Dopplerverschiebung entspricht einer Relativgeschwindigkeit zwischen Sender und Empfänger von ca. 160 km/h, wenn das Signal bei 500 MHz gesendet und empfangen wird.

Zusätzlich reduziert sich der notwendige Störabstand C/N um 5 bis 7 dB bei dem 2-fach-Diversity-Empfänger. Dieser Gewinn ist signifikant höher als der, den man durch eine einfache Leistungskombination in der RF-Ebene erzielen kann, was im günstigsten Fall eine Verbesserung von 3 dB ergibt. Als Kriterium für gute Empfangsqualität wurde dabei jeweils definiert, dass innerhalb von 20 Sekunden keine sichtbare Bildstörung auftritt.

Bei einem 4-fach-Diversity-Empfänger ist zwar die maximal zulässige Dopplerverschiebung gleich (dies ist hier eine Folge der Definition der chip-internen Algorithmen), aber der erforderliche Störabstand, bei dem der Empfänger einen weitgehend störungsfreien Empfang ermöglicht, ist abermals um circa 4 dB geringer.

Diese beeindruckende Verbesserung der Empfangseigenschaften kommt aber nicht nur den mobilen Empfängern zugute, auch portable Empfänger können von dem Diversity-Konzept in erheblichen Maße profitieren. Durch die Verringerung des Störabstands erweitert sich das Gebiet, in dem die Signale eines bestimmten Senders zu empfangen sind, erheblich. Gleichzeitig steigt in diesem Gebiet die Orts- und Zeitwahrscheinlichkeit für störungsfreien Empfang. Dies bedeutet z. B., dass die portablen Empfänger auch dann einwandfrei funktionieren, wenn sie im selben

Raum an einem anderen Ort aufgestellt werden, oder wenn sich die Empfangssituation durch Personen, die sich in der Nähe des Empfängers bewegen, dauernd ändert.

Die Messwerte, die im Labor für den simulierten Mobilempfang erzielt wurden, wurden anschließend mit den Ergebnissen der Feldversuche verglichen. So wurden z. B. Testfahrten im Stadtgebiet von Berlin und auf der Autobahn in Richtung Potsdam mit Geschwindigkeiten bis ca. 135 km/h durchgeführt. Aus den Vergleichen können folgende Schlüsse gezogen werden:

- ▶ Die Labortests liefern ein sehr gutes Bild, wie sich der Empfänger unter realistischen Empfangsbedingungen verhält.
- ▶ Die verwendeten Fading-Profile (Typical Urban, Typical Rural, 0-dB [2]) beschreiben die im Feldversuch vorgefundenen Empfangsbedingungen ebenfalls gut. Die Testfahrten, die außer in Berlin auch in Paris und Amsterdam durchgeführt wurden, zeigen jedoch, dass das Typical-Rural-Profil deutlich pessimistische Werte liefert, während das Typical-Urban-Profil nur leicht pessimistisch ist und das 0-dB-Profil etwas zu optimistisch.

Insgesamt ist mit dem vorliegenden Diversity-Empfänger eine Lösung erreicht, die alle Chancen hat, sich in der Praxis zu bewähren.

Literatur

- [1] www.brunel.ac.uk/project/confluent
- [2] vergleiche hierzu 'DVB Measurement Guidelines' TR 101 290
- [3] Pressemitteilung der Firma BMW vom 20. Februar 2003

Beitrag als PDF im Internet:

www.duv24.net
more @ click TK4B0502