

ADSL über ISDN-Basisanschlüsse

Thomas Keßler und Werner Henkel

Deutsche Telekom AG, Technologiezentrum, Postfach 10 00 03, 64276 Darmstadt

Zusammenfassung

Für ADSL-Kunden mit ISDN-Basisanschluß müssen ISDN-kompatible ADSL-Systeme entwickelt und standardisiert werden. In diesem Beitrag wird erläutert, wie durch Änderung der Parameter des Splitterfilters und Verschiebung der Pilottöne aus einem ADSL-System, das nur für analoge Telefonanschlüsse spezifiziert ist, ein ISDN-kompatibles entstehen kann. Simulationen eines solchen Systems haben eine Reichweitenreduzierung von 10 bis 15 % durch die ISDN-Kompatibilität ergeben.

1 Einführung

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) ist eine Übertragungstechnik, mit der hochratige Dienste (2 bis 8 Mbit/s), beispielsweise Internet-Zugang oder Video-on-Demand, über die Teilnehmer-Anschlußleitung angeboten werden können. Ein hochratiger Kanal wird nur in der Richtung von der Vermittlungsstelle zum Kunden (abwärts) übertragen. Außerdem steht dem Kunden ein niederratiger Duplexkanal (bis 640 kbit/s, auf- und abwärts) zur Verfügung. Der ADSL-Kunde kann den Telefondienst gleichzeitig nutzen, wobei insgesamt nur eine Kupferdoppelader benötigt wird. Dies wird durch Frequenzgetrenntlageübertragung von Telefon- und ADSL-Signal unter Zuhilfenahme von Splitterfiltern erreicht.

Der amerikanische Standard ANSI T1.413 sieht ADSL nur auf analogen Telefonanschlüssen (POTS, plain old telephone service) vor. Als Modulation wird das Mehrträgerverfahren DMT (Discrete Multitone) bevorzugt. DMT ist ein flexibles Übertragungsverfahren, das sich einem gegebenen Übertragungskanal (gekennzeichnet durch den Störabstand) bei einer gewünschten Datenrate anpassen kann. Der Frequenzbereich von 0 bis 1,104 MHz wird in 256 Träger mit einem Abstand von 4,3125 kHz aufgeteilt. Jedem Träger i wird eine bestimmte Anzahl b_i von Bits des Datenstroms und damit eine 2^{b_i} -QAM zugewiesen, wobei die Anzahl b_i nach dem Störabstand des Trägers (mit sog. Ladealgorithmus) bestimmt wird.

2 Motivation für ISDN-kompatible ADSL-Systeme

In Deutschland besitzen bereits ca. 2 Mio. Kunden einen ISDN-Basisanschluß anstelle eines analogen Telefonanschlusses (POTS). Diese Kunden können nicht über ihre bestehenden Anschlüsse mit dem standardisierten POTS-ADSL versorgt werden, d.h. es wären zwei Doppeladern notwendig. Da gerade ISDN-Kunden mögliche Internet-Nutzer und dadurch ADSL-Nutzer sind, wird besonders eine Nachfrage nach ISDN-kompatiblen ADSL-Systemen entste-

hen. Alle Vermittlungsstellen der Deutschen Telekom werden Ende 1997 ISDN-fähig sein, so daß auf POTS-ADSL aus technischer Sicht verzichtet werden könnte.

Die Möglichkeit, das ISDN-Signal als Datenstrom im ADSL-Duplexkanal zu übertragen, scheidet aus, da die folgenden Anforderungen für ISDN von den realisierten Systemen nicht ohne weiteres erfüllt werden können (abgesehen davon, daß vorhandene ISDN-Einrichtungen nicht mehr verwendet werden können):

- Verzögerungszeit < 1,25 ms,
- Aktivierungszeit < 170 ms,
- Fernspeisung im Notbetrieb.

Ein weiterer Aspekt, der für ISDN-ADSL spricht, ist die einfachere Entwicklung eines Splitter-filters.

3 ISDN-Splitterfilter

Bild 1 veranschaulicht das Prinzip der frequenzmäßigen Trennung von ISDN- und ADSL-Signal, die durch einen Tiefpaß und einen Hochpaß realisiert wird. Der Rückkanal des Duplexkanals (aufwärts) wird in Frequenzgleichlage übertragen (138 bis 276 kHz) und durch Echo-kompensation vom Abwärtskanal getrennt.

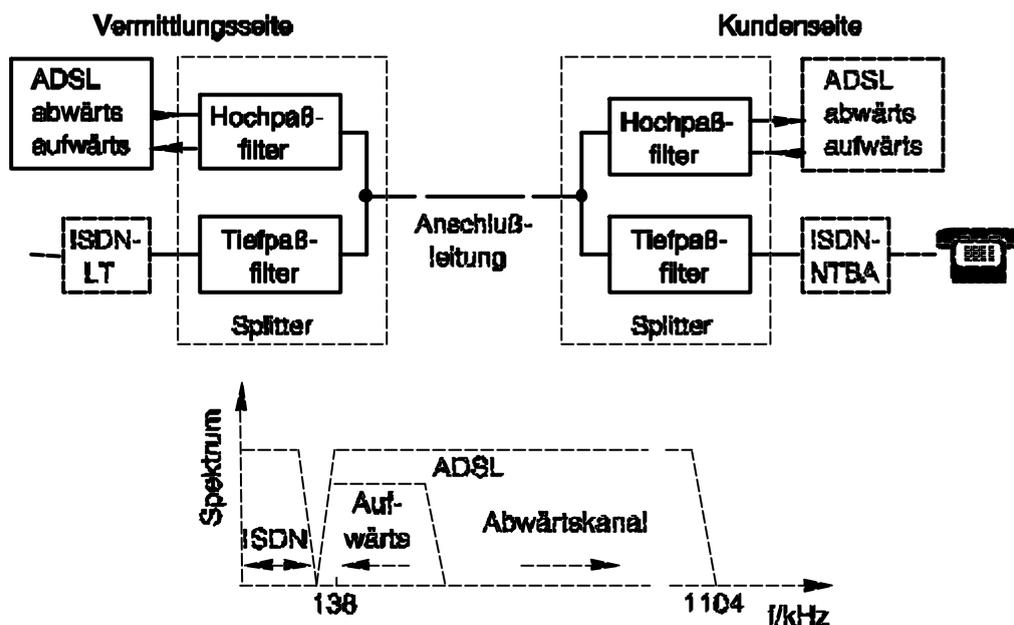


Bild 1: Prinzip der spektralen Trennung von ISDN- und ADSL-Signal durch Splitter-Filter.

Ein ISDN-ADSL-System muß die Anforderungen gemäß der Technischen Richtlinie 1 TR 220 (Spezifikation der ISDN-Schnittstelle U_{k0} Schicht 1) erfüllen. Es sollte zusätzlich annähernd

standardkonform sein und nur eine geringe Reichweitenreduzierung gegenüber POTS-ADSL aufweisen.

Damit sich die ADSL-Reichweite durch Herausfiltern des ISDN-Bandes gegenüber POTS-ADSL nicht zu sehr verringert, kann das ISDN-Spektrum eingengt und die geforderte ISDN-Reichweite der ADSL-Reichweite gleichgesetzt werden (z.B. 3,5 km bei 0,4 mm Aderdurchmesser). Diese Abschwächung der Reichweitenforderung der 1 TR 220 ist zulässig, da ISDN und ADSL-Einrichtungen in derselben Vermittlungsstelle aufgebaut sein werden.

Messungen an einer ISDN-Teststrecke (Leitungscode 4B3T) haben ergeben, daß für vermittlungs- und kundenseitigen Tiefpaß zusammengefaßt ein Tschebyscheff-Filter 9. Ordnung mit einer 40-dB-Sperrfrequenz von 110 kHz die ISDN-Übertragung nicht beeinträchtigt (Leitungslänge 3,5 km bei 0,4 mm Aderdurchmesser). Ein Hochpaß, der die Störung durch das ADSL-Signal im ISDN-Band unterdrücken soll, muß eine Sperrdämpfung von mindestens 40 dB (0 bis 110 kHz) haben. Unter dieser Bedingung sollte eine Grenzfrequenz von 138 kHz mit geringem Aufwand (Hochpaß 10. Ordnung, Vermittlungs- und Kundenseite zusammenbetrachtet) realisierbar sein.

Beim DMT-Verfahren werden die Träger im Bereich von 0 bis 136 kHz (Nr. 1 bis 31) nicht belegt (keine Bits zugewiesen). Dagegen werden bei POTS-ADSL nur die Träger 1 bis 5 nicht belegt. Außerdem müssen die beiden Pilotöne in der Lage verschoben werden, da der erste Piloton mit der Frequenz 69 kHz (Träger 16) im ISDN-Band liegt. Der erste Piloton wird beispielsweise auf die Frequenz 138 kHz gelegt (Träger 32), der zweite (im ANSI-Standard bei 276 kHz) auf 345 kHz (Träger 80).

4 Simulation

Das beschriebene ISDN-ADSL-System wurde bei einer Übertragungsrate von 2,048 Mbit/s simuliert, um die Reichweitenreduzierung gegenüber POTS-ADSL zu bestimmen. Störungen durch die Echokompensation werden vernachlässigt, und der Rückkanal (aufwärts) wird nicht berücksichtigt. Die Parameter des Systems sind:

Code: Reed-Solomon-Code (146, 134) mit Interleaver-Tiefe 32, keine Trellis-Codierung;

Schutzintervall: 32 Abtastwerte;

Maximal zulässige Zahl der Bits/Träger: 11 (entspricht 2^1 -QAM);

Maximal zulässige Sendeleistung des DMT-Signals: 100 mW.

Die Reichweite wird als Länge des mit dem DMT-System beschalteten Leiterpaars bei einer resultierenden Bitfehlerquote von $\leq 10^{-7}$ nach der Decodierung definiert. Hierbei ist kein Sicherheitsabstand, z.B. wegen eventuell auftretender Impulsstörungen, enthalten, da nur der Unterschied der Reichweiten zwischen POTS- und ISDN-ADSL von Bedeutung ist.

Bild 2 zeigt die Abhängigkeit der Reichweite des 2,048-Mbit/s-ADSL-Systems von der Eckfrequenz f_c des ADSL-Signals (entspricht unterer 3-dB-Grenzfrequenz des Hochpasses). Die Träger bis zur Eckfrequenz wurden nicht belegt. Als Nebensprechstörer wurde ein Anschlußleitungsmultiplexer (AsLMx) im selben Vierer (0,4 mm Aderdurchmesser) angenommen. Das POTS-ADSL-System ($f_c = 25$ kHz) erzielte eine Reichweite von 4,1 km. Das ISDN-ADSL-System erreichte je nach Eckfrequenz 3,73 bis 3,88 km. Die Kurve ist zwischen 25 und 100

kHz mit einer Steigung von $-40\text{m}/10\text{kHz}$ fast linear. Die Reichweitenreduzierung zwischen 100 und 120 kHz beträgt 50 m, zwischen 120 und 140 kHz nur 20 m.

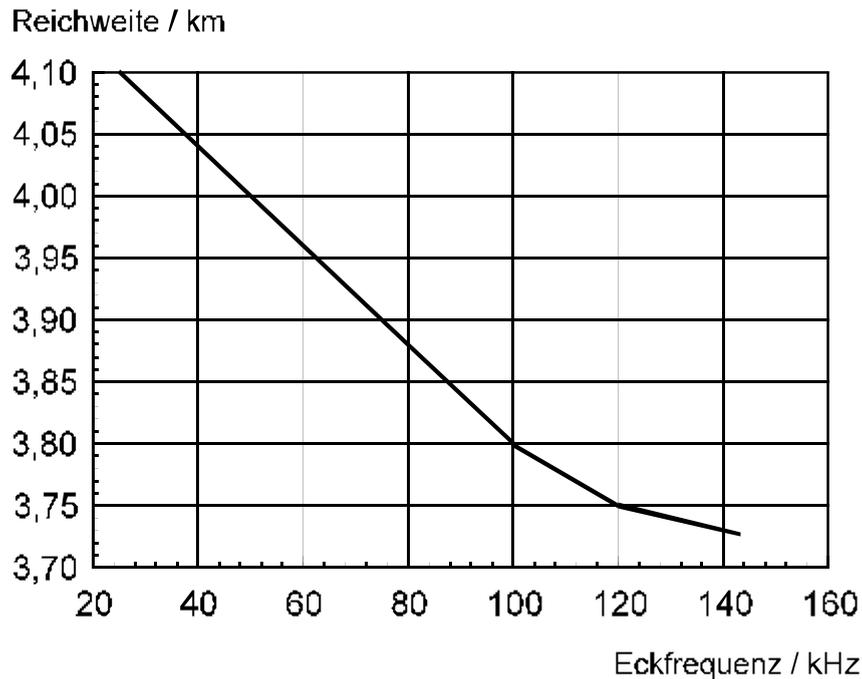


Bild 2 Abhängigkeit der Reichweite des 2,048-Mbit/s-Systems von der Eckfrequenz f_c des ADSL-Signals (ein AslMx im selben Vierer, Aderdurchmesser 0,4 mm, Fehlerquote: 10^{-7} ; RS-Code).

Die Reichweitendifferenz zwischen den Eckfrequenzen von 100 und 140 kHz beträgt 70 m. Dieser Wert entspricht dem Unterschied an ADSL-Reichweite bei den Systemen mit verschiedenen ISDN-Leitungscode. Der im Ausland verwendete 2B1Q-Leitungscode benötigt nur eine Eckfrequenz von 100 kHz. Der Reichweitenunterschied ist so gering, daß ein universelles Splitterfilter für 2B1Q (Ausland) und 4B3T (Deutschland) möglich wäre, bei dem nur noch die Anpassung an unterschiedliche Abschlußimpedanzen (135 bzw. $150\ \Omega$) variiert werden müßte.

In **Bild 3** ist die Bitfehlerquote über der Leitungslänge für codierte und uncodierte ADSL-Systeme auf POTS- und ISDN-Anschlüssen (Eckfrequenz 140 kHz) aufgetragen. Als Nebensprechstörer werden acht AslMx in Nachbarvertern angenommen. Dies ist ein Extremfall, n -mal ein AslMx eine besonders kritische Störung für 2-Mbit/s-ADSL-Systeme darstellt. Das ADSL-System erzielte eine Reichweite von 3,47 km für POTS bzw. 2,95 km für ISDN, was eine Reduzierung um rund 500 m bedeutet (15 %).

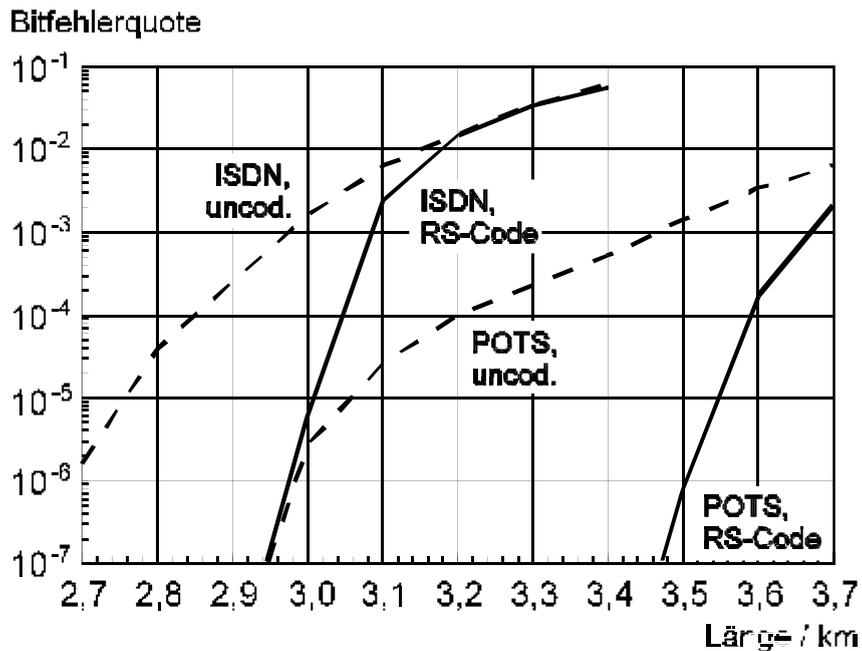


Bild 3: Bitfehlerquote der uncodierten und codierten 2,048-Mbit/s-Systeme über der Kabellänge (acht AsIMx in Nebenvierern; 0,4-mm-Kabel) für POTS-ADSL und ISDN-ADSL ($f_c=140$ kHz).

5 Schlußfolgerungen

Die Reichweite eines 2,048-Mbit/s-ADSL-Systems wird durch Einfügen des ISDN-Bandes zum Erreichen der ISDN-Kompatibilität um 10 bis 15 % verringert (400 bis 500 m bei 0,4-mm-Adern). Nach ISDN-kompatiblen ADSL-Systemen, die noch nicht im ANSI-Standard enthalten sind, wird eine Nachfrage entstehen. ISDN-Splitterfilter und die Lage der Pilottöne stehen beim europäischen Standardisierungsgremium ETSI zur Diskussion. Ein quasi-universelles ISDN-Splitterfilter, das sogar für alle Staaten gültig ist, könnte realisierbar sein.