

Bild: Heino Pattschull/Fotolia.de

## Ausweitung von VDSL2-Technik im Access-Netz

VDSL2 ist die ideale technische Grundlage für interaktives TV: Kupferkabel sind die Basis einer jeden bereits etablierten Hausinfrastruktur, wodurch aufwendige Installationen beim Kunden erspart bleiben. Doch Servicetechniker müssen dies auch messtechnisch beherrschen.

Bereits Ende der 80er Jahre wurde mit DSL eine Technik zur Lieferung von VoD-Angeboten vorgestellt, da man darin schon früh eine für den Massenmarkt taugliche Anwendung sah. Denn Analog und ISDN mit Datenraten von bis zu 128 kBit/s waren dafür nicht ausgelegt. DSL wurde jedoch erst später zu einem kommerziellen Erfolg – durch die Popularität des Internets, die das deutsche Access-Netz revolutionierte. Auch in anderen Ländern erkannte man die Möglichkeiten und begann, ADSL als Breitbandanschluss zu vermarkten und flächendeckend auszurollen. Eine anhaltende Erfolgsgeschichte mit mittlerweile über 200 Millionen DSL-Teilnehmern weltweit.

Digitales und hochauflösendes Fernsehen (HDTV) etablierte sich über andere Übertragungswege wie Satellit und Koaxialkabel und erhöhte die technischen Anforderungen an

Breitbandanschlüsse. Die Antwort kam in Form von VDSL2. Es wurde im Mai 2006 durch die ITU in der G.993.2 offiziell freigegeben, um sowohl die Datenrate für oben genannte Applikationen als auch die Reichweite beim Breitbandanschlussausbau zu erhöhen. Mit VDSL2 wird eine eigentlich noch junge Technik neben den bereits etablierten Netzzugängen, wie „ADSL über ISDN“, eingeführt. Die deutschen Netzbetreiber planen, VDSL2 in den nächsten Jahren flächendeckend auszubauen. Dabei wird überlegt, nicht nur die bereits versorgten Gebiete besser anzubinden, sondern auch unerschlossene Bereiche an das Access-Netz anzuschließen.

So verbindet VDSL2 hochwertiges TV mit Interaktion und Kommunikation, wird zu einem Katalysator für das Verschmelzen von Fernsehen, Telefonie und Internet (Triple Play) und läutet so ein neues Medienzeitalter ein.

### Was macht VDSL2 so leistungsfähig?

Die treibende Kraft hinter VDSL2 ist die Kilerapplikation „hochauflösendes und interaktives Fernsehen“, die sehr hohe Datenraten benötigt. Es werden zwar auch über ADSL2+ zunehmend IPTV-Angebote geliefert. Doch der

#### Dipl.-Ing. Dennis Zoppke



ist Product Manager bei intec und betreut die Produkte von der Idee bis zur Serie.

Tabelle 1: Abkürzungen &amp; Erläuterungen

ADSL	Asymmetric DSL	Asymmetrisches DSL
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Asynchroner Übertragungsmodus
DSL	Digital Subscriber Line	Digitaler Teilnehmeranschluss
DSLAM	DSL Access Multiplexer	DSL-Vermittlungsstelle
EFM	Ethernet in the first mile	Ethernet auf der ersten Meile
FTTB	Fibre to the Building	Glasfaser bis ins Gebäude
FTTC	Fibre to the Cabinet	Glasfaser bis in den Kvz
FTTE	Fibre to the Exchange	Glasfaser bis in die Vst
HDTV	High Definition Television	Hochauflösendes TV
IP	Internet Protocol	Internet Protokoll
IPTV	Internet Protocol Television	Fernsehen über das IP
ISDN	Integrated Services Digital Network	Diensteintegrierendes digitales Netz
ITU	International Telecommunication Union	Internationale Fernmeldeunion
KVz	Kabelverzweiger	Passiver Schaltschrank
QAM	Quadraturamplitudenmodulation	Amplituden- & Phasenmodulation
QoS	Quality of Service	Dienstgüte
SHDSL	Single-Pair Highspeed DSL	Doppelader
STB	Settopbox (IPTV)	IPTV-Empfänger
STV	Standard Television	Fernsehen in Standard-Auflösung
TAL	Teilnehmeranschlussleitung	auch: Kupferdoppeldader
VDSL	Very High Bitrate DSL	DSL mit sehr hohen Bitraten
VLAN	Virtual Local Area Network	Virtuelles Lokales Netzwerk
VoD	Video on Demand	Video bei Bedarf
VoIP	Voice over Internet Protocol	Telefonieren über das IP
VSt	Vermittlungsstelle	auch: Ortsvermittlungsstelle

Empfang von nur einem HDTV-Kanal erfordert schon bis zu 12 MBit/s an Bandbreite. Wer in einem Haushalt zwei bis drei Fernsehgeräte besitzt, möchte oft neben HDTV auch Standard-TV empfangen. STV zeichnet sich zwar nicht durch hohe Qualität, dafür aber durch die Möglichkeit zur Interaktivität und seinen einzigartigen Spartencharakter aus. Der Kunde kann aus einer Vielzahl von thematisch individuell gestalteten Kanälen sein Programm wählen. Doch auch hier werden bis zu 3 MBit/s an Bandbreite pro TV-Kanal benötigt. Zusammen mit dem Bandbreitenbedarf des für die Interaktivität erforderlichen Internetzugangs von bis zu 8 MBit/s und dem Wunsch, gleichzeitig über VoIP zu telefonieren, steigt die von einem Breitbandanschluss erwartete Datenrate schnell.

Dass VDSL2 mit bis zu 30 MHz zur Erreichung höherer Datenraten erheblich höhere Frequenzen als ADSL voraussetzt und diese durch zunehmende Leitungslänge deutlich mehr gedämpft werden, führt entweder zu abnehmender Reichweite – oder aber der aktive Teil der VDSL-Technik muss näher an den Kunden heranrücken. So wird die aktive VDSL-Technik an das zunehmend IP-basierte Backbone über leistungsfähige Glasfaserstrecken ange-

bunden. Je näher man die Glasfaseranbindung an den Kunden heranführt, desto eher wird es möglich, ihm die erforderliche Bandbreite zu bieten. Dazu hat die ITU Profile definiert mit 8, 12, 17 und 30 MHz oberer Grenzfrequenz. Je höher die Grenzfrequenz, desto höher natürlich auch die erreichbare Datenrate, aber desto kürzer die Reichweite. Daher werden in diesen Profilen neben den Grenzfrequenzen unter anderem noch der Trägerabstand und die Signalstärke spezifiziert (siehe Tabelle 1).

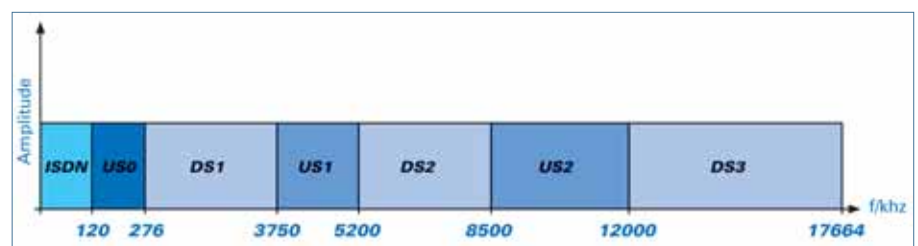
Alle Profile können die Basisband-Dienste sowohl für die analoge Telefonie (Annex A) als auch für ISDN (Annex B) unterstützen. Im unteren Frequenzbereich sind dafür entsprechende

Bandreservierungen von ADSL adaptiert worden. Auch ist ein „All-Digital-Mode“ möglich, bei dem zur Erzielung noch größerer Reichweiten die für Analog und ISDN reservierten Bandbereiche sehr variabel zur Gestaltung eines weiteren Aufwärtskanals genutzt werden können.

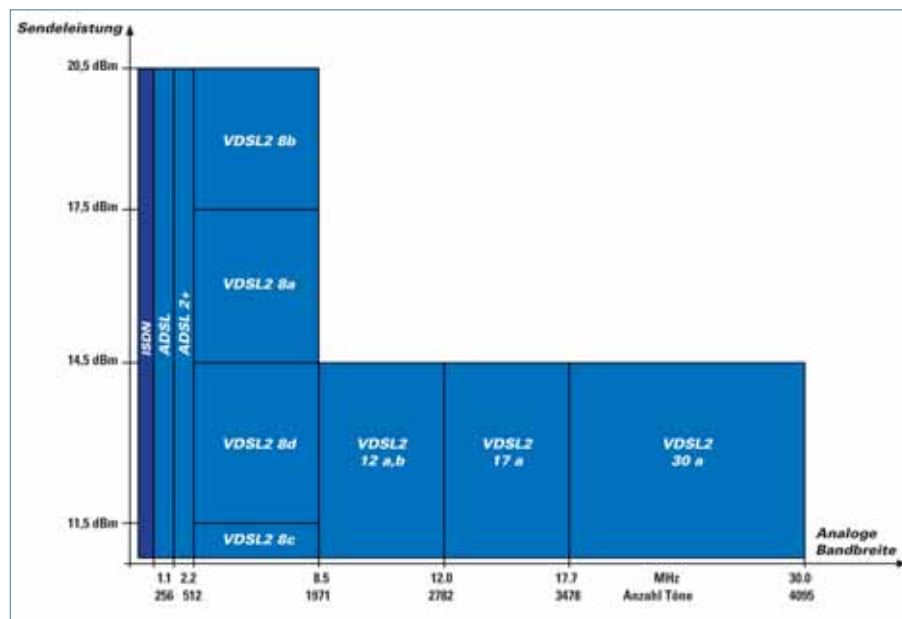
Zur Umsetzung von VDSL2 im Feld wird von drei unterschiedlichen Verfahren Gebrauch gemacht, bei denen man aus acht unterschiedlichen Profilen jenes wählt, das, durch Spezifikation der ITU, exakt auf die jeweilige Kupferinfrastruktur des Netzbetreibers passt.

Eines dieser drei Verfahren ist das FTTB, bei dem bei der Ausstattung großer Wohnkomplexe, Mehrfamilienhäuser, Hospitäler oder Hotels die aktive, über Glasfaser angebundene DSL-Technik wie der DSLAM im Gebäude untergebracht wird. Innerhalb des Gebäudes, das häufig schon eine eigene gut ausgebaute Kupferdoppeladerinfrastruktur hat, wird dann die Bandbreite via VDSL2 in die einzelnen Räume verteilt. Gerade bei diesem Anwendungsfall, bei dem nur kurze Kupferstrecken zu überwinden sind, bietet sich der Einsatz des 30-MHz-Profiles (30a) an, mit dem theoretisch bis zu 100 MBit/s in jede Richtung über eine Entfernung von ein paar hundert Metern zu erreichen sind. Ein weiteres Verfahren ist FTTC. Hierbei werden alte passive Kabelverzweiger (KVz) durch aktive ersetzt – sogenannte Outdoor-DSLAMS – und in den Straßen installiert. Die aktive DSL-Technik rückt so aus der Vermittlungsstelle (VSt) heraus in den Straßenverteiler. Sie wird damit zwar erheblichen äußeren Einflüssen, insbesondere Temperaturschwankungen, ausgesetzt, aber ist so auch näher beim Kunden: ein guter Kompromiss, bei dem man das 17-MHz-Profil (17a) zur Erreichung von einer Datenrate von bis zu 50 MBit/s über eine Entfernung von ca. 1000 Metern noch realisieren kann.

Das letzte der drei Verfahren ist das FTTE, das ähnlich wie ADSL funktioniert. Die aktive DSL-Technik befindet sich in dem über Glasfaser angebotenen Netzknoten, die direkt über



Die Abbildung zeigt die Aufteilung der unterschiedlichen Up- und Downstreambänder am Beispiel des Profils 17a, Bandplan 998ADE17, Annex B nach ITU G.993.2.



Die Abbildung zeigt die Grenzfrequenzen und die Anzahl der jeweils möglichen Töne der verschiedenen VDSL2-Profile in Abhängigkeit des Pegels nach ITU G.992.3.

die Teilnehmeranschlussleitung (TAL) mit den Kunden verbunden ist. Hierbei bietet sich der Einsatz des 8-MHz-Profiles (8b) an, um einen besonders guten Kompromiss aus großer Reichweite und adäquater Datenrate zu erzielen. Mit dieser Lösung erreicht man in einer Entfernung von über 1300 Metern immer noch eine höhere Datenrate als bei ADSL2+.

Für spezielle Anforderungen stehen daneben auch noch die 8-MHz-Profile 8a, c und d sowie die 12-MHz-Profile 12a und b zur Verfügung, auf die aber hier nicht näher eingegangen werden soll. Bei größerer Entfernung entsprechen die Datenraten von VDSL2 dann in etwa denen von ADSL2+.

### Sind es nur die höheren Frequenzen, die VDSL2 so leistungsfähig machen?

Natürlich tragen die höheren Frequenzen in bedeutendem Maß zur Leistungsfähigkeit von VDSL2 bei. Dies wird deutlich, wenn man beachtet, dass ADSL mit 1,1 MHz und ADSL2+ mit 2,2 MHz Bandbreite auskommen.

Viele der heute eingesetzten VDSL2-DSLAMS unterstützen auch ADSL2+, sodass die in der Fläche weit verbreiteten ADSL-Modems auch weiterhin benutzt werden können. Denn VDSL2 setzt auf das gleiche Modulationsverfahren wie ADSL, das DMT (Diskrete Multitone – Multiträgerverfahren). Es unterteilt das zuge-

wiesene Frequenzband in einzelne Kanäle und moduliert mittels QAM die Bitinformationen auf. Die so zusammengefassten Bits des seriellen Datenstroms werden dann auf den Trägern parallel gesendet.

Neben Profilen hat die ITU auch sogenannte Bandpläne spezifiziert. Sie beschreiben, welches Band innerhalb der gewählten Profilbandbreite wie benutzt wird. Ein solcher Bandplan, z. B. der Bandplan 998 zusammen mit dem Profil 17a (Annex B), teilt die Bandbreite von 17 MHz in mehrere unterschiedliche Abwärts- (Downstream) und Aufwärtskanäle (Upstream) ein. Eine Verwendung von bis zu 4095 Tönen – das 8-fache der ADSL2+-Töne – bei einem Tonabstand von 4,3125 kHz ist bei diesem VDSL2-Profil möglich.

Eine weitere Besonderheit von VDSL2 ist die Möglichkeit zur direkten Übertragung von Ethernetrahmen, ohne diese wie bei ADSL zusätzlich in ATM-Zellen zu verpacken. Dieses Verfahren bezeichnet man als „Ethernet in the first mile“ (EFM), es ist in der IEEE802.3ah für VDSL und SHDSL spezifiziert. Dabei macht sich VDSL2 auf der letzten Meile die Tatsache zu Nutze, dass die aus dem Backbone kommenden IP-Pakete einfach durchgereicht und beim Teilnehmer über Ethernet an die Endgeräte wie PC, IP-Telefon oder IPTV-Settopbox (STB) verteilt werden. VDSL2 leitet die Ethernetrahmen direkt vom DSLAM zum Kundenmodem weiter und packt sie nicht wie ADSL in kleinere ATM-

Zellen. Das reduziert den Overhead, der durch zusätzliches Führen von Zellköpfen (ATM Header) und Ein- und Auspacken der Rahmen in ATM-Zellen bei jedem Datenaustausch über ADSL anfiel.

Das bereits aus dem Ethernet-Bereich bekannte VLAN ermöglicht es bei Bedarf, die zur Verfügung stehende Bandbreite in einzelne „virtuelle Kanäle“ aufzuteilen. So lässt sich eine Trennung zwischen z. B. IPTV- und Telefonie-Bandbreitenbedarf vornehmen und entsprechend reservieren. Zudem wird eine Priorisierung von Paketen nach ihrer Zielapplikation möglich. Dabei wird im IP Header ein sogenanntes VLAN-Tag gesetzt. Denn es macht z. B. während des Surfers im Internet nichts aus, wenn ein Paket einige Millisekunden später eintrifft, wohingegen sich die Kommunikation über ein IP-Telefon (via VoIP) dadurch schlagartig verschlechtert. Hierbei müssen nämlich die Pakete nicht nur schnell zur Verfügung stehen, sondern auch ohne Pausen und Verluste beim Teilnehmer ankommen. Die Sprachverbindung genießt also höhere Priorität.

### Messtechnische Erfassung der Komplexität von VDSL2

Die bei VDSL2 zum Erreichen hoher Datenraten verwendeten Frequenzen sind mitunter die Ursache für Störungen, da gerade die hohen Frequenzen insbesondere bei zunehmender Lei-



Foto: Intec

Der Argus 145 kommt bei Voice- und IPTV-Tests zum Einsatz.

Tabelle 2: Ausschnitt aus der Profildefinition der ITU G.993.2

Profil:	8a	8b	8c	8d	12a	12b	17a	30a
Max. Bandbreite in MHz:	8,5	8,5	8,5	8,5	12	12	17,7	30
Mögl. Töne:	1971	1971	1971	1971	2782	2782	4095	3478
Tonabstand in kHz:	4,3125	4,3125	4,3125	4,3125	4,3125	4,3125	4,3125	8,625
Sendeleistung in dBm:	+17,5	+20,5	+11,5	+14,5	+14,5	+14,5	+14,5	+14,5
Max. bidir. Rate in MBit/s:	50	50	50	50	68	68	100	200

tungslänge erheblich stärker gedämpft werden. Doch dies ist nur eine Eigenschaft, die VDSL2 empfindlicher als ADSL macht. Fehlerhafte oder unzureichende Verkabelungen wie Sticheleitungen im Mauerwerk des Kunden führen gerade bei VDSL2 mit seinen hohen Frequenzen viel schneller zu Störungen. Verkabelungen, die für den Betrieb von ADSL noch völlig ausreichen, können nun zum Problem werden.

Aber auch eine völlig intakte und ordnungsgemäß verlegte TAL ist während des VDSL2-Betriebs empfindlicher und kann andere Signale einfangen, die dann den Datenstrom stören. So können nicht nur parallel verlegte Kabel oder andere elektrische Komponenten, sondern selbst Amateurfunk und andere auf Kurz- und Mittelwelle basierende Funkverfahren Störungen verursachen. Solche eingekoppelten Impulse können große Bursts von Fehlern nach sich ziehen und sich direkt auf das empfangene TV-Bild auswirken. Zwar hat VDSL2 einige Mechanismen, um Störungen zu kompensieren. Wie ADSL2+ kann es auch plötzlich auf Störimpulse reagieren und diese bis zu einer gewissen Größe korrigieren. Doch kommt es häufig vor, dass diese Mechanismen bei einer entsprechend gestörten TAL zur Kompensation der sich daraus ergebenden Fehler nicht mehr ausreichen.

Hier ist die Messtechnik gefragt. Um das

Spektrum an Fehlerquellen und die Komplexität von VDSL2 mit seinen Anwendungen bei der Inbetriebnahme und Wartung bequem zu handhaben, bedarf es eines leicht zu bedienenden, für den Feldeinsatz tauglichen Messgeräts. Es sollte auf jedem Fall separate, speziell auf die Technik zugeschnittene Chipsätze für VDSL2, ADSL2+ und womöglich noch SHDSL in sich vereinen, um nicht noch zusätzlich durch Interoperabilitätsprobleme unnötige Fehler zu provozieren.

Doch zur professionellen und vollständigen Abnahme eines Kundenanschlusses empfiehlt es sich, neben dem erfolgreichen Synchronisationsvorgang auch die auf das DSL aufsetzenden Anwendungen so realistisch wie möglich zu simulieren. Das erfordert unter anderem die Emulation einer STB, z. B. zum Testen von IPTV- oder VoD-Angeboten, aber auch einen PC-Ersatzbetrieb, um Datendown- und Uploads durchführen zu können. Der Einsatz des Messgeräts als IP-Telefon ist zur späteren Übergabe eines vollständig getesteten Anschlusses und so zur Sicherstellung der Zufriedenheit des Kunden ratsam, auch wenn der Kunde von den Angeboten wie VoIP oder IPTV zunächst keinen Gebrauch machen möchte. Parallel zur Simulation der verschiedenen Anwendungen ist es von erheblichem Vorteil, wenn solche Messgeräte darüber hinausgehende

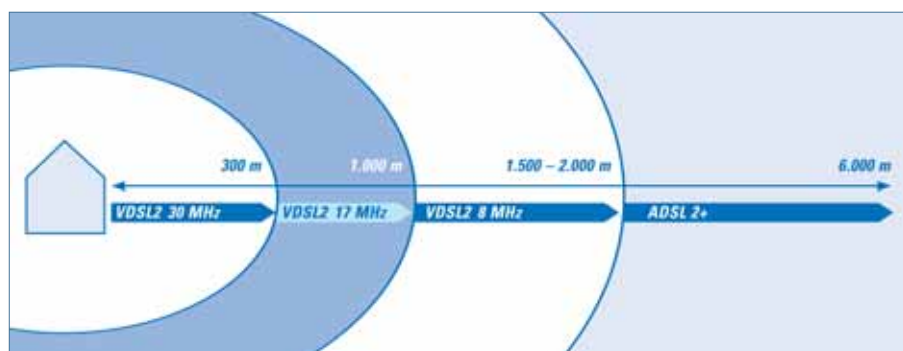
QoS-Parameter erfassen, im Display anzeigen, auswerten und automatisch beurteilen können.

Damit sollte der Installateur in der Lage sein, mit wenigen Handgriffen auch in schwierigen Situationen an den unterschiedlichen Stellen der Kupferverkabelung – in der VSt, am KVz oder direkt beim Kunden – seine Messungen durchzuführen und das Ergebnis direkt abzulesen. Das setzt voraus, dass das Messgerät auch über mehrere Stunden hinweg netzunabhängig betrieben werden kann.

Um eine vollständige Untersuchung der Kundenverkabelung zu gewährleisten und für den ganz klassischen Telefonanschluss immer die richtigen Messfunktionen zu bieten, führt das Gerät idealerweise Testroutinen direkt an einem S0-Bus durch und kann als ISDN-Telefon oder als analoger Prüfhörer eingesetzt werden. Das ist gerade im ISDN-Land Deutschland wichtig, wird aber nur noch von wenigen Messgeräteherstellern unterstützt.

## Wie geht es weiter?

Die Kupferdoppelader ist so flexibel und in einer Größenordnung vorhanden, dass sie mit großer Wahrscheinlichkeit auch weiterhin erste Wahl für die Anbindung von Millionen deutscher Haushalte an das Access-Netz bleibt. VDSL2 ist die Technik, die zur Schließung der Lücke zwischen Glasfaser und Teilnehmeranschluss in den kommenden Jahren nach und nach weiter ausgebaut werden soll. Viele der großen deutschen Städte verfügen schon jetzt über eine eigene VDSL2-Infrastruktur. Pläne europäischer Netzbetreiber sehen vor, in den kommenden Jahren nahezu allen Haushalten eine auf die oben beschriebenen Dienste zugeschnittene Bandbreite zur Verfügung zu stellen, um Angebote wie hochauflösendes oder interaktives TV im Massenmarkt weiter zu etablieren. (rs)



Diese Abbildung zeigt die mit den unterschiedlichen VDSL2-Profilen und ADSL2+ maximal erzielbaren Leitungslängen.