

V2DSL-Vectoring

MARKUS RÖTTGERMANN

HTWK Leipzig

markus.wilhelm.roettgermann@stud.htwk-leipzig.de

Zusammenfassung

Die deutsche Telekom versorgte im März 470.000 deutsche Haushalte mit V2DSL-Vectoring. Dies ermöglicht den Städten und Gemeinden, in welchen der Glasfaserausbau durch rückständige Infrastruktur schwer zu realisieren ist, Bandbreiten von bis zu 100 Mb/s [1]. In diesem Artikel wird detailliert erläutert, warum die alten Kupferleitungen noch viel Performance für unser heutigen Datenverbrauch liefern. Hiermit verbunden wird ein Einblick auf die Funktionsweise von Vectoring gegeben und erläutert, dass Übersprechen und äußere Störsignale durch dieses Verfahren nahezu vollständig beseitigt werden können. Auch Nachteile für den Empfänger werden anhand von statistischen Daten erklärt und somit die Langlebigkeit dieses Verfahrens in Frage gestellt.

I. EINFÜHRUNG

Bereits 1881 legte Alexander Graham Bell mit der Erfindung des sogenannten twisted pair den Grundstein für die Unterdrückung des Übersprechens in einer Telefonleitung [2]. Schon damals ist die Reduzierung ausgestrahlter Energien verursacht von dem elektromagnetischen Transfer durch das twisted pair deutlich verringert worden. Dabei wurden die Adern paarweise miteinander verdreht und somit der Effekt des Übersprechens in einem Duplex Kanal gelindert. Doch die ausgestrahlte Energie kann von durchaus großen Nutzen bei dem Senden großer Datenmengen, an Empfänger in Bereichen sein, welchen diese unter normalen Umständen versagt wären. Hier kommt Vectoring ins Spiel. Durch gezieltes modifizieren der Sendesignale ändert sich die Signalkodierung in einer Art, dass bei der Empfängerseite möglichst wenig Störanteile von anderen Signalen, welche vorher die selbe Leitung benutzen, vorhanden sind. Das ankommende Signal kann somit besser verarbeitet werden und erzeugt eine deutliche Verbesserung des Up- und Downstreams.

In diesem Artikel wird auf dieses Verfahren im Detail eingegangen. Ist Vectoring eine nachhaltige Substitution für den Glasfaserausbau?

Denn warum sollten durch Netzwerk Provider die vorhandenen Kupferleitungen im ganzen ersetzt werden, wenn dies große Kosten bereitet und diese Alternative versprechende Aussichten für ein geringes Investment verspricht. Mit dieser Fragestellung verbunden wird erläutert warum auch Vectoring nicht für jeden Empfänger die gewünschte Leistungssteigerung erfüllen kann.

II. VECTORING

Der Begriff des Vektors wird genutzt, da die physischen Schichten der Spannungen des DSL's als koordinierte Menge oder Vektor von Spannungen aufgefasst werden kann. Dieser Vektor von koordinierten Signalen, für mehrere Leitungen, ersetzt die Skalare Spannung eines einzelnen Empfängers in digitaler Signalverarbeitung. Die Bearbeitung der Gruppen oder Vektoren erfolgt durch eine gemeinsame Signalverarbeitungseinheit für den Down- und Upstream. Diese Abwicklung als Gruppe erlaubt es das Übersprechen zu beseitigen [2].

In der Abbildung 1 wird vereinfacht illus-

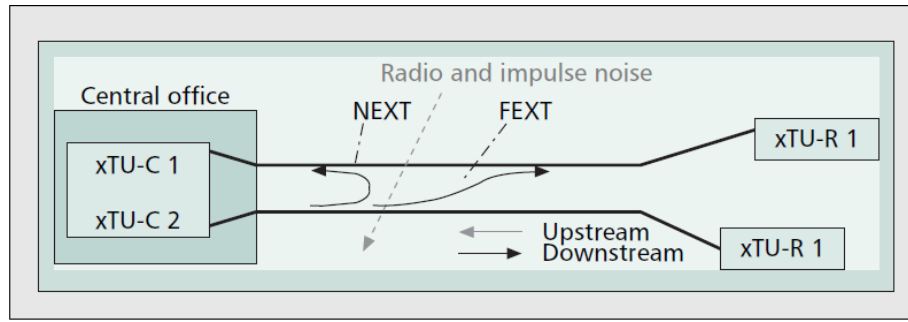


Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung des Einflusses von Radio und Impulsgeräuschen in zwei Verbindungen zwischen dem Transmission Unit-Center (xTU-C) und dem Transmission Unit-Receiver (xTU-R) [2]

triert wie auf zwei Leitungen eine störende Radio und Impulsfrequenz Einfluss nimmt. Im Falle das auf der ersten Leitung ein Upstream des xTU-R 1 vorliegt und auf Leitung 2 nicht, könnte die Radio und Impulsfrequenz von Leitung 2 ausgelesen werden und entsprechend von Leitung 1 subtrahiert werden [2]. Selbst bei einem Upstream seitens Leitung 2, wäre es möglich, die Störfrequenz zu filtern und von beiden Leitungen zu entfernen. Zu unterscheiden ist hier jeweils die Beseitigung des near-end crosstalks (NEXT) und des far-end crosstalks (FEXT). Im Falle von auftretendem NEXT, ist dem jeweiligen Vektor-Transmitter bekannt, das eine andere Frequenz, als die gesendete auf die Leitung Einfluss nimmt. Dieses wird dann durch die Signalverarbeitungseinheit zusammengefasst und gesamt gefiltert. Bei FEXT ist das Verfahren ähnlich wie bei dem Filtern von in der Abbildung 1 dargestellten Radio und Impulsfrequenzen, sodass sich FEXT in der Praxis komplett im Upstream sowie Downstream entfernen lässt. Im Gegenzug ist

NEXT im Downstream durch Abstinenz eines sekundären Empfängers nur bedingt durch Voll-Vectoring zu reduzieren. Grundsätzlich lässt sich Vectoring in differentielles Vectoring und Voll-Vectoring unterscheiden. Bei differentiellem Vectoring ist zu beachten das paarweise Telefonleitung durch eine Spannung angesteuert werden. Hierbei wird der gesamte Up und Downstream FEXT eliminiert. Das Schlüsselkonzept bei Voll-Vectoring ist es alle Kabel innerhalb eines Binders zu benutzen. Hier wird analysiert welche Leitungen mit differentiellem Vectoring angesteuert werden und jene die sich im Standard DSL Betrieb befinden. Durch die Auswertung des Binders kann die maximale Kapazität berechnet werden [2].

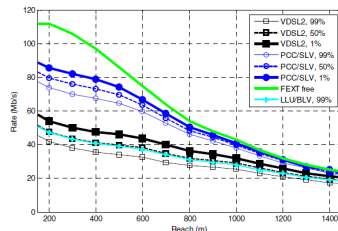


Abbildung 2: VDSL im Vergleich zu PCC und vollkommen FEXT freier Leitung [3]

In Abbildung 2 wird die Datenrate bei vollkommen unterdrückten FEXT dargestellt. Auf kurze Distanz lässt sich eine doppelte Datenrate im Vergleich zum normalen VDSL erreichen. Ebenso wird illustriert das bei Partial Crosstalk Cancelation (PCC), welches bedeutet das 39 dominante von insgesamt 79 übersprechenden Leitungen unterdrückt wurden, immer noch eine deutliche Leistungssteigerung auf einer Länge von bis zu 600m erreichen lässt. Diese Steigerung nimmt allerdings bei einem Vorkommen von mehreren unkontrollierten Leitungen rapide ab.

III. NACHTEILE

Obwohl Vectoring Datenmengen von bis zu 100 Mb/s liefert, senken Störgrößen die optimale Performance. In Abbildung 3 ist zu sehen wie der Einfluss von alien-crosstalk (AXT) selbst bei geringer Distanz die Datenübertragung einschränkt. Topologie der Leitungen, der Anteil vom Vectoring unkontrollierten Leitungen und die Vectoring Veträglichkeit des Empfänger Routers nehmen somit Einfluss auf die Übertragungsrate [3]. Dies beeinträchtigt den Downstream in Abbildung 3 derartig, dass bei 0.5 C-CDF dieser nur noch einen 10 Mb/s Vorteil gegenüber der Leitung enthält, welche kein Vectoring erhält. Auch die Distanz zum Verteiler weist Schranken für den Kupfer basierten Anschluss auf, da die maximale Reichweite gegenüber den 20km einer Glasfaserleitung, nur einen Km beträgt. Somit kann eine gleichbleibende Datenrate nicht für jeden Abnehmer gleichermaßen gewährt werden (siehe Abbildung 2 ab 600m).

IV. FAZIT

1881 hätte Alexander Graham Bell wahrscheinlich nicht ahnen können das durch seine Erfindung knapp 150 Jahre später 100 Mb/s an Datenströmen fließen würden. Doch dabei legte er mit seiner Erfindung den Grundstein für das Vectoring. In diesem Artikel wurde gezeigt das im optimalen Fall Datenmengen von bis

über 110 Mb/s in einer FEXT freien Umgebung erreichbar sind. Weiterhin wurde festgestellt das es in der Praxis möglich ist FEXT und NEXT im Upstream vollständig zu unterdrücken. Problematisch sind Einflüsse von AXT und Downstream NEXT welche sich nur durch Voll-Vectoring oder Verlust von Datenraten aufheben lassen. Aus diesem Grund bietet Vectoring eine attraktive Zwischenlösung zu dem Ausbau des Glasfasernetzes. Allerdings benachteiligt Vectoring immer noch die Teilnehmer, welche durch erhöhte Distanz zum Verteiler ohnehin schon durch die maximale Reichweite der Kupferleitungen benachteiligt sind. Glasfaseranbindung bietet durch Reichweiten von bis zu 20km Vorteile für eben diese Abnehmer. Auch ist die Stabilität wie bereits erwähnt nicht tauglich um das Vectoring für mehr als eine Zwischenlösung erachten.

LITERATUR

- [1] A. Sawall. 470.000 Haushalte bekommen Vectoring mit bis zu 100 MBit/s, 2018. Zuletzt aufgerufen: 26.05.2018, 12:16. <https://www.golem.de/news/telekom-470-000-haushalte-bekommen-vectoring-mit-bis-zu-100-mbit-s-1804-133732.html>
- [2] J. M. Cioffi, S. Jagannathan, M. Mohseni & G. Ginis. Cupon: the copper alternative to pon 100 gb/s dsl networks [accepted from open call]. *IEEE Communications Magazine*, 45(6):132–139, 2007.
- [3] M. Guenach, J. Meas, M. Timmers, O. Lamparter, J.-C. Bischoff & M. Peeters. Vectoring in DSL systems: Practices and challenges. *Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2011)*, 2011 IEEE, S. 1–6. IEEE, 2011.

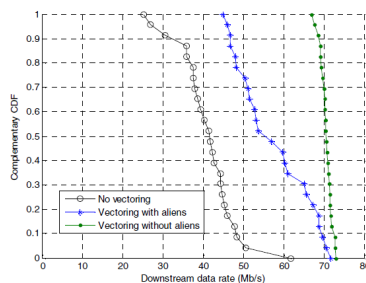


Abbildung 3: Labor Messungen: Hier entspricht die kumulative Verteilungsfunktion einer Datenrate von 500 m für ein Kabel von 0.4 mm Breite in einer unverzweigten Netzwerktopologie [3]