

Die Sprachübertragung ist immer verbindungsorientiert realisiert worden. Für ein Telefongespräch wird zu diesem Zweck über spezifische Leitungen zwischen zwei Endpunkten eine Verbindung aufgebaut. Diese durchgeschaltete Leitung steht den Teilnehmern exklusiv zur Verfügung. Im Gegensatz dazu sind paketvermittelnde Netze verbindungslos aufgebaut. Die entstehenden Schwankungen im Verkehrsaufkommen werden mit verschiedenen Signalarten und Teilnehmern kombiniert, um Übertragungsbroadbanden und Vermittlungskapazitäten dynamisch und flexibel zwischen diesen aufzuteilen. Dabei werden sie von Routern zwischen unterschiedlichen Netzen weitergeleitet. Für die Wegwahl werden Algorithmen eingesetzt. Erhöhte Belastungen werden durch Warteschlangen (Waiting Queue) ausgeglichen, indem die Pakete erst zwischengespeichert und nach der Entlastung des Routers weitergeleitet werden. Diese flexible heterogene Struktur beinhaltet aber höhere Verzögerungszeiten und schwankende Ankunftszeiten der Pakete. Paketlaufzeiten und -verluste sowie Jitter haben einen erheblichen Einfluß auf die Übertragungsqualität eines Sprachsignals.

Einflüsse auf die Sprachqualität

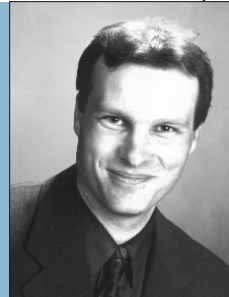
Gerade bei Sprachübertragungen ist es wichtig, daß die Verzögerung annähernd konstant ist, da das Ohr sehr empfindlich auf Klangschwankungen oder Sprachunterbrechungen reagiert. Die konstante *Laufzeit* hat keinen Einfluß auf die Sprachqualität, sondern verschlechtert mit zunehmender Länge immer stärker die Gesprächsqualität. Die Länge der Laufzeiten über das Netz (Delays) ist von der Betriebsart abhängig. Da für die Sprachübermittlung wechselseitige Kommunikation über zwei Verbindungen (Duplex-Betrieb) oder wenigstens über eine Verbindung (Halbduplex-Betrieb) möglich sein muß, würden lange Delays unangenehme Sprachpausen erzeugen. Für Duplex-Betrieb ist daher ein maximaler Delay von 200 ms, für Halbduplex-Betrieb zwischen 200 und 500 ms noch möglich.

Bitfehler sind durch Störeinflüsse umgewandelte Bits. Aus einer beim Sender abgeschickten digitalen 1 wird auf der Übertragungsstrecke eine digitale 0. Der Qualitätsmaßstab bei digitaler Übertragung ist die Bitfehlerrate bzw. Bit Error Rate (BER). Sie gibt an, wieviele Bits einer übertragenen Bitmenge durch Störeinflüsse verfälscht wurden. Es muß sichergestellt sein, daß

Mittelwert wird auch als Jitter oder stochastische Laufzeit bezeichnet. Jitter können durch sog. Jitterpuffer ausgeglichen werden, wodurch die Verzögerung aber wieder ansteigt. *Echos* entstehen insbesondere in analogen Systemen am Übergang von der vierdrähtigen Anschaltung im Netz zur zweidrähtigen beim Teilnehmer. Auch akustische Rückkopplungen zwischen

Sprachqualität von Voice over IP

von Kai-Oliver Detken



die in den Standards zu beachtenden Rahmenbedingungen und Störeinflüsse den zulässigen BER-Wert nicht überschreiten lassen. Bei Echtzeitanwendungen verschlechtert sich durch eine zu große BER die subjektive Wirkung des Dienstes.

Die Entstehung von *Jitter* kann systemabhängig sein (Eigenjitter). Verursacht werden sie z.B. durch frequenzbestimmende Bauteile, Versorgungsspannungsstörungen und das Einschwingen von Übertragern. Hinzu kommen nichtsystemabhängige Jitter (Grundjitter), die durch Impulsstörungen, Rauschen und Nebensprechen entstehen. Die Abweichung des Delay von einem

Hör- und Sprechkreis tragen zum Echo bei. Die Störwirkung des Echos auf die Verständlichkeit der Sprache ist durch das Produkt aus der Echoverzögerung (Laufzeit des Echosignals) und der Lautstärke des Echos im Vergleich zum Originalsignal bestimmt. Sie können durch sog. Neutralisierer kompensiert werden, die das erwartete Echo simulieren und dann vom eigentlichen Echo subtrahieren.

Fazit

Das zentrale Problem bei paketorientierter Sprachübertragung sind die Laufzeiten, denn nur bei konstanter Laufzeit sind kontinuierliche Übertragungen, wie sie für Sprache gefordert werden, einzuhalten. Zusätzlich darf die konstante Laufzeit ein bestimmtes Maximum nicht überschreiten. Um die Auswirkungen so gering wie möglich zu halten, kann zu Gegenmaßnahmen wie Pufferung, Flußsteuerung, Wahl des Vermittlungssystems, Kanalauslastung und Sprach-Daten-Integration gegriffen werden, die allerdings Sprachverzögerungen nicht verhindern können. Für einen endgültigen Erfolg von VoIP sind Dienstgarantien unabdingbar. Erst wenn das Internet die Qualität bietet, die man für das Telefonieren benötigt, wird es eine echte Alternative darstellen. Bis dahin wird VoIP auf Unternehmensnetze beschränkt bleiben. (bk)

Subjektive Wirkung für Sprachübertragung mittels PCM, ITU-T

BER	subjektive Wirkung
10 ⁻⁶	nicht wahrnehmbar
10 ⁻⁵	einzelne Knacke; bei niedrigem Sprachpegel gerade wahrnehmbar
10 ⁻⁴	einzelne Knacke; etwas störend bei niedrigem Sprachpegel
10 ⁻³	dichte Folge von Knacken; wahrnehmbar bei jedem Sprachpegel
10 ⁻²	stark störendes Prasseln; Verständlichkeit merkbar verringert
5 x 10 ⁻²	fast unverständlich