



Wie?

Digital klingt alles besser: Von den glänzenden Compact Discs sind wir gleichbleibend hohe Musikqualität gewohnt, Aufnahmen, die wie Computerdaten Kopie für Kopie ununterscheidbar gleich HiFi sind. Nur: Ist das immer so? Wie wird denn in den neuen D-Mobilfunk-Netzen die Sprache digital verarbeitet und übertragen?

Tip-Tip-Tippen an einer Fernbedienung ist im Vergleich zum überkommenen Dreh am Gerät zunächst un bequem. Dann bringt es aber Vorteile durch Eindeutigkeit, Wiederholbarkeit und Übertragbarkeit aus der Ferne. So ist auch die Digitalisierung analoger Sprachsignale „teurer“ als die analoge Übertragung mit elektrischen Veränderungen, die den Druckschwankungen der Luft entsprechen. Im Telefon werden seit jeher Frequenzen von 300 bis 3400 Hertz übertragen. Bei ISDN wird dieser normale, 3000 Hz breite Telefon ton 8000mal in der Sekunde mit einer Genauigkeit von 8 Bit abgetastet, das ergibt 64 000 Bit in der Sekunde. Wollte man diese 64 Kilobit in der Sekunde (kbps) einfach über Funk übertragen, dann bräuchte man etwa dreimal soviel Bandbreite, um die rechteckigen Bit-signale am anderen Ende einigermaßen eckig wiederherstellen zu können: rund 200 kHz. Einfache Digitalisierung über ISDN hätte aus 4 kHz das Fünfzigfache, 200 kHz, gemacht – nicht gerade wirtschaftlich.

Es muß also anders gehen, verdichtet werden. Dazu gehört zunächst Warten,

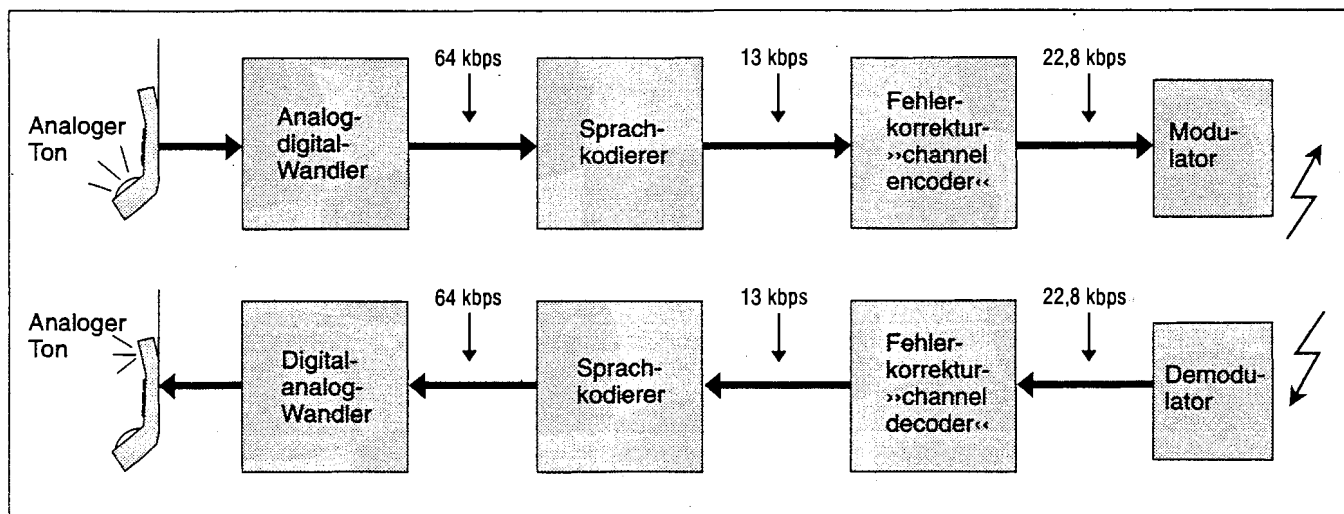
bis genügend „Material“ da ist. Einen einzelnen Strohhalm kann man nicht bündeln. Die GSM, Groupe Spécial Mobile, hat 1988 unter der Federführung des Darmstädter Forschungszentrums der Deutschen Bundespost für das digitale Mobiltelefon zwanzig Millisekunden lange Sprachportionen gewählt. Daraus werden 260 beschreibende Parameter errechnet. Sie entstammen einem regulär-pulserregten Vorhersageverfahren (RPE, regular pulse excited) mit einer Kurz- und einer Langzeitvorhersage (LTP, long term prediction), insgesamt einer Sprachsynthese, gesteuert durch Restsignale, genannt RPE-LTP.

Die Stimmgrundlage bildet den „Langzeit“-Term in der Vorhersage, die Grundfrequenzen. Dieses Grundgeräusch wird durch die Bewegung von Gaumen, Zunge, Lippen, Backen und so weiter schnell in seinem Frequenzgang verändert, moduliert; Sprache entsteht – im Modell durch Filter. Der GSM-Sender analysiert diesen Frequenzgang und bestimmt die Filtereinstellung, die beim Empfänger wieder eine ganz ähnliche elektronische „Mundstellung“ formt. Was bei dieser Analyse im Sender übrig bleibt, ist, was als Anregung im Empfänger noch in die Filter hineingehen muß, ein sogenanntes Restsignal. Es wird nur bei jeder dritten 8000-Hz-Abtastung gemessen. Das Restsignal ist eben matt in seiner Energie und müde in seinem Frequenzverhalten.

Das Verfahren ist ganz auf Sprache optimiert, getestet wurde mit sechs. Modemtöne ohnehin digitaler Daten und

Faxe können damit nicht übertragen werden. Soll dieser Strom von 13 kbps aus 260 Bits (je 20 ms) fehlerfrei am anderen Ende ankommen, müssen schnell noch 196 dazugebastelt werden. Diese zusätzliche Redundanz kostet weitere 9,8 kbps. Damit haben wir insgesamt 22,8 kbps zu übertragen. Verdichtung und Fehlerbearbeitung kosten Zeit, Rechen- und Akkukraft im Mobiltelefon, schätzungsweise fünf Millionen Operationen oder „Instruktionen“ in der Sekunde, ganz grob vergleichbar mit einem 20-MHz-Computer, wobei die Chips im Handy ja keine Universalrechner sind. Fällt trotz versuchter Fehlerkorrektur doch einmal ein Sprachstück aus, dann mogelt einem das Gerät einfach einen ähnlichen Ton wie gehabt in die Lücke. Stille wird als „comfort noise“, Beruhigungsrauschen, gesendet. In Zukunft kann noch eine digitale Verschlüsselung dazukommen, die Gespräche selbst mit den besten Digitalempfängern ohne Kenntnis des Codes unhörbar machen.

Die 22,8 kbps werden in der Luft nicht kontinuierlich übertragen, sondern in kleinen Rahmen zu je 4,615 ms, so daß im Zeitmultiplexverfahren acht Gespräche auf einer Frequenz zugleich geführt werden können. Die Kanalbandbreite für die acht Gespräche in einer Richtung beträgt etwa 80 kHz. Rechnet man das auf ein Gespräch herunter, so läßt sich Bilanz ziehen: Eine Sprachbandbreite von 3 kHz wird trotz Digitalisierung mit nur 10 kHz übertragen, beim künftigen Half-rate-Verfahren sogar nur mit 6 kHz – dank reichlich raffinierten Rechenkünste. fj.



Das gesprochene Wort auf seinem komplizierten Weg im digitalen Mobilfunk