

Neue hochwertige Sprachdienste für Mobilfunknetze

von Christina Birkehammar, Stefan Bruhn, Peter Eneroth, Karl Hellwig und Stefan Johansson

Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung der Mobilfunknetze und -telefone sind zahlreiche neue mobile Anwendungen und Dienste entstanden. Handys dienen nun auch als MP3-Player, Kamera und Spielekonsole. Daneben bieten sie Zugang zu Internet und Fernsehen. Um der ständig wachsenden Kundennachfrage gerecht zu werden, entstehen immer neue Dienste. Eines hat sich jedoch aus Sicht des Kunden seit den Kindertagen des Mobilfunks nicht geändert: Das Telefonieren. Dennoch haben sich auch die Sprachdienste weiterentwickelt. Einige entscheidende Meilensteine dieser Entwicklung waren die Einführung des EFR-Codex (Enhanced Full-Rate, 1995) und des darauf folgenden AMR Codex (Adaptive Multi-Rate, 1998). Dadurch stieg die Sprachqualität deutlich, die Verbindungen wurden stabiler und die Netz-Kapazität höher. Heute wird in den meisten GSM und UMTS-Systemen der AMR-NB Codec (AMR-Narrow-Band) eingesetzt, der die Sprach-Bandbreite klassischer Telefondienste unterstützt. Auch für den neuen Multimedia Telefon-Standard in IMS (MTSI; IMS : Internet protocol based Multimedia System) ist er bestens geeignet.

Selbstverständlich entwickelt sich auch AMR ständig weiter. Beim neuen AMR-WB Codec (AMR-Wide-Band, 2000) ist die Sprach-Bandbreite doppelt so hoch wie bisher. Das Ergebnis sind Telefonate mit nahezu natürlicher Sprachqualität. Diese ist besser als bei allen auf dem Massenmarkt etablierten Telefondiensten, inklusive des Festnetzes.

Vorteile höherer Sprachqualität für Teilnehmer und Betreiber

Ergebnisse von Labortests

Teilnehmer bewerten die Sprachqualität des AMR-WB Codex ganz klar besser als die von herkömmlicher Telefonband-Sprache. Das ergab ein MUSHRA-Tests (MULTi Stimulus test with Hidden Reference and Anchor, ITU-R BS.1534) in den Labors von Ericsson Research. Vor allem gegenüber der Puls-Code-Modulation (PCM) mit 64 kbit/s in öffentlichen Festnetzen zeigt AMR-WB klar die bessere Sprachqualität.

Auf störungsfreien Kanälen übertrifft die Qualität von AMR-WB immer (selbst in der niedrigsten Einstellung mit 6,6 kbit/s) die Wer-

te von AMR-NB (selbst bis zur höchsten Einstellung mit 12,2 kbit/s, siehe Abb. 1 und 2). Dasselbe gilt unter normalen Betriebsbedingungen auch für die störungsanfälligen GSM- und UMTS-Funkkanäle.

Diese Ergebnisse sind gewonnen in einer künstlichen Laborumgebung und mit kurzen Sprachproben. Dafür sind sie sehr aussagekräftig. Für den Einsatz im täglichen Leben könnten sie sich als weniger beweiskräftig erweisen. Aus diesem Grund führten Ericsson und T-Mobile International in Deutschland einen größeren praktischen Feldtest mit Kunden durch, der weitere Erkenntnisse lieferte.

Feldtest im Netzbetrieb

Der gemeinsame Feldtest wurde im April und Mai 2006 im T-Mobile Netz durchgeführt. Für die Dauer von vier Wochen erhielten 150 aus-

gewählte Teilnehmer spezielle AMR-WB Handys. Der Test sollte ermitteln, wie sich ihre Wahrnehmung und Verhalten durch die deutlich höhere Sprachqualität verändern. Die Ergebnisse sind überaus ermutigend (siehe Abb. 3). Über 70 Prozent der Testpersonen bestätigten eine erheblich höhere Sprachqualität. Gespräche waren auch bei lauten Umgebungsgereuschen besser zu verstehen. Außerdem stieg mit der Sprachqualität auch das Gefühl von Vertraulichkeit, Diskretion und Bequemlichkeit. Ericsson und T-Mobile folgern aus diesen Ergebnissen, dass AMR-WB das Nutzerverhalten von Kunden verändern wird. Häufigkeit und Dauer der Mobilfunk-Gespräche werden zunehmen.

Um in den Genuss der verbesserten Sprachqualität zu kommen, müssen beide Teilnehmer mit der neuen Technik ausgestattet sein. Anfangs werden aber nur wenige AMR-WB-Geräte in Umlauf sein. Daher können Betreiber ihr Image und ihren Gewinn aus dem AMR-WB zunächst dadurch erhöhen, dass sie die hohe Sprachqualität neben dem Telefonieren auf besondere Dienste ausweiten. Hier bieten sich vor allem WB-Telefonkonferenzen und WB-Ansagen und auch spezielle WB-Informationendienste an (z.B. Börsennachrichten in hoher Qualität). Auch persönliche Rückrufsignale, verbesserte Spracherkennung und WB-Voice-Mail werden profitieren. Zusätzlich können sie AMR-WB besonders als Unternehmenslösung oder für bestimmte Kundengruppen anbieten. Testpersonen, die ihr Mobiltelefon geschäftlich nutzen, haben angegeben, dass sie mit der verbesserten Sprachqualität hohe Erwartungen verknüpfen. Wichtige Zahlen und Fakten lassen sich besser kommunizieren, dadurch lassen sich Kosten senken. Gleichzeitig entsteht beim Gesprächspartner ein positiver Gesamteindruck. Eine gute Verfügbarkeit und gute Netzabdeckung sind hierfür jedoch Grundvoraussetzungen.

AMR-WB hilft den Betreibern auch, Kosten zu sparen, wenn es zum Beispiel um die Gewinnung von Neukunden geht. Außerdem sinken

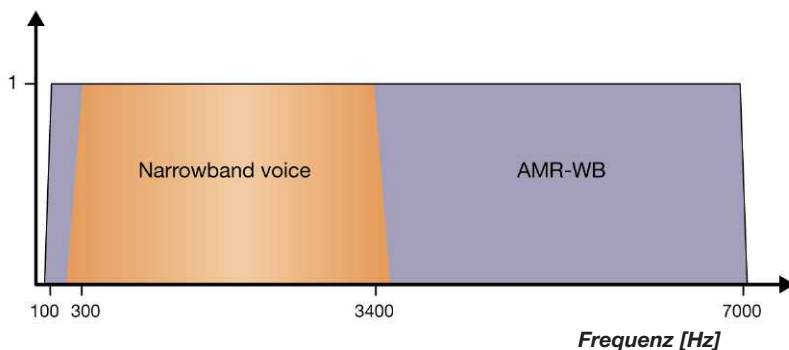


Abb. 1

Die typischen Durchlassbereiche bei herkömmlicher schmalbandiger Sprachübertragung und bei breitbandiger Übertragung mit AMR-WB. Nur beim AMR-WB umfasst die Codierung alle Bereiche des Sprachspektrums, die für eine natürliche Wiedergabe nötig sind.

MUSHRA-Ergebnis

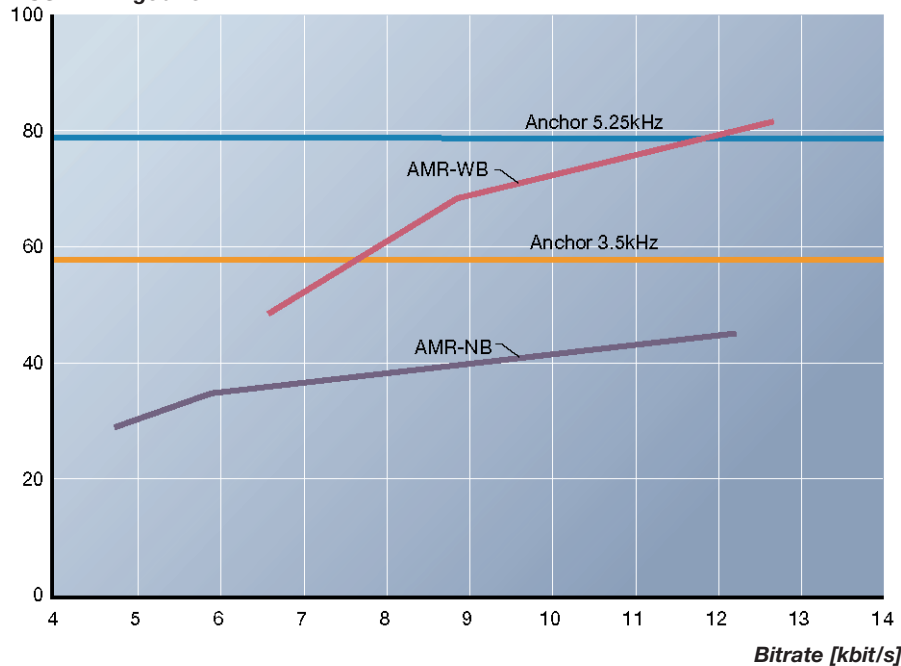


Abb. 2
Sprachqualität bei ungestörtem Kanal in Abhängigkeit von der Bitrate.
AMR-WB ist bei allen Bitraten immer besser als AMR-NB.

durch eine bessere Sprachqualität die Anfragen an den Kundendienst.

Planung der Markteinführung

AMR-WB baut auf den Anforderungen auf, die Betreiber an GSM und UMTS-Netze stellen. Daher plant Ericsson diesen Codec in den Jahren 2007/2008 in sein Mobilfunkportfolio zu integrieren. Ab 2007 wird er bei der Auslieferung von Ericsson Mobilfunk-Endgeräteplattformen (Chip-Sätze für Handy-Entwickler) als „kommerziell einsetzbar“ eingestuft und sowohl für GSM als auch UMTS zur Verfügung stehen. Höchstwahrscheinlich wird AMR-WB auch im Festnetzbereich eingesetzt werden. Dabei wird er klassische Sprachübertragung genauso unterstützen wie Multimedia und Video-Telefonie. Die Ericsson Neben-

stellentechnik wird ihn erstmals in Version 4 des MX-ONE einsetzen. Die Markteinführung ist hier für das 3. Quartal 2007 geplant.

Technische Details Standardisierung

Der erste AMR-NB Codec für Sprachtelefonie wurde 1998 für GSM und UMTS standardisiert. Die Standardisierung von AMR-WB begann im Jahr 2000 und war mit dem Release 5 abgeschlossen. Dabei wurde das Multiraten-Codierungsprinzip des AMR-NB auf Breitbandsprache ausgedehnt, ohne die Bitraten wesentlich zu ändern oder auf wichtige Mechanismen zu verzichten, wie schnelle Bitratenanpassung, bandinterne Signalisierung oder Sprachpausenerkennung. Später, mit dem Release 6, wurde der erweiterte AMR-WB Codec (AMR-WB+) eingeführt. Mit AMR-WB+ wurde die AMR Codec-Familie um einen hochwertigen

Audio-Codec mit niedriger Bitrate erweitert, der für Messaging- und Streaming-Anwendungen eingesetzt werden kann.

Technologie

Der AMR-WB arbeitet mit der bewährten ACELP-Technologie (Algebraic Code-Excited Linear Prediction). Dabei regen ausgewählte Folgen niedriger Pulse und eine periodische Signalkomponente ein adaptives Synthesefilter an. Dieses generiert dann das Sprachsignal für die Ausgabe. Neben dem speziellen Pause-Modus verfügt der AMR-WB über neun Bitraten. Die ersten drei mit 6,60, 8,85 beziehungsweise 12,65 kbit/s sind für breitbandige Telefonübertragung unerlässlich. Zwei weitere zusätzliche Bitraten (15,85 und 23,85 kbit/s) wurden für spezielle Telefonanwendungen, wie Konferenzschaltungen bereitgestellt. Diese sind jedoch beim normalen Telefonieren weniger wichtig, da sie für ihren Preis (weitaus höhere Bitrate) nur wenig zusätzliche Verbesserung bringen.

Systembezogene Aspekte Mobilfunk-Kernnetz

Im Mobilfunk-Kernnetz werden Gesprächsaufbau, Pfadsuche und viele Zusatz-Dienste abgewickelt. Herkömmlich wird Sprache im Kernnetz PCM-codiert mit 64 kbit/s übertragen. Entsprechend müssen (herkömmlich) die Sprachparameter der Funkstrecke in PCM umgewandelt werden. Das führt zu Einbußen bei Sprachqualität (Qualitätsverlust) und Kosten bei der Signalverarbeitung (komplexere Übertragung).

Da sich PCM nur auf schmalbandige Sprache bezieht, kann es nicht für den AMR-WB genutzt werden ohne die Vorteile zu verlieren. Daher muss AMR-WB Telefonie im Kernnetz über zwei komplementäre Standards abgewickelt werden – TFO (Tandem-Free Operation) und/oder TrFO (Transcoder-Free Operation).

TFO ist ein bandinternes Signalisierungsprotokoll, das die Parameter eines Sprachcodecs ungehindert durch die PCM-Verbindungen traditioneller Kernnetze schleust. Dabei bleibt die Sprachqualität erhalten, allerdings bei gleichbleibend hoher Übertragungsrate im Kernnetz.

TrFO ist eine für Sprachübertragung optimierte Kombination aus OoBTC-Signalisierung (Out-of-Band Transcoder Control) und verbesserter Transporttechnologie (über ATM oder IP) mit deutlich geringerer Übertragungsrate. Wird ein Gespräch aufgebaut, ermittelt OoBTC die optimalen Codecs für Kern- und Funknetz und weist ihnen die entsprechenden Ressourcen für Übertragung und Verarbeitung zu. Das Ergebnis ist ein Gespräch mit hervorragender Qualität ohne Codeumwandlung. Das bedeutet, dass Sprachsignale in einem Handy codiert und dann unverändert an das andere

Tabelle 1, Einführung von Produkten, die AMR-WB unterstützen.

	Status	Release
Mobilfunk-Kernnetz	Candidate	MSS R5.0
UTRAN	Candidate	P6.0
GERAN	Candidate	BSS08A
EMP	Commercial	2007Q1, GSM/UMTS-Plattform
MGW (Festnetz)	Candidate	MGW 2.0
Enterprise	Candidate	MX-ONE Version 4

Handy übertragen werden.

Bei Anrufen ins öffentliche Festnetz lassen sich (noch) keine Breitbandgespräche herstellen. Hier veranlasst OoBTC, AMR-NB ausgewählt wird und die Signale am Übergang ins leitungsvermittelte Netz in PCM umgewandelt werden. Das TFO-Protokoll verfügt über einen ähnlichen Mechanismus. Im zukünftigen IMS-Netz werden die Sprachparameter dagegen im Internet Protocol weitergeleitet, so dass auch mit dem Festnetz Breitbandgespräche möglich werden.

Eine Einführung von AMR-WB in Mobilfunknetze erfordert TFO im GSM-Funknetz. Im Kernnetz sind dabei nur unwesentliche Teile der Transportebene betroffen, da TFO die Sprachparameter im PCM-Kanal überträgt. Größere Änderungen sind daher nicht nötig. Auch UMTS-Netze könnten mit AMR-WB mittels TFO aufgerüstet werden. Empfehlenswerter ist allerdings der Einsatz von OoBTC/TrFO. Auch wenn die Einführung dieses Protokolls anfangs kostspieliger ist, ist es langfristig weitaus rentabler. TrFO zieht optimalen Nutzen aus der revolutionären UMTS-Netzarchitektur, in der wenige zentrale Mobile Switching Center eine Vielzahl lokaler Media Gateways kontrollieren, die paketvermittelt (über ATM oder IP) kosteneffektiv verbunden sind.

Durch OoBTC liegt auch die Wahrscheinlichkeit für erfolgreiche AMR-WB Verbindungen erheblich höher. Dies ist gerade in der Phase der Markteinführung ein entscheidender Vorteil, in der zunächst nur wenige AMR-WB Endgeräte zur Verfügung stehen. Dadurch lassen sich über OoBTC zusätzliche Dienste und Ressourcen besser und effektiver kontrollieren.

Mit einer Kombination aus TFO (für GSM) und TrFO (für UMTS) können zwischen allen Arten von mobilen Endgeräten AMR-WB Verbindungen kostengünstig hergestellt werden.

GSM

Die Luftschnittstelle in GSM nutzt TDMA-Funktechnologie (Time-Division Multiple Access) mit einer relativ geringen Kanalbandbreite von 200 kHz pro Trägerfrequenz und langsamer Adaption der Sendeleistung. Dadurch können Funkwegschwankungen, zum Beispiel durch Abschattung, nicht ganz verhindert werden. Dieses Problem wird durch die AMR Bitratenadaption gelöst, die im Prinzip bei AMR-NB und AMR-WB identisch ist. Dabei wird die einzigartige Fähigkeit der Codecs ausgenutzt, mehrere Übertragungsraten zu unterstützen. So wird zu jeder Zeit dem verwendeten veränderlichen Funk-Kanal die optimale Übertragungsrate zugewiesen. Auf diese Weise lässt sich bei jedem Gespräch die bestmögliche Sprachqualität erzielen. Auch bei schlechten Übertragungsbedingungen bleibt so eine hohe Verbindungsqualität garantiert. Das Ergebnis ist eine bessere Sprachqualität, eine

Die Sprachqualität war...

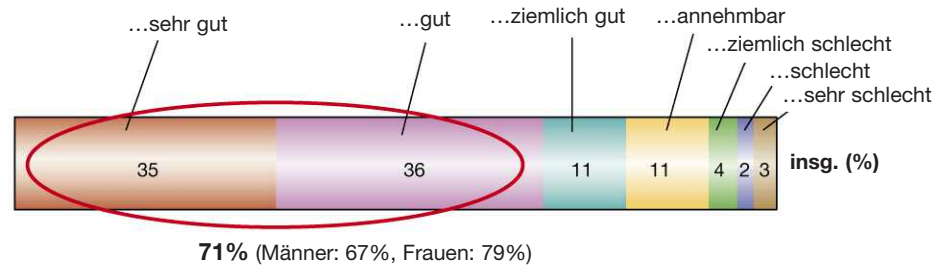


Abb. 3
Kundenmeinung zur Sprachqualität der AMR-WB Mobiltelefone.

höhere Kapazität des Funknetzes, oder beides.

Die Implementierung des AMR-WB Codecs und des dazugehörigen Funkkanals in GSM läuft ähnlich ab wie beim AMR-NB. Bei neuerer Hardware sind für die Ericsson Base Transceiver Station (BTS) und den Base Station Controller (BSC) nur kleinere Software-Upgrades erforderlich, da AMR-WB und AMR-NB bei Kanalcodierung, Adaption und bandinterner Signalisierung nach denselben Prinzipien funktionieren. In der Transcoder Unit (TRAU) ist jedoch zusätzlicher Aufwand nötig, denn der AMR-WB Codec ist rund doppelt so komplex wie der AMR-NB und selbstverständlich muss TFO unterstützt werden.

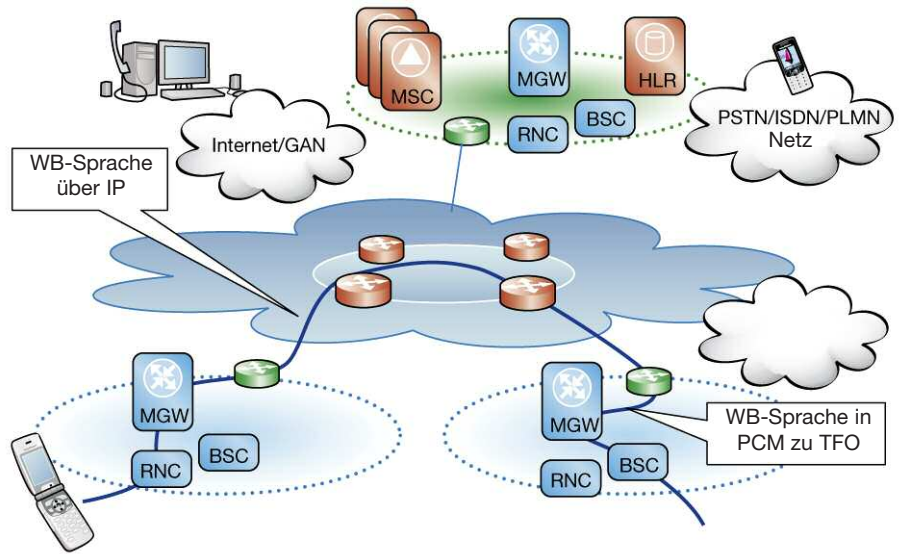
UMTS

Im UMTS Funkkanal liegt die Kanalbandbreite mit 5 MHz pro Trägerfrequenz erheblich höher und es existiert eine sehr schnelle Regelung für

die Sendeleistung. Damit lassen sich Funk-Signalstörungen leichter beheben, indem die Sendeleistung entsprechend reguliert wird. Daher wird die Fähigkeit des AMR, verschiedene Übertragungsraten zu unterstützen, in UMTS hauptsächlich zur Optimierung der Funkkapazität eingesetzt.

Um eine reibungslose Zusammenarbeit mit dem GSM Funkkanal zu erzielen, bildet das UMTS Funknetz die Multimode-Konfigurationen des AMR in einen Multimode-Radio Bearer ab. So kann die Codierungsrate dynamisch angepasst werden, ohne dass die Sprachübertragung durch Rekonfigurationen, Unterbrechungen oder Transcodierung beeinträchtigt wird. Netzbetreiber können die Funkkapazität kontrollieren, indem sie die maximale Codierungsrate des AMR-WB in Uplink und Downlink für jede Funkzelle gesondert einstellen. AMR-WB Sprachdaten lassen sich so naht-

Abb. 4
Moderner Netzaufbau, bei dem zentrale MSC-Server über ein IP-Netz mit zahlreichen lokalen Media Gateways verbunden sind. Die Verbindung zwischen GSM Funknetz und Kernnetz erfolgt über PCM mit TFO.



los, ohne Umkodierung, zwischen UMTS und GSM übertragen. Alle Änderungen zur Implementierung von AMR-WB im UMTS Funknetz von Ericsson lassen sich durch Software-Updates bewerkstelligen.

Endgeräte

Für die AMR-WB Sprachqualität müssen die Endgeräte folgende Voraussetzungen erfüllen:

- Die Algorithmen zur Verarbeitung der Audio-Signale (z.B. Echounterdrückung, Rauschunterdrückung, Regelung der Lautstärke) müssen an eine Abtastfrequenz von 16 kHz angepasst werden.
- Mehr Rechenleistung muss zur Verfügung gestellt werden. AMR-WB benötigt hier rund doppelt so viel Leistung und Speicher wie AMR-NB.
- Die akustischen Eigenschaften des Endgerätes müssen an eine Audio-Bandbreite von 100 Hz bis 7 kHz angepasst werden.
- Die Linearitäten von Mikrofon und Lautsprecher müssen an den größeren Aussteuerbereich von AMR-WB und die Anforderungen der höheren Sprachqualität angepasst werden.

Funk-Kapazität

Obwohl die Audio-Bandbreite beim AMR-WB rund doppelt so hoch ist wie beim AMR-NB, bleiben die Bitraten nahezu unverändert, vor allem wenn nur die Grundkonfiguration ge-

nutzt wird. Daher lassen sich die Netzstrukturen für ein AMR-NB basiertes Mobilfunknetz auch mit dem AMR-WB nutzen. Da die Anforderungen an die Kapazität des Funknetzes nahezu dieselben sind, können AMR-WB und AMR-NB in einem Netz problemlos nebeneinander existieren. Diese Tatsache ist vor allem während der Markteinführung von AMR-WB entscheidend.

Im Vergleich zu den derzeit gebräuchlichen Codecs mit fester Übertragungsraten (EFR in GSM und AMR mit 12,2 kbit/s in UMTS) ermöglicht AMR-WB (ebenso wie AMR-NB mit Multi-Mode Konfiguration) höhere Kapazitäten im Funknetz und verringerte Anfälligkeit für Kanalstörungen.

Wenn TFO eingesetzt wird, benötigt AMR-WB im Kernnetz dieselbe Transportkapazität wie PCM oder AMR-NB. Mit der Einführung von TrFO im Kernnetz sinkt die notwendige Transportkapazität von 64 kbit/s auf die vom Sprach-Codec benötigte Bitrate, die beim AMR-WB bei 12,65 kbit/s oder darunter liegt.

WLAN und IMS

Mit dem Zusammenwachsen der Diensten für Festnetz und Mobilfunk steigt auch der Bedarf nach einem breitbandigen Sprach-Codec für diese Festnetze. Bei mobilen Telefonen wird die Sprachübertragung höchstwahrscheinlich über integriertes WLAN (Wireless Local Area Net-

work) und/oder als einzelner Medienstrom innerhalb einer IMS Multimedia-Telefonanwendung abgewickelt. Um mit den Mobiltelefonen kompatibel zu sein empfiehlt die laufende Standardisierung auch für IMS den Einsatz des AMR-NB Codecs. Höchstwahrscheinlich wird auch AMR-WB aus diesem Grunde für Breitbandtelefonie in IMS empfohlen.

Der AMR-NB und der AMR-WB wurden ursprünglich entwickelt, um sehr robust, mit guter Qualität bei den Kanalstörungen zu arbeiten, die bei Mobilfunknetzen häufig auftreten. Sie eignen sich jedoch gerade deshalb auch für die Dienste mit paketorientierter Übertragung in IP-basierten Netzen und deren typischen Fehlerbildern (Paketverlust und -verzögerung). Besonders zu empfehlen ist hier, mit adaptiver Übertragungsrate und Redundanz zu arbeiten. Die Sprachqualität bleibt auch dann außerordentlich hoch, wenn 10%, 20% oder mehr der IP-Pakete verloren gehen.

Fazit

Der neue AMR-WB Sprach-Codec sorgt in Mobilfunknetzen für hohe, nahezu natürliche Sprachqualität. Ein MUSHRA-Test zeigte, dass Mobilfunkteilnehmer ihn den derzeitig vorherrschenden Codecs klar vorziehen. Diese Ergebnisse wurden von Ericsson und T-Mobile International in einem vier Wochen dauernden gemeinsamen Feldtest bestätigt.

Die höhere Sprachqualität des AMR-WB ist darauf zurückzuführen, dass Sprache mit doppelter Audio-Bandbreite übertragen wird, während die Bitrate für die Codierung ähnlich hoch ist wie beim AMR-NB. Daher lassen sich für den schmalbandigen Einsatz entwickelte Netze auch mit dem AMR-WB nutzen. Da bei der benötigten Funkkapazität kaum Unterschiede bestehen, können beide Codecs nebeneinander in einem für EFR oder AMR-NB entworfenen Netz existieren. Im Vergleich mit den auf feste Übertragungsraten ausgelegten Codecs von heute entspricht der Kapazitätzuwachs durch den Einsatz von AMR-WB in etwa dem mit AMR-NB.

Die Implementierung von AMR-WB in GSM und UMTS läuft ähnlich ab wie beim AMR-NB. Bei geeigneter Hardware lassen sich alle erforderlichen Änderungen durch Software-Upgrades bewerkstelligen.

Das Kernnetz muss TFO und/oder TrFO unterstützen. Im einfachsten Fall entstehen nur minimale Auswirkungen auf das System. Alle nötigen Änderungen können durch Software-Upgrades durchgeführt werden.

Für die Sprachwiedergabe in AMR-WB Qualität werden neue Endgeräte benötigt, deren akustische Eigenschaften und Audio-Verarbeitung den neuen Anforderungen entsprechen. Ericsson wird die Chipsätze für entsprechende Endgeräte im ersten Quartal 2007 auf den Markt bringen.

Fachbegriffe und Abkürzungen

3GPP	Third Generation PartnershipProject	LPC	Linear predictive coding
ACELP	Algebraic code-excited linear prediction	MGW	Media gateway
AMR	Adaptive multi-rate	MMTel	Multimedia telephony (in IMS)
AMR-NB	Narrowband AMR	MSC	Mobile switching center
AMR-WB	Wideband AMR	MUSHRA	Multi-stimulus test with hidden reference and anchor
ATM	Asynchronous transfer mode	OoBTC	Out-of-band Transcoder control
BSC	Base station controller	PCM	Pulse code modulation
BTS	Base transceiver station	PS	Packet-switched
Codec	Coder/decoder	PSTN	Public switched telephone network
CS	Circuit-switched	RAB	Radio access bearer
DTX	Discontinuous transmission	RB	Radio bearer
EDGE	Enhanced data GSM environment	RTP	Real-time transport protocol
EFR	Enhanced full rate	TDMA	Time division multiple access
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	TFO	Tandem free operation
GAN	Generic access network	TISPAN	Telecoms and internet converged services and protocols for advanced networks
GERAN	GSM/EDGE radio access network	TRAU	Transcoder unit
GSM	Global system for mobile communication	TrFO	Transcoder free operation
IMS IP	multimedia subsystem	UMTS	Universal mobile telecommunications system
IP	Internet protocol	UTRAN	UMTS terrestrial radio access network
ITU	International Telecommunication Union	VoIP	Voice over IP
ITU-R	ITU radio communication sector	WLAN	Wireless LAN
ITU-T	ITU telecommunication standardization sector		