

Sprachübertragung in lokalen Paketnetzen

E. Foth, Dresden

Mitteilung aus der Technischen Universität Dresden, Sektion Informationstechnik

Die Gegenwart ist durch ständig wachsende Kommunikationsbedürfnisse gekennzeichnet. Bisher war die technische Kommunikation stets eine zerstückelte Kommunikation. Die komplexe Kommunikation, die die Vermittlung komplexer Inhalte ermöglicht, konnte nur durch persönlichen Kontakt der Kommunikationspartner erfolgen (z. B. Sicht- und Sprechverbindung zum Kommunikationspartner). Dem Bedürfnis der Praxis nach komplexer Kommunikation entspricht die Entwicklung des ISDN (Integral Services Digital Network) mit dem Zusammenwachsen der Kommunikationsformen Text, Bild, Sprache und Daten [1].

Nach [2] entwickelt sich das ISDN aus dem leitungsvermittelnden digitalen Fernsprechnetz. Aber auch die aus den Bedürfnissen der Rechentechnik heraus entstandenen Hochgeschwindigkeitsnetze für den lokalen Bereich, die LANs (Local Area Networks) unterliegen dem Trend zur Dienstintegration.

In bezug auf das ISDN sind sie zukünftig als Netzausläufer, d. h. als Netzbestandteil im lokalen Bereich oder als Endgerät anzusehen [3].

Obwohl die LAN ursprünglich nur zur Datenkommunikation vorgesehen waren, wird zunehmend auch nach Möglichkeiten der Sprachübertragung in ihnen geforscht [4] bis [12]. Dazu ist zu bemerken, daß die digitale Sprachübertragung nicht neu ist. Die neuen Forschungen beziehen sich auf die Anwendung von lokalen Paketvermittlungsnetzen für die Sprachkommunikation. Dieser Beitrag behandelt einige dabei auftretende Probleme und bietet, insbesondere für einen Token-Ring, einige Lösungsmöglichkeiten an.

1. Digitale Sprachkommunikation in LAN

1.1. Zwei grundlegende Zusammenhänge

Für die digitale Sprachkommunikation in LAN sind im Hinblick auf eine maximale Kanalkapazitätsausnutzung bei hoher Übertra-

gungsqualität vor allem zwei wesentliche Zusammenhänge von Bedeutung, auf die hier näher eingegangen werden soll:

— Bei konstanter Verarbeitungskapazität verbessert sich die Signalqualität mit einer Erhöhung der Datenrate [4].

— Je größer die Verarbeitungskapazität der Einrichtungen zur Sprachkommunikation ist, um so geringer kann die Datenrate für dieselbe Qualität sein [4].

1.2. Erläuterung der Begriffe

Um die Zusammenhänge besser verständlich zu machen, ist eine Begriffserläuterung angebracht:

— Die Verarbeitungskapazität des Sprachkommunikationssystems ist eine komplexe, nicht einfach meßbare Größe. Sie soll den Aufwand zur Sprachcodierung (z. B. AD-Wandlung, Quantisierung, Quellcodierung) und -decodierung ausdrücken.

— Die Datenrate (auch unter dem Begriff Bitrate geläufig) ist ein Maß für die übertragene Informationsmenge je Zeiteinheit und in bit/s meßbar. Zur Erreichung eines maximalen Durchsatzes auf Übertragungskanälen mit vorgegebener Kanalkapazität ist es in der Regel wünschenswert, die Datenrate des einzelnen Sprachcodierers/-decodierers so gering wie möglich zu halten, wobei ein gefordertes Niveau der Qualität zu berücksichtigen ist. Lediglich dort, wo genügend Kanalkapazität verfügbar ist, besteht keine Notwendigkeit dazu. Der einzige mögliche Weg zur Verringerung der Datenrate eines Sprachcodierers ist die Verringerung der Anzahl der Bits je Abtastung, da für eine vorgegebene Sprachbandbreite die minimale Abtastrate durch das Abtasttheorem festgelegt ist [13].

— Die Sprachqualität ist eine vorrangig durch Menschen subjektiv bestimmte Größe. Sie kann mit Silbenverständlichkeitsmessungen [14] und/oder durch Vergleich mit normaler Telefonqualität für

64-kbit/s-PCM ermittelt werden. Es ist auch das konkret meßbare Signal-Rausch-Verhältnis als Qualitätskriterium verwendbar. Dabei ist aber zu beachten, daß es nicht in jedem Fall mit subjektiven Einschätzungen übereinstimmt, da es die Charakteristik des menschlichen Gehörs nicht in die Bewertung mit einbezieht. Weiterhin ist es zur Einschätzung von Vocoder-Systemen völlig unbrauchbar, da dort vollkommen andersartige Verzerrungen als bei Wellenformcodiertechniken auftreten [13].

1.3. Erläuterung der Zusammenhänge

Nach der Klärung der benutzten Begriffe können jetzt die anfangs angegebenen Zusammenhänge erläutert werden:

1.3.1. Zusammenhang zwischen Signalqualität und Datenrate

Eine Erhöhung der Datenrate durch eine Erhöhung der Abtastfrequenz ermöglicht eine Vergrößerung der zur Übertragung zugelassenen Sprachbandbreite und ermöglicht somit eine Verbesserung der Sprachqualität.

Die zweite Möglichkeit zur sinnvollen Datenratenerhöhung ergibt sich aus einer Vergrößerung der Anzahl der Bits je Abtastung, um bei Wellenformcodiertechniken die Quantisierungstufenzahl zu erhöhen. Auch sie führt durch Verringerung der Quantisierungsverzerrungen zu einer Verbesserung der Sprachqualität.

1.3.2. Zusammenhang zwischen Verarbeitungskapazität und Datenrate

Typischen Telefonverbindungen liegt PCM mit einer Datenrate von 64 kbit/s zugrunde. Diese Rate resultiert aus der üblicherweise auf 8-bit-Codierung, der Fernsprechbandbreite von 300 Hz bis 3,4 kHz und der Einhaltung der auf Grund des Abtasttheorems gegebenen CCITT-Empfehlung G. 711, die eine Abtastfrequenz von 8 kHz festlegt.

Durch den Einsatz von mehr Verarbeitungskapazität sind geringere Raten als 64 kbit/s bei gleicher Sprachqualität erreichbar.

1.3.2.1. Datenratenverringern durch komplexere Codiertechniken

Die Verringerung kann erstens durch den Einsatz komplexerer Sprachcodiertechniken geschehen [13] [15] [16]. Diesen Sachverhalt veranschaulichen die Bilder 1 und 2.

1.3.2.2. Datenratenverringern durch Einsatz von Sprachdetektoren

Eine zweite Möglichkeit zum Einsatz von mehr Verarbeitungskapazität zum Zwecke einer Verringerung der Datenrate ist der Einsatz von Sprachdetektoren zum Ein- und Ausschalten der Kommunikation entsprechend der Sprecheraktivität. Bekanntlich werden bei einer Voll duplex-Verbindung für ein normales Gespräch mindestens 60% der vorhandenen Kanalkapazität nicht genutzt [5] [17]. Ungefähr 50% ergeben sich daraus, daß in einem Dialog stets nur ein Kommunikationspartner spricht. Die übrigen 10% resultieren aus Sprechpausen zwischen Wörtern und Silben.

1.3. Erzielbare Ergebnisse

Durch Einsatz der zweiten Möglichkeit läßt sich eine Datenratenreduktion um den Faktor 2 bis 3 erreichen, während durch den Einsatz komplexer Sprachcodiertechniken ein Faktor von 20 bis 30 erreichbar ist.

2. Paketierte Sprachkommunikation in LAN

2.1. Allgemeines

Die meisten LAN arbeiten mit paketierter Informationsübertragung. Das ist darauf zurückzuführen, daß sie ursprünglich zur Datenübertragung konzipiert wurden, und daß ihr die paketierte Übertragungsform von ihrer Natur her (in der Regel burstartiges Verkehrsaufkommen) am besten entspricht. Nachfolgend soll diese Übertragungsform unter dem Gesichtspunkt der Sprachübertragung betrachtet werden.

2.1.1. Vor- und Nachteile paketierter Sprachübertragung

In der Vermittlungstechnik existieren zwei grundsätzliche Prinzipien, die Durchschalte- bzw. Kanal- und die Paketvermittlung. Während die Paketvermittlung ursprünglich nur zum Datentransport genutzt wurde, besteht mit Aufkommen der Dienstintegration wachsendes Interesse daran, sie auch zur Sprachübertragung zu nutzen [5] [8] bis [12] [14] [18]. Die Paketvermittlung hat gegenüber der Durchschaltvermittlung

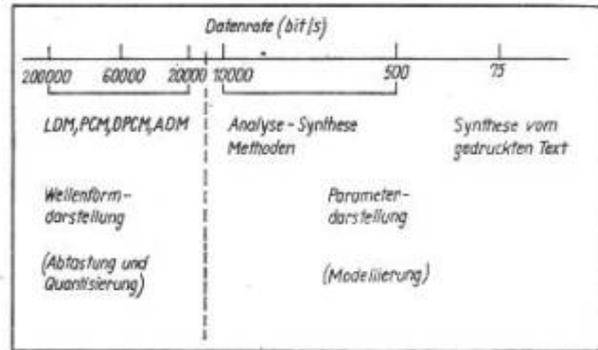


Bild 1. Bereich der Bitraten für verschiedene Typen von Sprachdarstellungen [28]; LDM lineare Deltamodulation; PCM Pulsodemodulation; DPCM Differenz-Pulsodemodulation; ADM Adaptive Deltamodulation

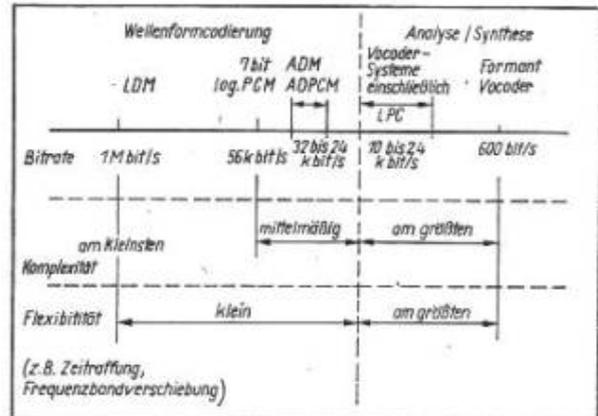


Bild 2. Übersicht über Typen von Sprachcodiermethoden [13]; ADPCM Adaptive Differenz-Pulsodemodulation; LPC Linear Predictive Coding

die Vorteile einer effektiveren Kanalauslastung (Belegung des Kanals nur bei aktiver Quelle) und einer höheren Flexibilität (einfache Geschwindigkeitsumwandlungen sowie je nach Netzstruktur auch Leitweglenkung), denen aber die Nachteile der aus der Paketierung entstehenden zeitlichen Verschiebungen und schwankender Verzögerungen infolge von Belastungsänderungen gegenüberstehen. Die schwankenden Verzögerungen sind das Hauptproblem mit dem man bei beabsichtigten Sprach- bzw. Echtzeitübertragungen in Paketnetzen konfrontiert wird.

Ein solches Problem tritt bei der Durchschaltvermittlung nicht auf. Sie liefert synchrone Kanäle mit festem, garantierbarem Durchsatz. Jeder Kanal bleibt völlig unbeeinflusst von der Last und Art des Verkehrs auf den anderen Kanälen. Es ist eine Maximalzahl einrichtbarer Kanäle vorgegeben. Werden mehr Verbindungen angefordert, wird abgelehnt. Anzahl, Entfernung und geographische Anordnung der angeschlossenen Teilnehmer haben keinen Einfluß auf den Vermittlungsprozeß [19].

Diese Charakteristika sind bei der Paketvermittlung nicht gegeben. Dort sind synchrone Kanäle, die zur Sprachübertragung erforderlich sind, nur mit relativ großem Aufwand erreichbar.

Trotzdem werden Forschungsarbeiten auf dem Gebiet paketierter Sprachübertragung betrieben. Als ein wesentlicher Grund dafür ist die Tatsache anzusehen, daß insbesondere mit der VLSI-Technik zukünftig solche Verfahren effektiv realisiert werden können.

Eine Vorstufe zur paketierter Sprachübertragung sind TASI-Systeme (Time Assignment Speech Interpolation) [20] und digitale Sprachinterpolationsverfahren (Digital Speech Interpolation, kurz: DSI) [21] [22]. Sie erreichen bereits eine bessere Kanalauslastung als Durchschaltvermittlungen, da sie den Kanal nur bei aktivem Sprecher durchschalten. Ihre Anwendbarkeit ist jedoch auf Zweipunktverbindungen (z.B. teure Überseekabel) beschränkt. Durch eine Sprachübertragung in Paketvermittlungen ist ihnen gegenüber eine Ausweitung auf ganze Netze möglich [14].

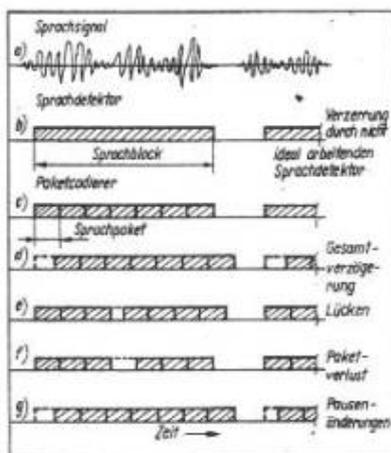


Bild 3
Verzerrungen bei paketierter Sprachübertragung [14]

2.1.2. Besondere Merkmale paketierter Sprachübertragung

Die paketierte Sprachübertragung in lokalen Netzen ist nach [4] vor allem durch folgende Besonderheiten gekennzeichnet:

— Ein wesentlicher Unterschied zwischen aktiver Sprachkommunikation und Datenkommunikation ist die Art und Weise der Paketverlustbehandlung. Für aktive Sprache ist, im Unterschied z. B. zum Filetransfer, Kontinuität wichtiger als Datenintegrität. Die in der Regel deshalb vorgenommene Ignorierung von Paketverlusten ist stets dann die richtige Strategie, wenn die Zurückgewinnung von Paketen Verzögerungen erzeugt, die die Kommunikationsqualität stärker verringern als der Verlust.

— Je kürzer die Verzögerungszeit zwischen Sprecher und Empfänger ist, umso besser ist die Qualität des aktiven Wechselsprechens. Da die Verzögerungszeit sich aus der Verarbeitungszeit, der Paketierungsperiode und der Übertragungsverzögerung zusammensetzt, ist sie günstig über die Paketierungsperiode beeinflussbar. Hält man aber die Paketierungsperiode klein, so muß eine große Anzahl von Paketen übertragen werden. Damit steigt die Belastung des Kommunikationssystems, da der „Overhead“ je Paket konstant bleibt. Das würde wiederum einen Anstieg der Verzögerungen durch Kollisionen und Warteschlangen bewirken. Folglich ist die Bestimmung der günstigsten Paketgröße ein echtes Optimierungsproblem, das für jedes Netz zu lösen ist.

— Die bereits erwähnte Verzögerungsvarianz kann Lücken im empfangenen Sprachsignal erzeugen. Um diesem Problem entgegenzutreten, wurden verschiedene Strategien entworfen, die alle auf dem Konzept basieren, daß die Sprachpakete zur Varianzglättung stets für eine kurze Zeit beim Empfänger verzögert werden.

2.2. Verzögerungsproblematik

Auf das Hauptproblem paketierter Sprachübertragung, die variablen Verzögerungen, soll nun näher eingegangen werden:

Da die Verzögerung der einzelnen Sprachpakete im Paketnetz nicht konstant ist, sondern Schwankungen unterliegt, kommt es zu Paketverschiebungen und damit zu Verzerrungen des Sprachsignals. Sie treten zusätzlich zu den Codierverzerrungen (z. B. Bandbegrenzungs- und Quantisierungsverzerrungen) auf.

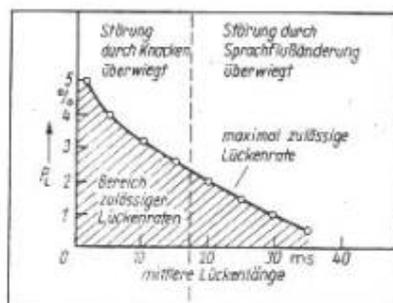


Bild 4
Maximal zulässige Lückenrate für eine Paketlänge von 16 ms in Abhängigkeit von der mittleren Lückenlänge [14]

2.2.1. Verzerrungsarten

Nach [14] existieren folgende Verzerrungsarten (Bild 3):

— Codierverzerrungen, die zu einer Veränderung der Wellenform des Signals führen

— Verzerrungen infolge eines nicht ideal arbeitenden Sprachdetektors, für den Fall, daß er die Grenzen zwischen den einzelnen Sprach- und Pausenblöcken nicht genau erkennt

— Verzerrungen durch die Verzögerung des Signals zwischen Sender und Empfänger; überschreitet sie im Dialogverkehr 250 bis 300 ms, wirkt sie störend [14] (CCITT-Empfehlung G. 114); diese Verzögerung existiert auch bei der Durchschaltungsvermittlung, ist dort aber in der Regel unkritisch, da sie sich im wesentlichen aus der physikalischen Laufzeit der Signale ergibt; bei Paketvermittlungen erlangt sie besondere Bedeutung, da noch zeitliche Verschiebungen durch die Paketierung (Bild 3d) und belastungsabhängige stochastische Wartezeiten hinzukommen; je nach ihren Auswirkungen kann man die Verzerrungen durch variable Verzögerungen weiter unterteilen:

1. Kommen Pakete beim Empfänger verspätet an und werden dementsprechend verspätet ausgegeben, so kommt es zu Lücken in den Sprachblöcken [Bild 3e]

2. Gibt der Empfänger verspätete Pakete nicht aus, sondern unterdrückt sie, so entstehen Paketverluste [Bild 3f]

3. Pausenänderungen treten einerseits infolge von Lücken und andererseits durch unterschiedliche Verzögerungen der jeweils ersten Pakete von zwei aufeinanderfolgenden Sprachblöcken auf [Bild 3g]

2.2.2. Auswirkungen der Verzerrungen durch variable Verzögerungen

Die drei zuletzt angeführten Unterarten der Signalverzögerung sind bei der paketierten Sprachübertragung systembedingt und problematisch. Ihre Auswirkungen auf die Qualität einer Kommunikation sind nach [14] [23] folgendes:

— Subjektiv machen sich fehlende Pakete bei Paketlängen unter 64 ms als Knacken bemerkbar; Paketverluste bei größeren Paketlängen beeinträchtigen die Sprachverständlichkeit. Für eine Paketlänge von 16 ms ist zur Gewährleistung einer akzeptablen Sprachqualität eine Paketverlustrate von maximal 2% zulässig.

— Lücken innerhalb von Sprachblöcken führen zu Pausen, die sich subjektiv ebenfalls als Knacken bemerkbar machen. Die zeitliche Verschiebung zu spät eintreffender Pakete führt zusätzlich zu einer Verlängerung der Sprachblöcke. Dieser Effekt ist bei größeren Lückenlängen subjektiv als Sprachflußänderung hörbar. Die für eine annehmbare Qualität zulässige Lückenrate bzw. die zulässige Anzahl der mit einer Lücke behafteten Pakete im Verhältnis zur Gesamtpaketanzahl ist im Bild 4 dargestellt.

— Die Pausenänderungen, d. h. die Änderungen der Pausenlängen, dürfen für eine akzeptable Sprachqualität 50% der ursprünglichen Pausenlängen betragen.

2.2.3. Möglichkeiten der Einschränkung von Verzerrungen durch variable Verzögerungen

Zur weitgehenden Begrenzung der letztgenannten Verzerrungsauswirkungen wurden vielfältige Strategien entwickelt.

2.2.3.1. Methoden der Paketdecodierung

Es werden erstens verschiedene Methoden zur Paketdecodierung angewandt. (Bemerkung: Paketdecodierer haben die Aufgabe, bei der Sprachblockrekonstruktion die infolge der stochastischen Verzögerungen auftretenden zeitlichen Verschiebungen zwischen den Paketen soweit wie möglich zu reduzieren.)

Zwei Methoden sollen nachfolgend aufgeführt werden:

— Die meisten Paketdecodierer arbeiten mit Paketverlusten. Sie benutzen eine vorzuziehende Verzögerungsschranke. Sind die Wartezeiten empfangener Pakete kleiner als diese Schranke, verzögert der Paketdecodierer die Pakete zusätzlich. Ist die Wartezeit eines Paketes größer als die Schranke, so wird es unterdrückt.

— Andere Paketdecodierer arbeiten ebenfalls mit einer Verzögerungsschranke geben aber zu spät eingetroffene Pakete noch aus, so daß Lücken und keine Paketverluste entstehen.

Genauere und weiterführende Angaben zu dieser Problematik sind in [14] zu finden.

2.2.3.2. Methoden der Flußsteuerung

Verzerrungen können durch den Einsatz von Flußsteuerungsverfahren in Grenzen gehalten werden, die vermeiden, daß die Ver-

zögerungszeiten der Pakete infolge einer Überlastung bzw. einer für die Sprachübertragung zu hohen Belastung der verfügbaren Netzressourcen gewisse Grenzwerte überschreiten [24]. Häufig werden diese Methoden auch unter dem Begriff „Paketvermittelnde Übertragung mit variabler Paketdichte“ angegeben [14]. Er umfaßt aber z.B. nicht die Blockade von Telefonverbindungen mit dem traditionellen Besetzzeichen im Falle einer hohen Netzlast [8].

Zu den Flußsteuerungen ist zu sagen, daß sie sich beinahe unabhängig voneinander für die zwei Verkehrsklassen Daten und Sprache entwickelt haben. Das ist auf ihre gegensätzliche Natur zurückzuführen. Während bei Daten das oberste Kriterium Integrität ist, ist es bei Sprache die Kontinuität. Aus diesem Grunde sind Flußsteuerprozeduren für Daten in der Regel nicht für Sprache übernehmbar.

Eine vernünftige Flußsteuerung für Sprache sollte die Netzbelastung und damit die Verzögerungen weitgehend in den für die Sprachübertragung zulässigen Grenzen halten.

Eine einfache Form der Sprachflußsteuerung sind die bereits erwähnten TASI-Systeme. Sie schalten kurzzeitig Sprecher ab, wenn die Anzahl der von den aktiven Sprechern benötigten Kanäle zeitweilig die verfügbare Kanalkapazität übersteigt [22].

Einige Verfahren zur Realisierung einer Flußsteuerung für paketierte Sprachübertragung sollen nachfolgend aufgeführt werden [14]:
— Eine relativ einfache Möglichkeit zur Verbesserung der Qualität ist die Unterdrückung von Paketen bereits beim Sender oder in einem Netzknoten, falls die Verkehrssituation es erfordert. Diese Methode entlastet den Übertragungskanal, da zu lange verzögerte Pakete nicht mehr übertragen werden.

— Eine weitere Möglichkeit ist das Verfahren der Verschachtelung von Abtastwerten. Im Paketdecodierer des Senders erfolgt eine Verschachtelung in solcher Art und Weise, daß z.B. jeder zweite Abtastwert in ein Paket und die restlichen in ein folgendes Paket gebracht werden. Voraussetzung für die Anwendbarkeit dieser Methode ist allerdings, daß die zu übertragenden Abtastwerte nicht vorher dekorielliert wurden. Geht ein Paket auf dem Weg zum Empfänger verloren oder wurde es wegen zu hoher Netzlast gar nicht erst abgesandt, dann erfolgt beim Empfänger eine Interpolation der Abtastwerte mit Hilfe der Abtastwerte aus dem nächsten Paket.

— Verfahren der Codierung mit variabler Bitrate erzeugen bei Systemüberlastungen keine Paketverluste, Lücken usw. sondern größere Fehler bei der Signalrekonstruktion. Sie beruhen auf einer Verringerung der Paketzahl je Sprachsegment oder auf einer Verkürzung der Paketlänge durch Abwurf von Sprachproben [23] [24].

— Verfahren mit prioritätgestaffelten Paketen verhalten sich in ihrer Auswirkung auf das rekonstruierte Sprachsignal ähnlich wie die Übertragung mit variabler Bitrate. Systemüberlastungen führen zu einer Herabsetzung der Sprachqualität. Pakete mit hoher Priorität liefern grobe Informationen über das Signal und Pakete mit niedrigeren Prioritäten dienen der Verbesserung der Signalrekonstruktion. Pakete mit hoher Priorität sind gegebenenfalls vorrangig zu bedienen, während niederpriorisierte mit wachsender Systembelastung abgeworfen werden.

2.2.3.3. Vergleich der Methoden

In [14] wurden zu den vorangehend erläuterten Methoden zur Verringerung von Verzerrungen bei paketierter Sprachübertragung umfassende Untersuchungen durchgeführt, deren wichtigste Ergebnisse folgende sind:

Bei statistisch voneinander unabhängigen Paketwartezeiten verringern die Paketdecodierer die Sprachverständlichkeit am wenigsten, die Paketverluste erzeugen.

Treten Paketverluste und Lücken allerdings gebündelt auf, wie das in der Praxis tatsächlich der Fall ist, sind Lücken erzeugende Decodierer günstiger, da die in Serie auftretenden Paketverluste zu Silben- und Wortverlusten führen, die die Sprachverständlichkeit erheblich beeinträchtigen.

Bei den Methoden der Flußsteuerung sind die besten Ergebnisse mit dem aufwendigen Verfahren prioritätgestaffelter Pakete erzielbar. Bei einem reinen Sprachübertragungssystem (Voraussetzung: Kanalkapazität 1,6 Mbit/s, Codiertrate 16 kbit/s, mittlere Verzögerung bei Paketdecodierung 16 ms) kann hiermit eine Verbesserung der Kanalauslastung um den Faktor 2,8 gegenüber der herkömmlichen Kanalvermittlung erzielt werden.

3. Konzept zur Sprachübertragung auf einem Token-Ring

3.1. Ziel

Nachfolgende Ausführungen beziehen sich auf einen Token-Ring, der in [25] [26] [27] bereits beschrieben wurde. Mit Realisierung des Konzeptes soll er auch zu einer qualitativ hochwertigen Sprachübertragung in der Lage sein, so daß ein integrierter Sprach/Daten-Token-Ring entsteht.

3.2. Voraussetzungen

Ohne Beachtung der vorangestellten in den Abschnitten 1 und 2 erläuterten Probleme paketierter Sprachübertragung läßt sich im Rahmen der vorhandenen Kanalkapazität (Voraussetzung: Kanalkapazität muß größer als Bitrate des Sprachcodierers sein) in fast jedem LAN eine gewisse Anzahl von Sprechverbindungen guter Qualität herstellen. Das ist stets solange möglich, wie die momentane Netzbelastung Verzögerungszeiten der Sprachpakete unter 250 ms bewirkt. Wenn die Netzbelastung weiter steigt und eventuell noch stark variiert, müssen entsprechende Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Nur so kann die Sprachverständlichkeit und -qualität bestehender Verbindungen weitgehend gewährleistet werden.

Für den Token-Ring, auf den sich nachfolgendes Konzept bezieht, wurde in [26] ermittelt, daß bei einer Bitrate des Sprachcodierers von 64 kbit/s im Rahmen der vorhandenen Kanalkapazität von 2 Mbit/s z.B. 12 parallele, qualitativ hochwertige Telefongespräche realisiert werden können, wobei Gedanken zur Flußsteuerung unberücksichtigt blieben.

3.3. Inhalt

Um unter allen möglichen Bedingungen die von der Kanalkapazität und der gewählten Übertragungszusatz bzw. dem spezifischen Zugriffsverfahren vorgegebene Anzahl von Telefongesprächen mit akzeptabler Qualität, bei einer beliebigen Anzahl von an das Netz angeschlossenen Telefonapparaten (< 225), zu erzielen, wurde nachfolgendes Konzept aufgestellt:

1. Zur maximalen Ausnutzung der Kanalkapazität wird ein adaptiver Deltamodulator mit einer angestrebten Bitrate von 16 kbit/s eingesetzt, der unter den gegebenen Voraussetzungen mindestens 48 parallele Telefongespräche ermöglichen würde. Ihm wurde der Vorzug gegeben, da er mit relativ geringem Aufwand realisierbar ist.

2. Es erfolgt die Berechnung eines zeitlichen Mittelwertes der auf dem Token-Ring gemessenen Last. Er dient als Kriterium für die Freigabe eines Telefongesprächs. Zur Lastmessung wird das Auftreten spezieller Informationen auf dem Ring genutzt. Um die voraussichtliche Belastung des Rings abschätzen zu können, wird ein der eigentlichen Verbindungsfreigabe vorangehender kurzzeitiger Eigenverkehr mit Paketen der vorgesehenen Paketlänge vorgenommen. Wenn das Lastkriterium auch beim Aufbau von Datenverbindungen berücksichtigt wird, lassen sich günstige Lastverhältnisse auf dem Token-Ring realisieren, ohne daß die Anzahl angeschlossener Telefone zu begrenzen ist. Außerdem kann eine weitgehend gleichbleibend hohe Gesprächsqualität gewährleistet werden. Die erneute Verbindungsanforderung einer abgelehnten Datenverbindung erfolgt erst nach einer Aussetzzeit, die mit Hilfe von Zufallsalgorithmen ermittelt wird.

3. Die Sprachpaketlänge ist bis zu einer gewissen maximalen Grenze (Bemerkung: Verzögerungszeit muß unter 250 ms bleiben) variabel. Bei einer zur effektiven Kanalauslastung festgelegten Mindestpaketlänge wird vom Sender eine Sendeanforderung an die Transportstation gestellt. Bis das Paket tatsächlich abgesandt wird, werden jedoch noch ständig weitere Sprachproben angehängt. Erfolgt dabei eine Überschreitung der Maximallänge, werden die ältesten Proben aus dem Puffer herausgeschoben, also abgeworfen. Der Empfänger ersetzt solche fehlenden Sprachproben durch künstliche Ruhe. Durch die so erzeugte variable Paketlänge ist eine nur noch von der Länge abhängige Übertragungszeit vorhanden. Diese Methode erzeugt Pakete mit einem internen Zeitstempel, da das letzte Byte des Pakets exakt zum Sendezeitpunkt erstellt wurde. Sie macht somit das in der Regel als Voraussetzung zur Kompensation von variablen Verzögerungen dienende Eintragen von Echtzeitständen in die Sprachpakete überflüssig. Ein weiterer Vorteil der vorgesehenen Methode ist der Abwurf zu lange verzögerter Sprachproben beim Sender, da damit der Ring entlastet wird. Weiterhin gehen bei diesem Abwurf keine ganzen Pakete, sondern nur Teile davon verloren.

4. Der Empfänger verzögert ankommende Pakete entsprechend

ihrer Länge, bis die gleiche Übertragungszeit wie bei einem maximal langen Paket erreicht wird. Dann erst wird das Paket abgearbeitet. Damit ist die Übertragungszeit aller Pakete konstant.

5. Während vorhandener Sprachpausen erfolgt in der Regel keine Übertragung. Handelt es sich um Ruhe am Anfang eines Paketes, so wird mit der Paketierung erst mit Eintreffen der ersten aktiven Sprachprobe begonnen. Der Empfänger fügt wegen des dadurch scheinbar zu spät eintreffenden Paketes künstliche Ruhe ein. Fand die Sprachpause jedoch innerhalb eines gerade erzeugten Paketes statt, so wird es wie ein Paket aktiver Sprache zu Ende paketiert und übertragen. Dieser Kompromiß ist aus zwei Gründen erforderlich. Erstens, könnte die Pause (z. B. bei Silbenlänge) auch innerhalb der Paketierungszeit des Paketes wieder beendet werden. Zweitens, kann das Sprachpaket aus Gründen der konstant zu haltenden Verzögerungszeit nicht mit dem Beginn einer Sprachpause, sondern erst mit dem realen Sendebeginn abgeschlossen werden. Damit ergibt sich der geringfügige Nachteil, daß während kleiner Pausen, die kürzer als die Paketerstellungszeit sind, und am Anfang größerer Pausen noch eine kurze Übertragung stattfinden kann.

4. Schlußbemerkung

In diesem Beitrag wurden, die wichtigsten Probleme einer Sprachübertragung in lokalen Paketnetzen behandelt und mögliche Lösungswege beschrieben. Speziell für ein Token-LAN wurde ein Konzept zur Sprachintegration vorgestellt.

NaA 9596

Literatur

- [1] Reichwald, R.: Welchen Einfluß hat die integrierte Kommunikation auf das Büro? Nachrichtentechn., Z. 38 (1985) 8, S. 384—385
- [2] Weltnachrichtenausstellung TELECOM 83, Teil 3. Nachrichtentechn., Elektron., 34 (1984) 8, S. 315—317
- [3] Mudrack, H.; Reinhold, A.; Quintenz, R.: ISDN — Herausforderung für die Nebenstellenvermittlungstechnik. Nachrichtentechn., Z. 38 (1985) 2, S. 74—81
- [4] Cohen, D.: Using Local Area Networks for Carrying Online Voice. Proc. of the IFIP-TC6-International In-Depth Symp. on Local Computer Networks, 1982, S. 13—22
- [5] Baxter, L. A.; Baugh, C. R.: Comparison of Architectural Alternatives for Local Voice/Data Communications. IEEE Commun. Magazine 20 (1982) 1, S. 44—51
- [6] Badriks, Z. I.; Ndravski, A. N.: A Packet/Circuit Switch. AT & T Techn. J. 63 (1984) 8, S. 1499—1520
- [7] Lange, J.: Integration verschiedener Nachrichtenarten in digitalen lokalen Netzen. Nachrichtentechn., Elektron. 33 (1988) 6, S. 228—230
- [8] Nutt, G. J.; Bayer, D. L.: Performance of CSMA/CD Networks under Combined Voice and Data Loads. IEEE Trans. Commun. COM-30 (1982) 1, S. 6—11
- [9] De Tresselt, J. D.: A Simulation-Based Comparison of Voice Transmission on CSMA/CD Networks and on Token Buses. AT & T Techn. J. 63 (1984) 1, S. 33 bis 55
- [10] Ravello, C.; Marcollese, R.; Noveare, R.: Voice Transmission over an Ethernet Backbone. Proc. of the IFIP-TC6 International In-Depth Symposium on Local Computer Networks, 1982
- [11] Blos, M.; Georganas, N. D.: A Hybrid Multiple Access Protocol for Data and Voice-Packets over Local Area Networks. IEEE Trans. Computers C-34 (1985) 1, S. 90—94
- [12] SILK. Hasler Mitteilungen 40 (1981) 1, S. 1—40
- [13] Rabiner, L. R.; Schafer, R. W.: Digital Processing of Speech Signals. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1978
- [14] Wessel, G.: Digitale Sprachübertragung in paketvermittelnden Netzen. München: Minerva-Publikation, 1982
- [15] Pirsch, P.: Quellencodierung von Bildsignalen. Nachrichtentechn. Z. 37 (1984) 1 bis 12; 38 (1985) 1 bis 3
- [16] Pabel, K.: Transformationen in der digitalen Signalverarbeitung. Nachrichtentechn. Z. 37 (1984) 5, S. 290—297; 37 (1984) 6, S. 364—369
- [17] Faratz, M.; Jones, E. V.: Speech Transmission Using an Adaptive Burst Mode Technique. IEEE Trans. Commun. COM-33 (1985) 6, S. 588—591
- [18] Costello, G. J.: Comparative Discussion of Circuit- vs. Packet-Switched Voice. IEEE Trans. Commun. COM-27 (1979) 8, S. 1153—1159
- [19] Börsing, K.; Strauß, B.; Tiedemann, Ch.: Interne Netzwerke für die Bürokommunikation. Technik und Anwendung digitaler Nebenstellenanlagen und von Local Area Networks (LAN). Heidelberg: E. v. Decker's Verlag 1983
- [20] Bullington, K.; Fraser, J. M.: Engineering Aspects of TASI. Bell Syst. Techn., J. 38 (1959) 3, S. 323—347
- [21] Seitzer, D.; u. a.: Fortschritte in der digitalen Sprachinterpolation. Nachrichtentechn. Z. 30 (1977) 11, S. 849—854
- [22] Kou, E. Y.; u. a.: Computations of DSI (TASI) Overload as a Function of Traffic Offered. IEEE Trans. Commun. COM-33 (1985) 2, S. 185—190
- [23] Gruber, J. G.; Straszynski, L.: Subjective Effects of Variable Delay and Speech Clipping in Dynamically Managed Voice Systems. IEEE Trans. Commun. COM-33 (1985) 8, S. 801—808
- [24] Bielly, T.; Gold, B.; Senoff, S.: A Technique for Adaptive Voice Flow Control in Integrated Packet Networks. IEEE Trans. Commun. COM-29 (1980) 3, S. 325—333
- [25] Neuber, P.: Lokale Kommunikationssysteme. Internationaler Stand und einige Realisierungsprobleme. Nachrichtentechn., Elektron. 34 (1984) 7, S. 242—244
- [26] Gurtler, J.; Richter, E.: Leistungsfähigkeit eines Lokalmeshkonzeptes. Nachrichtentechn., Elektron. 35 (1985) 5, S. 169—171
- [27] Schreiber, I.: Realisierung einer Standard-Tellseherstation als Basis eines lokalen Kommunikationsnetzes. Nachrichtentechn., Elektron. 35 (1985) 2, S. 61 bis 63
- [28] Plassagan, J. E.: Computers that Talk and Listen. Man-Machine Communication by Voice. Proc. IEEE 64 (1976) 4, S. 416—432

Dipl.-Ing. Egon von FoA, Technische Universität Dresden, Sektion Informationstechnik, Mommsenstr. 13, Dresden, 8027