

Telefonieren in einem Token-LAN

E. Foth, Königs-Wusterhausen

Token-LANs (Local Area Networks) dienen in der Regel ausschließlich der Datenübertragung. Im folgenden soll gezeigt werden, wie sie auch zur interaktiven Sprachübertragung nutzbar sind.

1. Verfahren

Da im Token-LAN die Informationsübertragung paketorientiert erfolgt, sind Maßnahmen zur Begrenzung von lauffzeitbedingten Verzerrungen bei interaktiven Sprachübertragungen erforderlich [1] [2]. Dazu werden Sprachflußsteuerungen, spezielle Depaketierungsstrategien und optimale Paketlängen verwendet. Das heißt im einzelnen:

- bei der Wahl der Paketlänge zu berücksichtigen, daß sich die Kanalausnutzung mit größerer Paketlänge verbessert und kurze Paketlängen aufgrund geringerer konstanter Laufzeiten zu einer Verbesserung der Dialogqualität führen; die zulässige Gesamtlaufzeit der in den Sprachpaketen enthaltenen Abtastwerte liegt entsprechend der CCITT-Empfehlung G.114 für Dialoganwendungen ohne Echos bei maximal 400 ms; weiterhin ist zu beachten, daß bei kurzen Paketlängen Paketverluste weniger stören
- durch Sprachflußsteuerung erfolgt eine Begrenzung der Kanalauslastungen zwecks Einschränkung stochastischer Laufzeiten
- mit Depaketierungsstrategien werden empfangsseitig die stochastischen Laufzeitschwankungen durch eine zusätzliche Verzögerung ankommender Sprachpakete ausgeglichen.

Für die Realisierung von Sprachübertragungen im Token-LAN POLYGON der TU Dresden, Sektion Informationstechnik, wurden konkret folgende Festlegungen getroffen:

- Zum Zwecke der Sprachflußsteuerung wird im Rahmen weiterführender Arbeiten eine lastabhängige Verbindungsabweisung realisiert werden. Vorläufig erfolgt im Falle einer zu hohen Netzlast lediglich ein lastabhängiger Sprachabtastwertabwurf beim Sender.
- Die Paketlänge wurde so gewählt, daß die Paketierungszeit zwischen 62,5 und 125 ms liegt. Das entspricht bei der benutzten Sprachkodierungsrate von 32 kbit/s einer Paketlänge von 250 bis 500 byte. Eine Verwendung dieser relativ großen Paketlänge war möglich, da die eingesetzte Depaketierungsstrategie keine Paketverluste verursacht. Detaillierte Angaben zur Berechnung der Sprachpaketlänge können [3] entnommen werden.
- Die Wirkungsweise der verwendeten Depaketierungsstrategie verdeutlicht Bild 1 [4]. Es zeigt den zeitlichen Ablauf von Sprachübertragungen zwischen einem Sender und einem Empfänger. Begonnen wird damit, daß bei Erreichen einer Paketlänge von 250 byte bzw. einer Paketierungszeit von 62,5 ms eine Sendeaufforderung erfolgt. Bis zum tatsächlichen Sendebeginn werden allerdings die Sprachpakete weiter mit Abtastwerten aufgefüllt (Wartezeit auf Token überbrücken). Ein Abwurf der ältesten Abtastwerte (Minimalflußsteuerung) wird erst mit Erreichen der maximalen Paketlänge von 500 byte vorgenommen (entspricht Paketierungszeit von 125 ms). Dadurch fehlende Abtastwerte ersetzt der Empfänger durch Ruheabtastwerte. Empfangsseitig werden die ankommenden Sprachpakete vor der Abtastwertausgabe in Abhängigkeit von

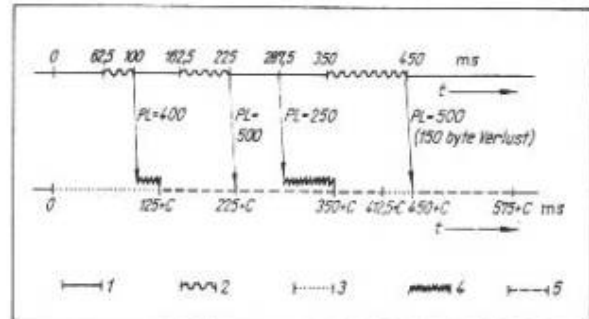


Bild 1. Spezielle Depaketierungsstrategie für Sprachpakete im Token-LAN POLYGON (Darstellung einer Übertragungsrichtung)

- 1 - Paketierungszeit bis zur Sendeaufforderung
 - 2 - Paketierungszeit von der Sendeaufforderung bis zum Sendebeginn
 - 3 - Zeit der Ausgabe von Ruheabtastwerten
 - 4 - Paketverzögerung beim Empfänger
 - 5 - Zeit der Wiedergabe des Paketinhaltes
- C - konstante Paketverarbeitungs- und Paketübertragungszeit
 PL - Paketlänge in byte

ihrer Länge soweit verzögert, bis sie die Verzögerungszeit eines maximal langen Sprachpaketes erreicht haben. Damit können alle Wartezeitschwankungen kleiner oder gleich 62,5 ms ausgeglichen werden.

Die Wahl der minimalen Paketlänge als halbe maximale Paketlänge erfordert trotz größtmöglichem variablen Paketlängenbereich pro Übertragungsrichtung jeweils nur zwei Empfangspuffer (siehe Bild 1).

Zu beachten ist, daß die Depaketierungsstrategie auch Auswirkungen auf eine Sprachdetektion hat. Sie erfordert, daß eine Unterbrechung der sendeseitigen Sprachpaketgenerierung nur bei Ruhfeststellung zum Paketierungsbeginn erfolgen darf. Ansonsten wäre die Paketwartezeit nicht mehr aus der Paketlänge zu ermitteln.

Der Empfänger ersetzt die infolge von Sprechpausen fehlenden Abtastwerte, ebenso wie bei Abtastwertabwürfen, durch Ruheabtastwerte.

Zum vorgestellten Verfahren ist zu bemerken, daß es mit einer leichten Modifikation auch für CSMA/CD-LANs einsetzbar ist. Dazu müßte mit Beginn des Sendens eines Sprachpaketes parallel zum Anfang eines neuen Paketes das gerade gesendete bis zur erfolgreichen Absendung weiter aufgefüllt werden, um es im Kollisionsfall erneut abschicken zu können. Zur technischen Realisierung würde sich für die Abtastwertablage ein softwaremäßig mit Zeigern verwalteter Umlaufspeicher anbieten. Treten durch den Sprachdetektor erkannte Sprechpausen innerhalb der Erstellungszeit eines Paketes auf, so sind in dieses Ruheabtastwerte einzutragen. Ermittelt der Sprachdetektor Pausen bei Paketierungsbeginn, dann wird ebenso wie beim Token-LAN bis zum erneuten Sprechbeginn kein neues Sprachpaket generiert.

2. Hardware

Das Token-LAN POLYGON wurde u. a. in [5] beschrieben. Es besteht aus einem unidirektionalen Ring, an den die Teilnehmerstationen angeschlossen sind. Die Ringübertragungsrate beträgt gegenwärtig 2 Mbit/s.

Eine Teilnehmerstation (Bild 2) besteht aus Mediuman-

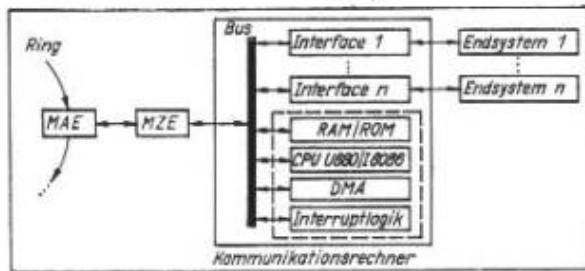


Bild 2. Aufbau einer Teilnehmerstation

schlußeinheit (MAE), Mediumzugriffseinheit (MZE) und Kommunikationsrechner (KR) mit nachfolgenden Funktionen:

- die MAE bildet die physikalische Schnittstelle zum Übertragungsmedium mit den Aufgaben der Synchronisierung, der Leitungscodierung sowie der S/P- und P/S-Wandlung
- die MZE steuert die MAE entsprechend dem Token-Zugriffsverfahren
- der KR liefert in Zusammenarbeit mit MAE und MZE den über Interfaces an ihn angeschlossenen Endsystemen End-zu-End-Transportverbindungen.

Ausgehend von der Struktur der Teilnehmerstationen wurde eine Aufteilung der Hardware in Interface und Telefonapparat vorgenommen [6].

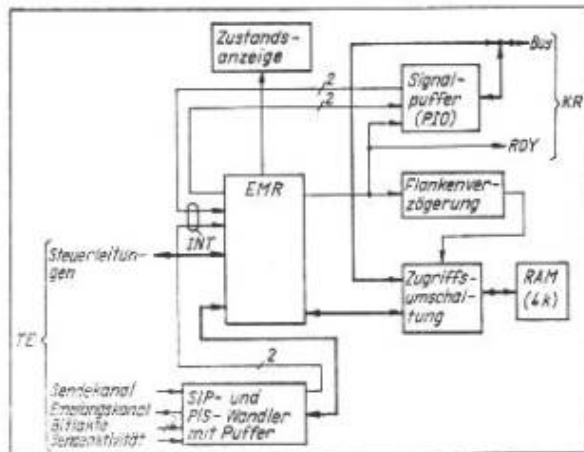
Kernstück der Schaltung des Interfaces (Bild 3) ist der Einchipmikrorechner (EMR). Er realisiert den Austausch von Abtastwerten mit dem Telefonapparat, den blockweisen Austausch von Sprachabtastwerten über den KR, den Ausgleich variabler Paketverzögerungen sowie die Herstellung und den Abbau von Telefonverbindungen (in Zusammenarbeit mit dem KR).

Mit einer LED kann der EMR seinen momentanen Zustand signalisieren (z. B. Testfehler, Wahlempfang, Hörtonausgabe, Gespräch).

Zum Sprachblock- und Steuerinformationsaustausch mit dem KR wurde ein Dual-Port-RAM vorgesehen. Er belegt 4 kbyte des KR-Hauptspeichers. Zur Koordinierung des Austausches zwischen EMR und KR dienen vier Hand-

Bild 3. Blockschaltbild des Interfaces

EMR — Einchipmikrorechner
 INT — Interruptleitungen
 KE — Kommunikationsrechneranschluß
 RDY — Bereitschaftssignal
 TE — Telefonapparatanschluß
 S — seriell
 P — parallel



shake-Signale (Sendeanforderung, Sendebestätigung, Empfangsanforderung, Empfangsbestätigung bzw. Sendeerlaubnis). Sie können interruptgesteuert behandelt werden. Der Aufwand zur Zugriffssteuerung des Dual-Port-RAM ist minimal, da sie ausschließlich vom EMR aus erfolgt. Dem KR wird mit einem RDY-Signal die Zugriffsfreigabe signalisiert. Wird es inaktiv, so hat der KR noch 20 μ s Zeit um seinen Zugriff zu beenden.

Die Größenordnung der Zeiträume, in denen der RAM dem KR zur Verfügung steht, hängt stark von der Sprachcodiererate und der Steuersoftware des EMR ab. Mit der implementierten Software wird bei einer Sprachcodiererate von 32 kbit/s im Gesprächsfall der RAM im Mittel alle 250 μ s für jeweils 14 μ s an den EMR angeschaltet. In der restlichen Zeit steht er dem KR zur Verfügung. Im KR wird zum Zugriff auf den RAM der vorhandene DMA-Schaltkreis benutzt.

Für den seriellen Austausch von digitalisierten Sprachabtastwerten mit dem Telefon besitzt das Interface einen Seriell/Parallel- und einen Parallel/Seriell-Wandler. Beide Wandler sind über jeweils ein Pufferregister an den EMR angeschaltet. Das Schreiben bzw. Lesen dieser Pufferregister muß vom EMR aus taktisynchron erfolgen.

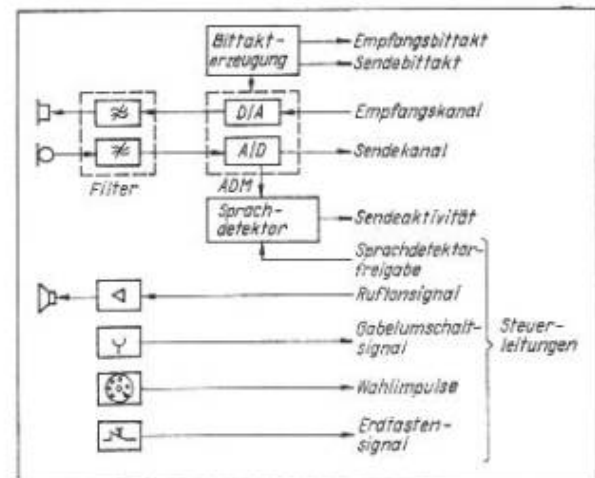
Der digitale Telefonapparat (Bild 4) realisiert die Funktionen der Sprachein-/-ausgabe, der Hörtonausgabe, der Analog/Digital- und Digital/Analog-Wandlung mit einem Adaptiven Deltamodulator (ADM), der Sprachdetektion, der Bittakterzeugung sowie der Signalisierung der Aufnahme und Ablage des Handapparates, der Signalisierung von Wahlimpulsen und Erdtastenbetätigungen sowie der Ausgabe von Ruftönen (Tonruf).

Da in der DDR bisher keine integrierten CODEC-Schaltkreise für redundanzmindernde Sprachcodierverfahren erhältlich waren, wurde der ADM diskret nach [7] realisiert. Er gestattet gegenüber 64-kbit/s-PCM eine bessere Ausnutzung der Übertragungswege.

Der außerordentlich einfache Sprachdetektor besteht aus einem retriggerbaren Monoflop, das durch Steigungsüberlastungen des ADM aktiviert wird. Da der Sprachdetektor nur zum Paketierungsbeginn wirksam werden soll, wurde in seine Ansteuerung eine vom EMR des Interfaces gelieferte Sprachdetektorfreigabe mit einbezogen. Mit ihr kann der Sprachdetektor je nach Bedarf ständig oder zeitweilig in Betrieb genommen werden.

Die Stromlaufpläne der erprobten Schaltungen enthält [8]. Zu erwähnen ist, daß die vorgestellte Lösung unter dem Aspekt erarbeitet wurde, mit geringstmöglichem Aufwand und verfügbaren Bauelementen den Nachweis der Realisierbarkeit von interaktiven Sprachübertragungen in einem

Bild 4. Blockschaltbild der Telefonapparates



Token-LAN zu erbringen. Es gibt dementsprechend durchaus vielfältige Möglichkeiten zur Weiterentwicklung (z. B. EMR im Telefon, der seriell mit dem Interface-EMR kommuniziert; Implementierung einer S₀-Schnittstelle zwischen Interface und Telefon; usw.)

Ein besonderes Merkmal der Schaltungslösung ist ihre flexible Einsetzbarkeit. Sie kann ohne Änderungen zur Sprachein-/ausgabe in jeden Rechner mit KI520-Bus verwendet werden. Eine Anpassung an die konkrete Aufgabe erfolgt stets über die EMR-Software. Aufgrund der Möglichkeiten zur Informationsvorverarbeitung und Pufferung läßt sich der angeschlossene Rechner stark entlasten.

3. Software

Die EMR-Steuersoftware verhilft der recht einfachen Hardware erst zu ihrer Einsatzfähigkeit für so komplexe Aufgaben, wie interaktive, paketorientierte Sprachübertragungen.

Bild 5 zeigt die Grobstruktur der Software. Ihre Entwicklung erfolgte auf einem BC-A-5120 unter dem Betriebssystem UDOS in der strukturierten Assemblersprache PLZ/ASM-U882. Zur Programmierung wurde ein EMR-Emulator verwendet. Die Gesamtlänge der Steuersoftware beträgt 1,5 kbyte.

Detailliertere Informationen, z. B. eine Quellliste, sind in [8] zu finden.

4. Ergebnisse

Bei der durchgeführten Einschätzung der Leistungsfähigkeit der Lösung ging es vorrangig um die Beantwortung der Frage nach der erreichten Sprachübertragungsqualität und die Bestimmung der Anzahl gleichzeitig zulässiger Telefongespräche sowie der maximal an das LAN sinnvoll anschließbaren Telefonapparate.

Die Ermittlung der für eine hohe Sprachübertragungsqualität zulässigen Anzahl von Gesprächen erfolgte mit Abschätzungen und Rechnersimulationen, wobei die Abschätzungen vor allem zur Überprüfung der Simulationsergebnisse dienten. Bei den Simulationen wurde davon ausgegangen, daß eine hohe Sprachübertragungsqualität dann gewährleistet ist, wenn die obere Grenze der mittleren Sprachpaketwartzeit mit einem Konfidenzintervall von 95% unterhalb von 62,5 ms liegt. Als Sprachaktivität wurden 40% angesetzt.

Für eine Sprachblocklänge von 500 byte (oberer Grenzwert), eine Ringübertragungsrate von 2 Mbit/s, eine Ringlänge von 10 km, eine Stationsverzögerung von 0,5 µs, eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Koaxialkabel von 5 µs/km, einen Overhead (Zeit für Verbindungsauf- und -abbau sowie für die Übertragung von Paketkopf und -fuß) von 160 µs pro Paket, ein Time-Out-Intervall (Zeit zum Abwarten eines Tokenleerumlaufes zwischen zwei Token-sendungen) von 24 µs und ausschließlichen Sprachverkehr konnten folgende Ergebnisse ermittelt werden:

- ohne Sprachdetektion können bis zu 54 gleichzeitig aktive Sprachteilnehmer, d. h. 27 Telefongespräche, unterstützt werden
- mit Sprachdetektion läßt sich die zulässige Anzahl auf ca. 134 Sprachteilnehmer, also 67 Telefongespräche, erhöhen.

Geht man von einem mittleren Verkehrswert von 0,1 Erl. pro Teilnehmeranschluß aus, so sind damit bei Realisierung einer lastabhängigen Verbindungsabweisung nach der Erlangsehen Verlustformel für einen zulässigen Verlust von 0,5% mit Sprachdetektion 1124 und ohne Sprachdetektion 394 Telefonapparate an das LAN anschließbar. Wird neben dem Sprachverkehr auch Datenverkehr zugelassen, so verringert sich die mögliche Sprachteilnehmerzahl, wobei davon ausgegangen werden kann, daß für zwei Sprachteilnehmer ohne Sprachdetektion ungefähr 3,7% und mit Sprachdetektion annähernd 1,5% der Übertragungskapazität des Token-LANs POLYGON benötigt werden; d. h., daß bei 50% Datenlast noch 27 bzw. 67 gleichzeitig aktive Sprachteilnehmer möglich sind.

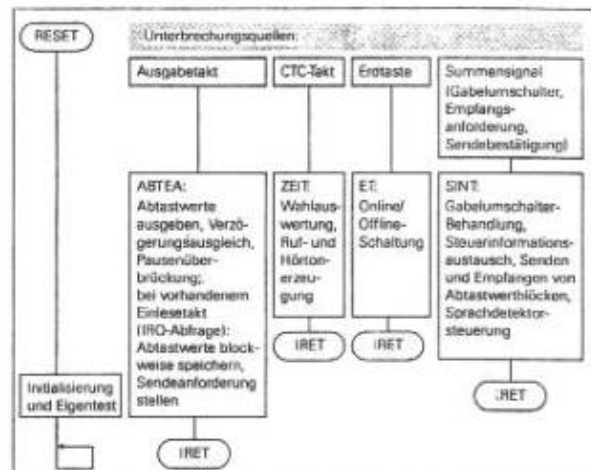


Bild 5. Struktur der EMR-Software zur Realisierung des Telefondienstes IRQ Interruptrequerregister

zität des Token-LANs POLYGON benötigt werden; d. h., daß bei 50% Datenlast noch 27 bzw. 67 gleichzeitig aktive Sprachteilnehmer möglich sind.

Bei der praktischen Erprobung konnte festgestellt werden, daß eine sehr gute Sprachübertragungsqualität erreicht wird. Dies äußerte sich darin, daß zusätzlich zu den Codierverzerrungen keine anderen Verzerrungen wahrnehmbar waren.

Auch bei simultanem Datenverkehr treten keinerlei Beeinträchtigungen von Sprechverbindungen auf (natürlich unter der Voraussetzung, daß keine zu hohe Netzlast vorliegt).

Zum Sprachdetektor ist zu bemerken, daß er die Übertragungsqualität verbessert, da er in Sprechpausen das Rauschen verhindert. Bezüglich seiner Wirksamkeit war festzustellen, daß er auch beim Sprechen des Gegenteils anspricht. Um dies zu vermeiden, sind weiterführende Arbeiten erforderlich. Mögliche Gegenmaßnahmen sind eine stärkere akustische Entkopplung von Sprech- und Hörkapsel sowie eine vom Empfangspegel abhängige Dämpfung des Sendepiegels.

NAA 237

Literatur

- [1] Foth, E.: Sprachübertragung in lokalen Paketznetzen. Nachrichtentech., Elektron. 36 (1986) 12, S. 445 - 452
- [2] Foth, E.: Verfahren lokaler Sprach- und Datenkommunikation. Nachrichtentech., Elektron. 38 (1988) 1, S. 10 - 13
- [3] Foth, E.: Sprachübertragung in lokalen Kommunikationssystemen. Dissertation A an der TU Dresden, Dresden 1989
- [4] DD, WP H04L/29 70 71/4. Anordnung und Verfahren zur paketisierten Sprachübertragung. Foth, E.
- [5] Schreiber, I.: Realisierung einer Standard-Teilnehmerstation mit Transport-Interface als Basis eines lokalen Kommunikationsnetzes. Nachrichtentech., Elektron. 35 (1985) 2, S. 61 - 63
- [6] DD, WP H04M/S03412/3. Anordnung zur paketierten Sprachübertragung. Foth, E.
- [7] Traskor, A.: Untersuchungen zur Codemultiplexübertragung für leitungsgebundene Vielfachzugriffssysteme. Dissertation A an der TH Ilmenau, Ilmenau 1984
- [8] Foth, E.: Dokumentation einer Lösung zur paketorientierten Sprachübertragung. TU Dresden, Sektion Informationstechnik, Bereich Kommunikations- und Computertechnik, Dresden 1988

Dr.-Ing. Egon Foth, Zentralstelle für Fernmeldetechnik, PSF 35740, Königs Wusterhausen, 1600