

最適長パケットを利用した 統合サービスネットワーク

米田 健 市川 敬史 屋代 智之
岡田 謙一 松下 温
慶應義塾大学

トークンパッシングバス方式に基づいた統合サービスLAN(DLRM (Dynamic Logical Ring Method))を提案する。DLRMにおいては、音声とデータはともに802.4LANと同様のパケット(MACフレーム)により伝送される。またデータ端末は音声通信の状況に応じて、伝送するパケット長を常に最適にしてデータ伝送を行う。したがって、DLRMにおいては同報機能を持った音声通信を妨げることなく、効率のよいバーストデータ伝送が実現されている。またトークンパッシングバス方式の利点をいかし、データ端末の論理リング上の位置を動的に変化させることにより、データ端末には公平な伝送機会が与えられている。

DLRMを、データ通信に固定長パケットを用いた方式と比較した結果、我々の方式がバーストデータ伝送に対して優れた特性を持つことが示された。

An Integrated Service Local Area Network Using Dynamic Packet Size

Takeshi Yoneda Takafumi Ichikawa Tomoyuki Yashiro
Ken-ichi Okada Yutaka Matsushita
3-14-1 Hiyoshi, Kouhoku-ku, Yokohama 223 JAPAN

DLRM (Dynamic Logical Ring Method) for integrated service LAN (Local Area Network) has been proposed. DLRM is based on 802.4 token passing bus LAN. Voice and data traffic is transmitted by packets like MAC frames in 802.4 LAN. So voice is broadcasted as data is. In DLRM, voice traffic is not interfered by data traffic and bursty data is transmitted effectively by means of variable length packets. Furthermore data stations have equal opportunity to transmit by changing location on the logical ring dynamically. By comparing DLRM with the method in which fixed length packets are used for data transmission, it is showed that, by using variable packet, DLRM has excellent characteristics for bursty data transmission nevertheless voice traffic is not interfered.

1 はじめに

オフィスにおけるLAN(Local Area Network)に対して、音声データ統合機能や同報機能が必要とされている[1]-[6]。音声データ統合LANとしてはハイブリッド型のLANが実用化されているが、これらのLANは回線交換機能とパケット交換機能を物理的に一つのチャンネルに統合したもので、音声通信に対して同報機能はない。しかし、テレビ会議システムなどの実現に不可欠なマルチメディア通信においては、音声や動画像通信に対しても同報機能が必要とされる。そこで我々は現在MAPなどで広く用いられているトークンバス方式をベースとして音声とデータを統合したDLRM(Dynamic Logical Ring Method)を提案する。DLRMは音声通信に対しても同報機能を持つ。またデータ通信に対しては可変長パケットを用いることにより効率のよいバーストデータ伝送が実現される。さらにトークンバス方式の利点をいかして、データノードの論理リング上の位置を動的に変化させることにより、データノードに公平な伝送機会を与えている。DLRMをデータ伝送に固定長パケットを用いたFDFV(Fixed length Data packet/Fixed length Voice packet)方式と比較した結果、DLRMが、同報機能を持つ音声通信を実現しつつバーストデータの伝送に対して優れた特性を持つことが示された。

2 トークンバス方式

トークンバス方式においては、ノードは物理媒体にバス状につながれ、トークン(伝送権)を持っているノードが伝送路を占有しデータの伝送をすることができる。ノード間をトークンが回る順序に従って論理リングが形成される。各ノードは自分のアドレス、次にトークンを渡すノードのアドレス、自分にトークンを渡すノードのアドレスをそれぞれ格納する変数を持つことによりトークン制御を行い、論理リングを維持する。

トークンバス方式の特徴として次のことがあげられる。

- (1) 各ノードの伝送するデータは、論理リングを構成するすべてのノードに検知される(同報機能)。
- (2) 論理リングはノードの物理的な配置によらずに構成される。

我々はこれらの特徴をいかしてDLRMを考案した。

3 DLRM

DLRMはトークンバス方式をベースとしているが、各ノードにはDLRM特有の方式でアドレスが与えられている、各ノードはノード固有の物理アドレスと論理リング上の位置を示す論理アドレスを持つ。トークンフレーム、データフレームはFig.1のようになっている(本論文においては、“パケット”はフレーム内の制御情報を除いた部分をさす。フレームの制御情報量は一定であり、パケットが可変長であればフレームも可変長となる。)

それぞれのフレーム内には発信側アドレスSA(Source Address)、受信側アドレスDA(Destination Address)が制御情報として含まれている。トークンフレーム内のSA、DAはそれぞれ論理アドレス(SLA,DLA)で指定され、トークンの発信側、受信側を示す。データフレーム内のSA、DAは物理アドレス(SPA,DPA)で指定され、データの発信側、受信側を示す。

P	SD	T	DLA	SLA	FCS	ED
---	----	---	-----	-----	-----	----

P = preamble SD = start delimiter
T = token ED = end delimiter
DLA = destination logical address
SLA = source logical address
FCS = frame check sequence

Token Frame Format

P	SD	T	DPA	SPA	FCS	D	ED
---	----	---	-----	-----	-----	---	----

P = preamble SD = start delimiter
T = token ED = end delimiter
DLA = destination physical address
SLA = source physical address
FCS = frame check sequence
D = data area

Voice/Data Frame Format

Fig.1 Frame Format

フレーム内のTはフレームの種類を示し、Tが1であればトークンフレームであり、0であれば音声/データフレームである。

D L R Mは、次の点に着目して考案された。

- (1) 音声通信がデータ通信により妨げられないこと（音声通信の保証）。
- (2) バーストデータが効率的に伝送できること（効率的なバーストデータ伝送）。
- (3) すべてのデータノードには公平に伝送機会が与えられること（データノードの公平性）。

論理リングは、音声ノード、データノード、マスターノードで構成される。それぞれのノードは以下のような機能を持つ。

音声ノード・・・音声トラフィックを発生するノード。音声周期と音声符号化レートによって決まる固定長音声フレームを音声通信中の有音期間内に周期的に伝送する(音声ノードは、有音期間内に音声パケットを周期的に生成する。その周期を音声周期と呼ぶ。)

データノード・・・データトラフィックを発生するノード。音声通信を妨げない範囲内で最適長パケットを伝送する。

マスターノード・・・トークンが音声周期Tで論理リングを一周するように制御する。

これらのノードを論理リング上にFig.2のように配置する。

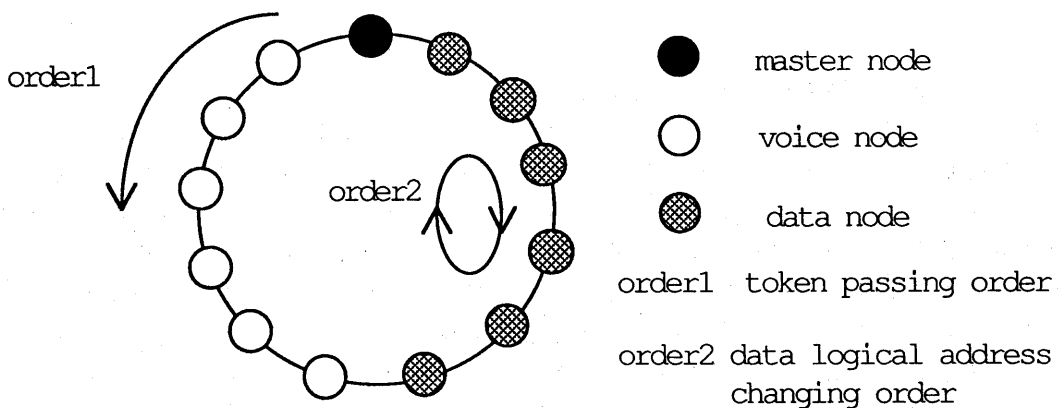


Fig.2 Location of nodes in DLRM

3.1 音声通信の保証と効率的なバーストデータ伝送

音声ノードが常に音声周期 T 以内でトークンを獲得できれば、音声通信は保証される。そこで、DLRMにおいては次のように各ノードが処理を行う。まずマスターノードがトークンを次の音声ノードに渡す。トークンを受け取った音声ノードは伝送待ち状態の音声バケットがあれば音声フレームとして伝送し、伝送し終わるとトークンを次のノードに渡す。以下音声ノードは同様の処理を行う。音声ノードからトークンを受け取ったデータノードは、マスターノードがトークンを音声周期 T 以内に獲得できるような範囲内で最適長のフレームによりデータ伝送を行う。以下データノードは同様の処理を行う。マスターノードはデータノードからトークンを受け取ると、トークンの発行間隔がちょうど音声周期 T になるときにトークンを再び音声ノードに渡す。このようにすれば、すべての音声ノードはトークンを音声周期 T ごとに獲得できるので音声通信は妨げられることはない。マスターノードがトークンを発行した直後 T 以内のチャンネル使用状況はFig.3のようになる。チャンネルはまず音声の伝送に使われ、残りの時間はデータ伝送に使用される。一定周期で伝送を行うノードが複数あり、それらすべての伝送を保証する方式を考える場合、DLRMはデータ伝送に最も長い時間を割り当てることのできる方式であるといえる。したがって、各データノードはこの伝送時間内において十分大きなフレームで伝送できるので、効率のよいバーストデータ伝送が可能となる。

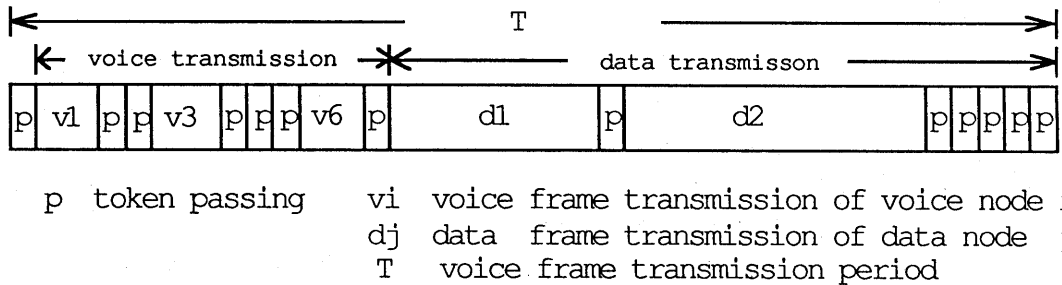


Fig.3 Activity on the DLRM channel

3.2 データノードの伝送機会の公平性

DLRMにおいては、すべてのデータノードが公平に伝送できるように、それらの論理位置を動的に変化させる。各データノードは自分より下流のデータノードがデータの伝送を行わない（トークンのバッシングしか行わない）と仮定しマスターノードにトークンが音声周期 T 以内に渡るように伝送時間を計算し、その時間内で伝送する。したがって上流のデータノードが伝送すると下流のデータノードの伝送可能時間はそれだけ少なくなる。つまりマスターノードに近い下流のデータノードほど可能な伝送量が小さくなる。そこでデータノードが公平に伝送できるように、トークンが一周するごとにデータノードの論理位置をトークンの回る方向と逆の一つずつずらしていく (Fig.2 参照)。このようにして、すべてのデータノードは公平に伝送できる。以下に論理位置の変更方法を述べる。

論理位置変更はトークンフレーム内のSLA、DLAと各データノードが持つ変数next_mylogical_address、mylogical_addressを用いて行われる。自分宛のトークンフレームを検知すると、そのフレーム内のSLAをnext_mylogical_addressに代入する。そしてマスターノードの発行するトークンフレームを検知した時に、next_mylogical_addressの値をmylogical_addressに代入する。このmylogical_addressがノードの論理アドレスとなる。このようにして、データノード論理位置はトークンの回る順序と逆に一つずつずれていく。

3.3 データノードの伝送可能フレーム長計算法

各ノードはマスターノードがトークンを発行した時刻 t_{m1} と自分がトークンを受け取った時刻 t_r を自ノードのテーブルに記録しておく。マスターノードに音声周期 T 以内にトークンが渡されるために、自分がトークンを次のノードに発行しなくてはならない時刻を t_s 、再びマスターノードがトークンを発行する時刻を t_{m2} 、一回のトークンパッシングにかかる時間を T_p 、自ノードからマスターノードまでのノード数を n とすると、これらの間にはFig.4のような関係がある。

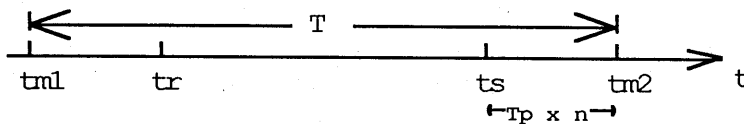


Fig.4 Calculation of maximum data frame length

ただし本論文では“一回のトークンパッシング時間 T_p ”を、“トークンが発行されてから次のノードがフレームの伝送を始めるまでの時間”と定義する。すなわち T_p は、トークンフレームの伝送時間、最大往復伝播遅延、ノード内のトークン処理から成る。

伝送可能時間は $t_s - t_r$ であり、Fig.4より、

$$t_s - t_r = T - (t_r - t_{m1}) - (t_{m2} - t_s)$$

となる。また、

$$t_{m2} - t_s = T_p \times n$$

であるから、伝送可能フレーム長の最大値を L_{max} とすると、

$$L_{max} = C \times (T - (t_r - t_{m1}) - T_p \times n)$$

となる。ただし、 C は伝送容量、 T は音声周期である。最大フレーム長は8204bytesとしているので、もし、

$$L_{max} > 8204$$

であれば、 $L_{max} = 8204$ bytesとする。

各ノードはトークンを受け取るたびに L_{max} を計算し、伝送待ち状態のデータ量が L_{max} 以下であればすべてのデータを送り、 L_{max} を越えた場合は先頭から L_{max} のデータを伝送する。

4 FDFV (Fixed length Data packet/Fixed length Voice packet) 方式

D L R M方式において、データ伝送に可変長パケットを用いることによりバーストデータ伝送が効率よく行われることを示すために、データ伝送に固定長パケットを用いるFDFV方式と比較した。

FDFV方式においては、データ伝送に用いるパケットサイズを一定値以下に制限することにより、トークンが論理リングを一周する時間を音声周期T以下にする。したがって、音声の周期的な伝送を保証するためには、トークンが一周するときのデータノードでの伝送時間、音声ノードでの伝送時間、トークンバッシングにかかる全時間の合計が音声周期T以下であればよい。つまり、音声ノード数 n_v 、データノード数 n_d 、全ノード数 n_{all} ($=n_v+n_d$) とすると、次式を満たす L_c の最大値がデータ伝送に用いられるパケットサイズ L の上限である。

$$L_c/C \times n_d + L_v/C \times n_v + T_p \times n_{all} \leq T$$

ただし、 C は伝送容量、 L_v は音声フレーム長、 T_p は一回のトークンバッシングにかかる時間である。

5 シミュレーション

D L R Mの有効性を明らかにするために、シミュレーションより、データノードにおけるメッセージ伝送時間の平均、分散を求め、FDFVやデータノードの論理位置を変更しない方式に対するシミュレーション結果と比較した(一つのメッセージは複数のパケットにより伝送される。本論文においては、“メッセージ伝送時間” は “そのメッセージを伝送する最初のパケットが伝送されてから最後のパケットの伝送が完了するまでの時間” と定義される。また “スループット” は、“正味の単位時間に伝送した全データ量の伝送容量に対する比” と定義される。)

D L R Mは可変長パケットによりデータ伝送を行い、FDFVは固定長パケットによりデータ伝送を行うが、パケット長以外のパラメータは共通であり、以下に示すようになっている。

- ・ 伝送容量 : 1 0 M bits/sec
- ・ ケーブル長 : 2 km
- ・ 信号伝搬速度 : 2×10^8 m/sec
- ・ 音声ノード数 : 1 6
- ・ データノード数 : 4 8
- ・ 最大フレーム長 : 8 2 0 4 bytes(この内、1 2 bytesは制御情報)
- ・ トークンサイズ : 1 0 bytes
- ・ ノード内遅延 : 1 0 μ sec
- ・ 音声周期 : 1 0 m sec
- ・ 音声情報量 : 3 2 kbits/sec
- ・ 音声フレーム長 : 5 2 bytes (32kbits/sec*10msec+12bytes=52bytes)

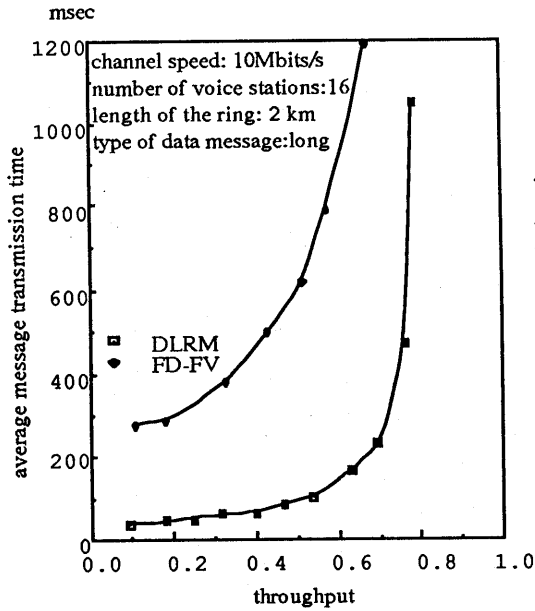


Fig. 5 Throughput vs. message transmission time for long message

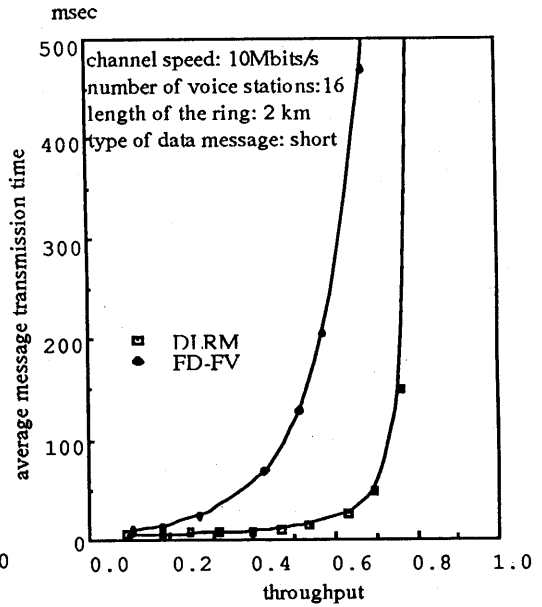


Fig. 6 Throughput vs. message transmission time for short data message

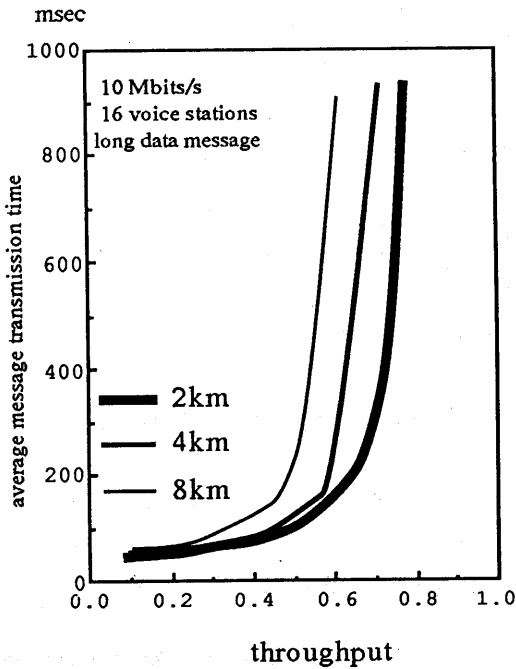


Fig. 7 Throughput vs. message transmission time for long data message in DLRM

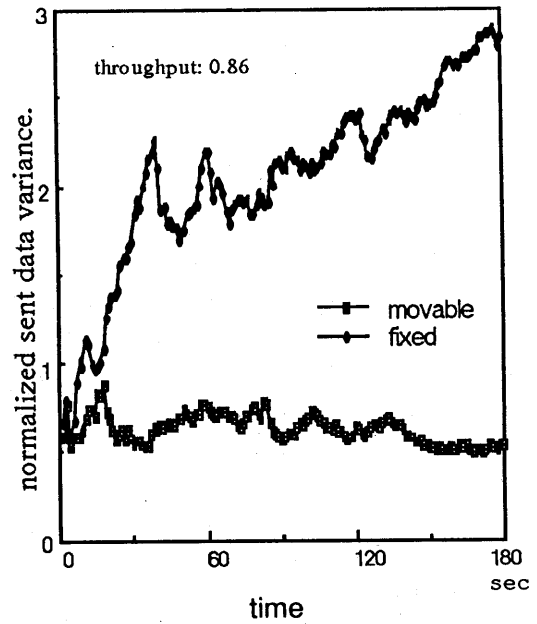


Fig. 8 Normalized sent data variance

音声ノードはシミュレーションを行っている間、すべて通信中とする。有音区間、無音区間はそれぞれ平均1.360sec,1.802secの指数分布であると仮定し、音声パケットが生成されるのは有音区間中のみとした。データメッセージ発生のプロセスは、平均長128 bytesの短電文(short message)と平均長32 kbytesのバーストデータメッセージ(long message)がそれぞれ指数分布で7対3の頻度で発生するモデルとした。各データノードのパケット処理には、音声周期に間に合う範囲内で全処理式を用いた。

5 結果および考察

Fig.5,6からわかるように、スループットが低いときには、short messageに対してはDLRMとFD FVはあまり差が見られない。しかしながら、long messageに対してはDLRMのほうがかなり早くメッセージの伝送が完了していることがわかる。Fig.7からわかるようにケーブル長を長くするにしたがい、スループットの上限值が小さくなることがわかる。これはトークンパッシング方式ではトークンの受け渡しにかかる時間はケーブル長に依存し、ケーブル長が長いほど大きくなるからである。またFig.8において、データノードの論理位置を動的に変化させることにより、各データノードの伝送量の分散が小さく抑えられ、データノードの公平な伝送が実現されていることがわかる。これらのシミュレーションの結果、DLRMは可変長のパケットをデータ伝送に用いることでlong messageに対しては非常によい性能を示し、なおかつshort messageに対しても比較的よい特性が得られた。

6 結論

我々の提案するDLRMは音声通信を保証しつつ、効率的なバーストデータ伝送を実現している。さらに、データノードに対しては公平な伝送機会を与えている。DLRMは、バーストデータ伝送に適した音声データ統合方式であると言える。

7 参考文献

- [1] 屋代 ほか：“動的論理リング型音声データ統合LAN”平成二年情報処理学会第40回全国大会
- [2] 市川 ほか：“可変長パケット方式による音声データ統合LAN”平成二年情報処理学会第40回全国大会
- [3] S.Li and J.C.Majithia:“Performance Analysis of a TDMA Local Area Network For Voice and Data”,Computer Networks vol.8,1984,pp.81-91.
- [4] J.W.Mark:“Distributed Scheduling Conflict-Free Multiple Access for Local Area Communication Networks”,IEEE Trans. Commu. Vol. Com-28, No.12,Dec.1980,pp.1968-1976.
- [5] 大西 廣一,安田 新二：“分散型多元情報処理技術の動向－統合型広帯域通信網”平成元年電気・情報関連学会連合大会
- [6] 清水 洋：“分散型多元情報処理技術の動向－統合型LAN”平成元年電気・情報関連学会連合大会