

セグメント分割による CSMA/CD-LAN の性能改善

鈴木 陽介*, 高原 幹夫*, 塙 雅典*

(平成7年8月31日受理)

Performance Improvement by Dividing a CSMA/CD-LAN into Some Segments

by Yosuke SUZUKI*, Mikio TAKAHARA* and Masanori HANAWA*

Abstract

In this paper performance improvement effects in a CSMA/CD-LAN divided into some segments which are connected by a backbone using bridges are studied. A system divided into some segments by a backbone shows high efficiency if the backbone and the segments are used with the best condition. Therefore the optimum condition and the improvement factor are shown in the paper. The result looks that the more the CSMA/CD-LAN is divided into segments, the better the efficiency improvement is. However, the division should be quitted with several segments at most. If not, they could not get so much practical improvement because each node would be restricted to send frames for nodes in other segments.

1 はじめに

近年の情報処理機器の発達やネットワーク化指向によって、現在最も広く普及している CSMA/CD-LAN は接続端末数や利用頻度が増加しており、利用効率が悪化してきている。ATM-LAN や FDDI-II などのような高速な LAN も開発され実用化されようとしているが、これらを安価に、安定的に利用するには少し時間がかかると思われる。そこで、それまでの間現在の LAN を効率良く使うために、CSMA/CD-LAN をバックボーンとして用いるセグメント分割について検討し、分割しない場合と比較してみる。

2 分割モデルと最適化条件

伝送路が込み合い、効率が悪化した CSMA/CD-LAN の性能を改善するために、ブリッジを用いてセグメント分割する。セグメント分割に

は図1に示すような幾つかの方法^{1),2)}があるが、本研究では図1(a)に示すようなバックボーン型を用いた場合について評価する。図1(a)のようにセグメント分割するとき、性能悪化の原因はセグメント内の輻輳による場合と、バックボーン内の輻輳による場合が考えられる。例えば、バックボーンが輻輳状態のときでもセグメントにまだ余裕がある場合は、システム全体では有効に利用されているとはいえない。すなわち、システムをより有効に利用するためには、バックボーンとセグメントが同じ伝送特性をもつようにすべきである。CSMA/CD-LAN では、負荷が等しければ伝送特性がほぼ一致するという性質を持っているので³⁾、バックボーンとセグメントの負荷が等しければ両者の特性は一致すると思われる。そこで、まずバックボーンとセグメントの負荷が等しくなる条件を求める。総端末数を N 、セグメント数を M 、個々の端末でのフレーム発生頻度を F [frames/s]、他セグメントへの送信率を R_T とし、フレームは発生したら直ちに送信されるとする。このと

*電子情報工学科, Department of Electrical Engineering and Computer Science

き各セグメントとバックボーンの負荷は以下のようになる。

$$\text{各セグメントの負荷} = F \frac{N}{M} R_T + F \frac{N}{M} \quad (1)$$

$$\text{バックボーンの負荷} = F \frac{N}{M} R_T \times M \quad (2)$$

式(1),(2)より、バックボーンとセグメントの負荷が等しくなる条件は

$$\text{他セグメントへの送信率 } R_T = \frac{1}{M-1} \quad (M \geq 3) \quad (3)$$

となり、この条件を満たせば、バックボーンとセグメントの負荷が一致し、効率の改善を計ることができると考えられる。

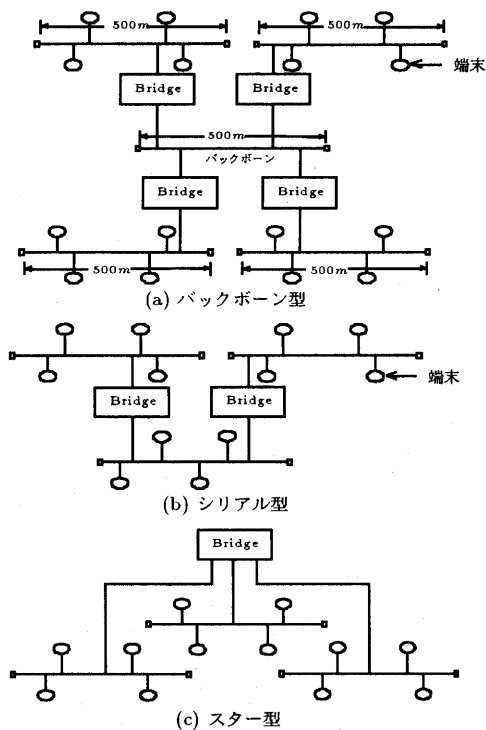


図1 分割モデル

3 評価関数とシミュレーション条件

図1(a)では分割されたCSMA/CD-LANの各セグメントは、ブリッジを介してバックボーンに接続されている。ここで、バックボーンにも性能の等しいCSMA/CD-LANを用いることを仮定している。伝送路長はバックボーン、各セグメントとも500mとし、端末は各セグメ

ントに均等に分配され、伝送路に等間隔で接続されているものとする。また、端末、ブリッジのバッファは無限大とする。シミュレーション条件を表1に示す。本研究では、スループット、平均伝送遅延時間、パワー関数、改善率によってLANの特性を評価する。

表1 シミュレーション条件

パラメータ	値
伝送速度	10Mbit/s
セグメント数 (M)	1~6
セグメント長	500m
総端末数 (N)	24,36,48,60
ブリッジ処理時間 (B)	1.50ms
フレーム長	1518Byte
プリアンブル	8Byte
ジャム信号	4Byte
フレーム間隔	9.6μsec
スロット時間τ	51.2μsec
同軸ケーブル伝搬速度	4.33nsec/m
終了条件 (成功回数)	80,000 回

スループット [%]

$$= \frac{\text{成功送信のみに使われた時間}}{\text{システムの総稼働時間}} \times 100 \quad (4)$$

平均伝送遅延時間 [sec]

$$= \frac{\text{総伝送遅延時間}}{\text{送信成功回数}} \quad (5)$$

パワー関数

$$= \frac{\text{スループット}}{\text{正規化平均伝送遅延時間}} \quad (6)$$

ここで、正規化平均伝送遅延時間とは平均伝送遅延時間を1フレームの送出時間で正規化した値である。

スループットと平均伝送遅延時間とは相反する関係にあるので、パワー関数は最大値を持つ。その理由は以下のように説明される。スループットは飽和特性を持つが、遅延時間はあるしきい値を越えると急激に立ち上がる。そのためパワー関数は遅延時間が立ち上がる直前で最大値を取り、それ以後は急激に小さな値となる。定義からパワー関数は大きい方が効率が良いことを示すので、パワー関数が最大値をとる点が発生頻度の最適値となる。よってパワー関数が最大となるときのフレーム発生頻度を最適フレーム発生頻度とする。この最適フレーム発

生頻度から、

$$\text{改善率} = \frac{\text{分割時の最適フレーム発生頻度}}{\text{非分割時の最適フレーム発生頻度}} \quad (7)$$

を求め非分割の CSMA/CD-LAN に対してセグメント分割した場合にどの程度性能が改善されるかを示す。

4 結果と考察

式 (3) を満たす場合と満たさない場合についてシミュレーションを行った。総端末数 60、セグメント数 4、フレーム長 1518byte での結果を図 2~4 に示す。図 2 はスループット特性で、実線が非分割の場合である。まず、非分割の場合とセグメント分割した場合とを比べると、分割した場合の方がスループットが低い値となっており、セグメント分割することによって負荷が分散されていることがわかる。しかし条件式 (3) を満たさない場合には、両者の特性がかなり異なっている。これに対して式 (3) を満たす場合には両者の特性はほぼ一致しており、式 (3) の条件は正しいことが確認できると同時に、これによって分割の効果も確認できる。

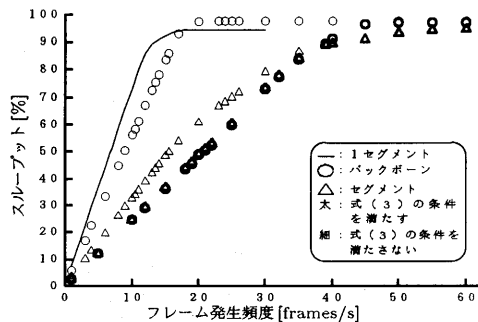


図 2 スループット特性 (N=60, M=4)

次に、平均伝送遅延時間を表す図 3 をみると、分割した場合の方が非分割の場合よりも平均伝送遅延時間の立ち上がりが遅くなっており、セグメント分割することによって性能が改善されることが確認できる。しかし、式 (3) を満たさない場合にはセグメントの平均伝送遅延時間の立ち上がりに対して、バックボーンの立ち上がりは非常に早く、バックボーンが輻輳状態になっている。条件を満たす場合には両者はほぼ同じ位置で立ち上がっており、この場合も式 (3) の条件が満たされていることがわかる。

図 4 は、パワー関数特性を示している。式 (3) の条件を満たさない場合には、バックボーンとセグメントの最適フレーム発生頻度の位置がずれており、バックボーンが最適となったときに、まだセグメントは最適な状態となっておらずセグメントの方に余裕がある。一方条件を満たす場合には、両者の最適フレーム発生頻度の値はほぼ等しく、バックボーン、セグメントともに最適な状態で利用可能であり、このときの最適フレーム発生頻度の値は非分割のときより高いものとなっているので、分割によって改善されていることがわかる。

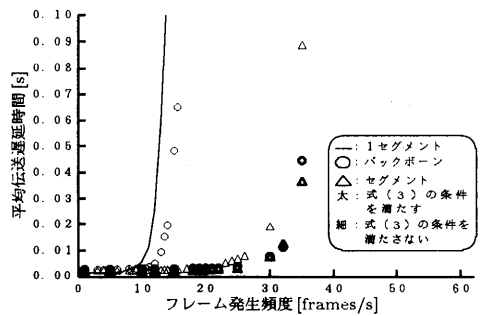


図 3 平均伝送遅延時間特性 (N=60, M=40)

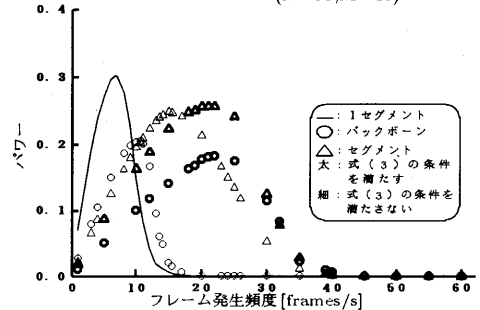
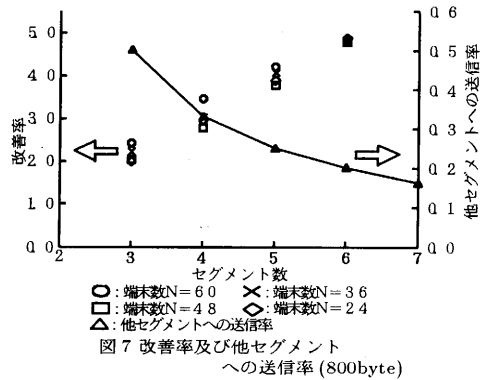
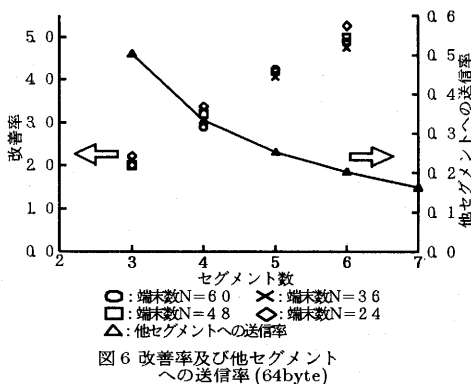
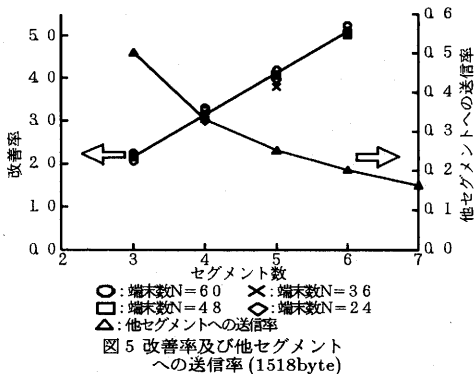


図 4 パワー関数特性 (N=60, M=4)

次に非分割の場合に対する改善率を図 5 に示す。横軸はセグメント数で、総端末数をパラメータとして示している。セグメントの分割数が多くなるほど改善率も高くなっており、一見分割数が多いほどより改善されるように見える。本来ならば、セグメントの分割数を多くするほど 1 セグメントあたりの端末数は少なくなるため、他セグメントへの送信率は分割数が多いほど高くなるはずである、しかしバックボーンとセグメントの負荷が等しくなる条件では分割数が多くなるほど他セグメントへの送信率が低い値となるため、実質的にセグメントの分

割数には限界がある。この結果は当然で、バックボーンのトラフィックを減少させながらセグメント数を多くしているからである。例えば、全ての端末に等しい確率で送信する場合には、3セグメントのときで他セグメントへの送信率は0.67、4セグメントのときで0.75と、分割数が多くなるほど大きな値となる。本文では、他セグメントへの送信率のトランスの限界をこれらの値の半分と仮定し、0.4～0.3とすると2～3倍程度の改善率が得られる。フレーム長を変えて同様にシミュレーションを行なった結果得られた改善率を図6,7に示す。図6は64byte、図7は800byteの場合の結果を表しているが、図5の1518byteの場合とほぼ同程度の改善率となった。その理由はフレーム長に関係なく単に自セグメント宛のものとはセグメント宛のものとの比率のみの関係によるからである。よって式(3)を満たしていればセグメント分割した場合、端末数、フレーム長によらず同程度の効果を得ることができる。



5 まとめ

CSMA/CD-LAN の性能を改善するためにバックボーン型を用いてセグメント分割し、最適となるときの条件を求めた。その結果、式(3)を満たしていれば他セグメントへの送信率を0.4～0.3と仮定すると、フレーム長にかかわらず発生頻度で2～3倍程度改善率を得ることができる。この方法ではセグメントの分割数が多いほど改善の効果は高くなるようにみえるが、実用的にはセグメントの分割数には限界があること、またこれらの結果は総端末数、フレーム長によらないことがわかった。ここでは、固定長フレームでフレーム発生率も均一の場合の結果を示したが、ランダムフレーム長、宛先発生率が違う例でも求めることができる。最後に、この改善方法は一時凌ぎに過ぎないものであることを付記する。

参考文献

- 1) R.Ahmad,F.Halsall:"Performance analysis of bridged LAN's", IEEP-roc.E,139, pp.64-72(1992).
- 2) 高原 幹夫, 一瀬 寛英, 標 節也 : "CSMA/CD-LAN のセグメント分割", 信学'93 秋大, B-561.
- 3) 盛野 陽子, ユッカサボライネン, 高原 幹夫: "イーサネット LAN における端末数とトラヒック量についての考察", 信学'93 春大, B-701.