

# LANの多重化特性について

藤永 仁・成久洋之\*

岡山理科大学理学研究科修士課程電子理学専攻

\*岡山理科大学工学部電子工学科

(1990年9月30日 受理)

## 1. はじめに

ミニコンやパソコン等を端末とするインテリジェント端末を持つコンピュータネットワークの普及はコンピュータ資源の有効利用と分散処理形態の実用化にともなって LAN (Local Area Network) の実用性を益々高めている。特に、LAN はオフィスや工場、あるいは研究所や大学構内等の比較的限定された地域内で、独自の目的にそったネットワークの構築が可能であるため各ユーザに多大の利便性を与えることが期待されている。

LAN には各種構成法があるが、各種プロセッサあるいは端末が接続され、より有効なネットワーク構築を図るものであるのから、データ伝送における衝突を起こし易い。特に接続端末数が回線の伝送容量に比し多ければ多ければ多いほど衝突の生起する確率は高いことになる。

ネットワークにおける伝送衝突回避方策としてよく知られているものに例えば Ethernet の多重アクセスプロトコル (Multiple Access Protocol) がある。

各端末がネットワーク回線の使用状況を探知するモニタ装置を装備させ、回線が使用中 (Busy) か否か (Idle) を識別出来るようにした多重アクセスプロトコルを CSMA (Carrier Sense Multiple Access) という。さらに、各端末が自端末から伝送したメッセージが途中で衝突を起こしていないかどうかを監視する装置をもたせたプロトコルを CSMA/CD (Collision Detection) と呼んでいる。

本研究では、Ethernet で用いられている 1-Persistent CSMA/CD の最大伝送効率の評価式をもとにして、伝送速度とパケット多重化数の関係、パケット長とパケット多重化数の関係、さらに多重化の実現について考えてみた。

## 2. システムモデルと諸規定

Ethernet は、DEC 社、XEROX 社、Intel 社によって提案された中距離中速度の LAN である。IEEE 802.3 標準としても承認されており、広く普及している。Ethernet で用いられている 1-Persistent CSMA/CD プロトコルのメッセージ伝送開始時刻は、その到着時

刻, つまり発生時刻に依存する。回線が Idle の時に発生したメッセージは直ちに伝送されるが, Busy の時に発生したものは回線が Idle になるまで待たされ, Idle になりしだい伝送が開始される。したがって, 回線が Busy の時に2つ以上の端末に送信要求が発生すれば, 必ず衝突が発生する。図1に1-Persistent CSMA/CDプロトコルの動作原理図を示す。

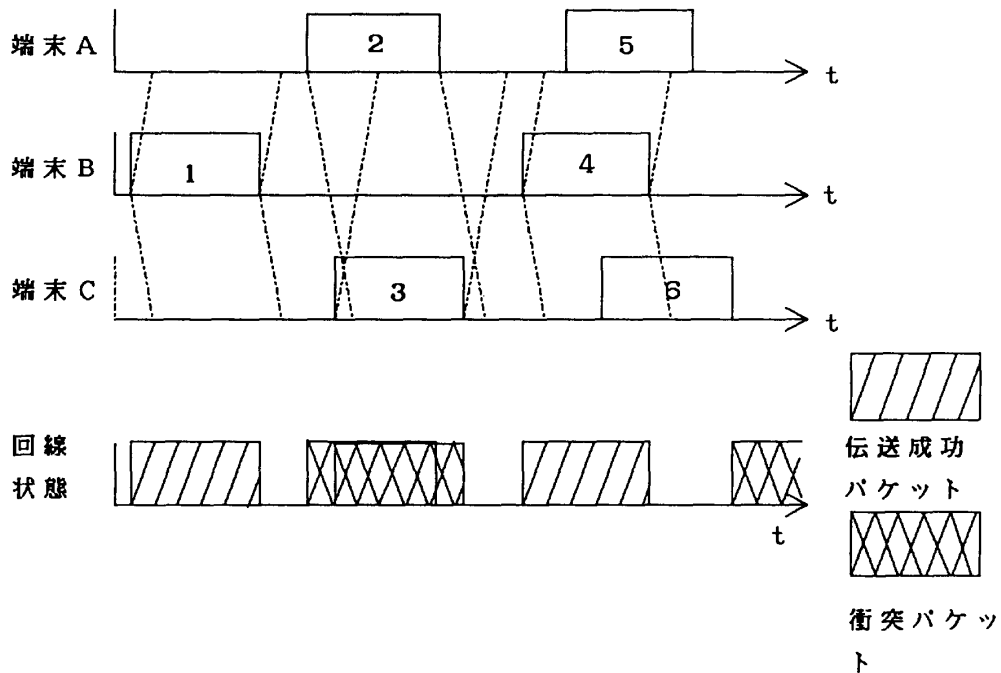


図1 1-Persistent CSMA/CD 動作原理図

横軸  $t$  は時間を表している。この図では, パケット2と3, パケット3が発生したからである。このように, 1-Persistent CSMA/CD には大別して2種類の衝突要因がある。

次に, 評価式で用いる各パラメータの定義を行う。

伝送速度を  $C$  [bps], パケット長を  $P$  [bit] とする。そうすると, 1つのパケットの伝送に要する時間  $T$  は

$$T = P/C \text{ [sec]}$$

となると,

端末  $i$  と端末  $j$  間の伝搬遅延時間を  $\tau$  [sec] とすると, 1パケット伝送時間に対する  $ij$  間伝搬遅延時間の比  $a_{ij}$  は

$$a_{ij} = \tau_{ij}/T = (\tau_{ij} \times C)/P$$

となる。更に,  $a = \max(a_{ij})$  とおく ( $a < 1$ )。

$$a = \max(a_{ij}) = \max((C \times \tau_{ij})/P)$$

以上の各パラメータを用いて1-Persistent CSMA/CD プロトコルの評価式は、次式で与えられる。

$$S = Ge^{-Ga} [(1+a)Ge^{-Ga} + (1 - e^{-Ga}) \{2Ga + 1 - (Ga+1)e^{-Ga}\} + 1] \quad (1)$$

ここで用いた  $G$  とは、端末群から回線への再送分を含んだ入力トラヒックの平均値であり、単位は (パケット/1パケット伝送時間)、つまり (個/T) である。以上の評価式において最大スループットが定まる。

図2に、(1)式に具体的数値を代入して計算した結果を示す。T 当たり、すなわち1パケット伝送時間以内に発生するパケットの個数が少ない所 (低負荷) では、どんどん上昇してゆくが、ある点から先になると急激にスループットの低下が起こる。この理由は、パケット同士の衝突が頻繁に発生し、パケット伝送がスムーズに出来なくなるからである。

$a$  が0.1と0.01の時の比較も行って見たが、 $a=0.01$ の時の方が高負荷まで対応できるし、最大スループットも高い値が得られることもわかる。

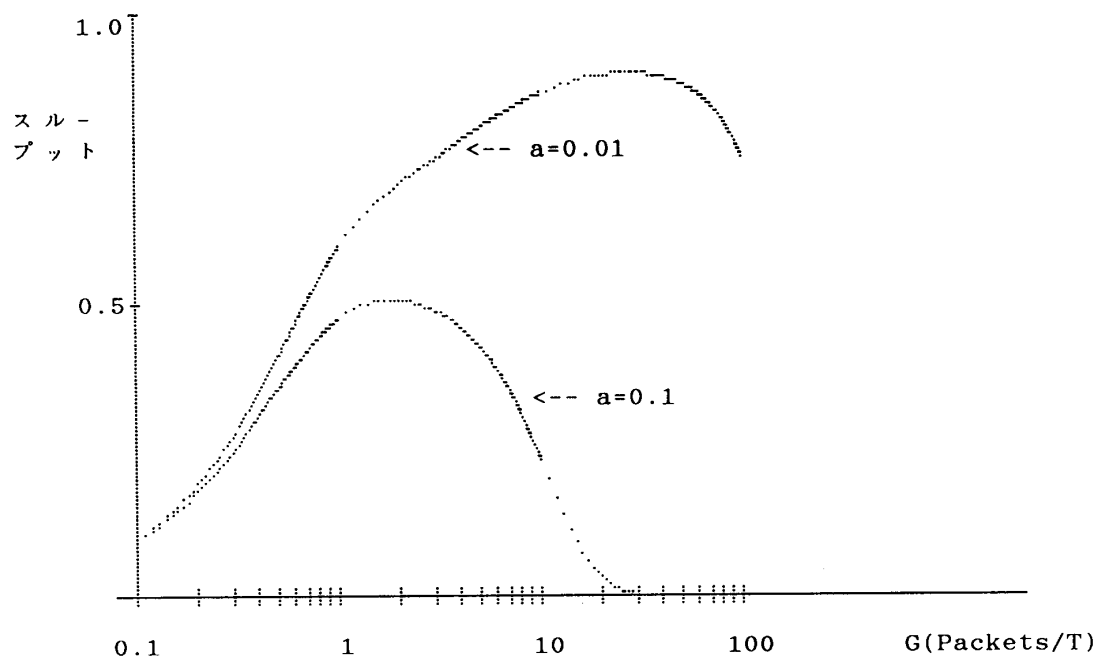


図2 1-Persistent CSMA/CD のスループット ( $a$  の比較)

最大スループットを  $S_{max}$  とすると、最大スループット時の伝送容量は

$$\text{最大スループット時の伝送容量} = C \times S_{max} \text{ [bps]}$$

となる。X秒に1回の割合でパケットが発生するとするときの多重化数Nは、

$$\begin{aligned} N &= \text{最大スループット時の伝送容量} / (P \times 1/X) \\ &= (C \times S_{max}) / (P \times 1/X) \end{aligned} \quad (2)$$

となる。

また、次の値を設定する。

2 端末間の平均距離 : 5 m

同軸ケーブル中の信号伝達速度 :  $0.77 \times C$  (C:真空中の光速)

$$= 0.77 \times 3 \times 10^8$$

$$= 2.31 \times 10 \text{ [m/sec]}$$

最大ネットワーク長 : 1000m

送信要求発生割合 : 30秒に1回

### 3. 解析結果

(2)式において、各種パラメータを変化させて得られた特性を示す。

図3は、伝送速度をパラメータとして、パケット長とパケット多重化数の関係を示したものである。同一パケット長では、伝送速度が速いほどパケット数が多くなっていく。すなわち、より多くの多重化が可能である。

また、伝送速度が10倍になったからといって、パケット数が10倍とはならない。その理由としてあげられるのが、最大スループットと伝送速度の関係である。例えば、パケット長が30バイトとして、伝送速度が100 Kbps と 1 Mbps の場合を考えてみる。つまり、伝送速度が10倍になった場合である。スループット評価式より最大スループットを算出してみると、100 Kbps の場合が約98%、1 Mbps の場合が約83%となる。すなわち、100 Kbps の場合約98 Kbps、1 Mbps の場合約830 Kbps 程度有効に伝送可能である。伝送速度が10倍になったからといって、有効伝送ビット数は10倍になっていない。

図4は、伝送速度と回線数をパラメータとして、パケット長とパケット数の関係を示し

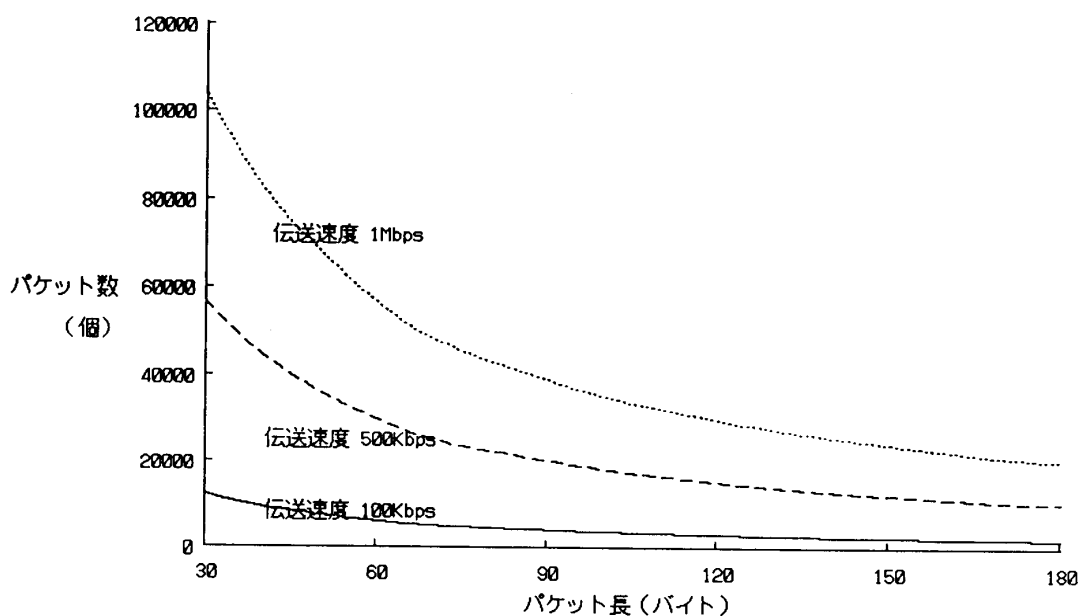


図3 パケット長—パケット多重化 特性

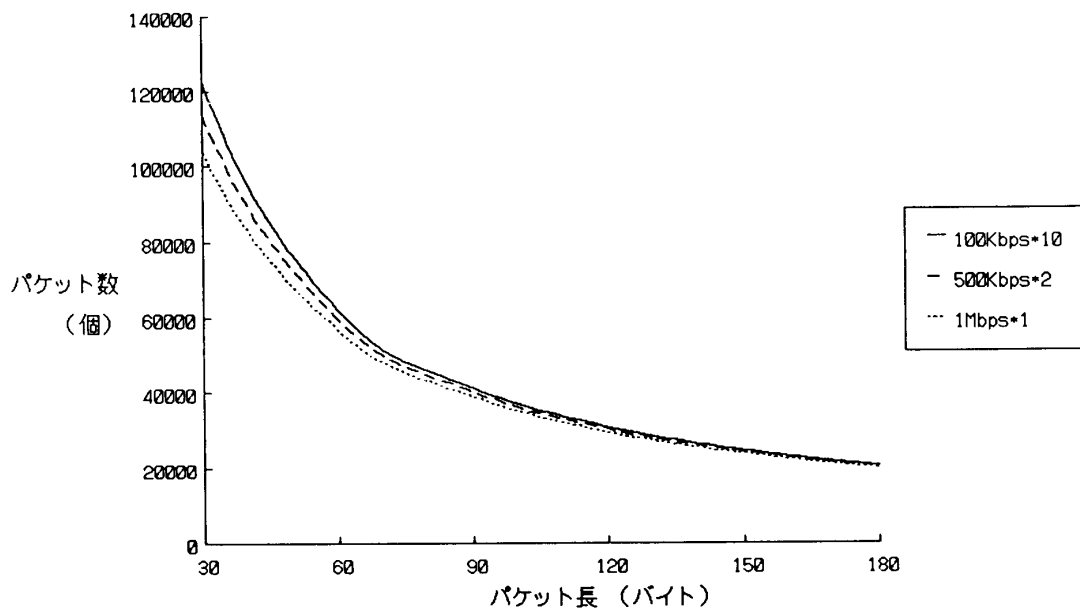


図4. 伝送速度一回線数—パケット多重化 特性

たものである。比較対象として、100 Kbps の伝送速度を持つ回線を10回線使用した場合、500 Kbps のものを2回線使用した場合、1 Mbps のものを1回線使用した場合の3つの場合を用いる。つまり合計伝送速度が1 Mbps の場合である。パケット長が短い時には、100 Kbps のものを10回線使用した場合の方が10 Mbps のものより多くのパケットが多重化可能である。したがって、伝送速度1 Mbps の回線を使用するよりか、100 Kbps の伝送速度の回線を10回線使って伝送路を設定した方がより多くのパケットが多重化できる。しかし、パケット長が長くなるにつれて、その差がはっきりしなくなってくる。つまり、多重化数が同じになってくる。その理由は、最スループットがほぼ同じ値になってくるためである。図3, 4から、パケット長を短くした方がより多くのパケットが多重可能ということがわかる。しかし、より多くのパケットが多重可能だからといってパケット長が短い方が多くの情報を運べるとは限らない。

パケットは大別すると、制御情報部分とデータ情報部分に分かれる。パケット長が変化する場合、制御情報部分の長さは変化せず、データ情報部分の長さが変化する(図5参照)。例えば30バイトと60バイトのパケットについて考えてみる。パケットの制御に20バイト必要とすると、データ部分は10バイトである。60バイトの場合のデータ部分は40バイトである。60バイトの場合のデータ部分は40バイトとなる。すなわち、パケット長は2倍にしかかかっていないが、運べる情報量は4倍となる。

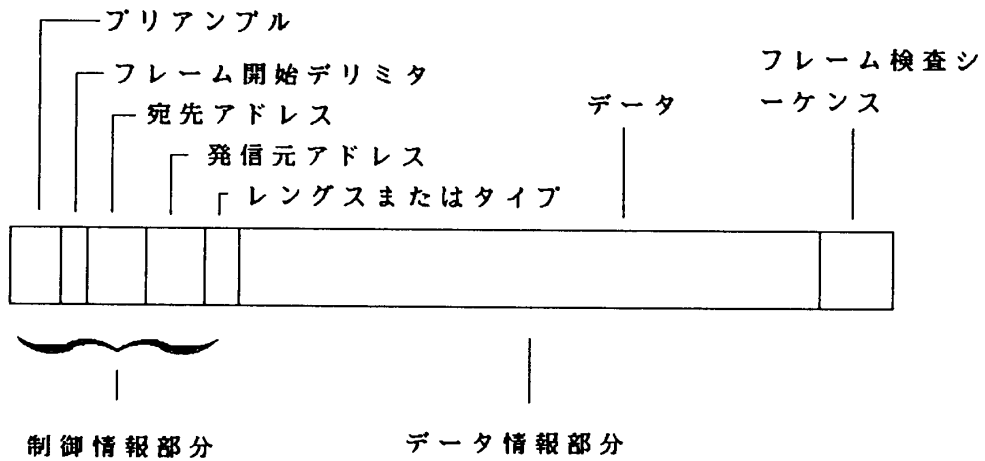


図5 パケットフォーマット (Ethernet 仕様)

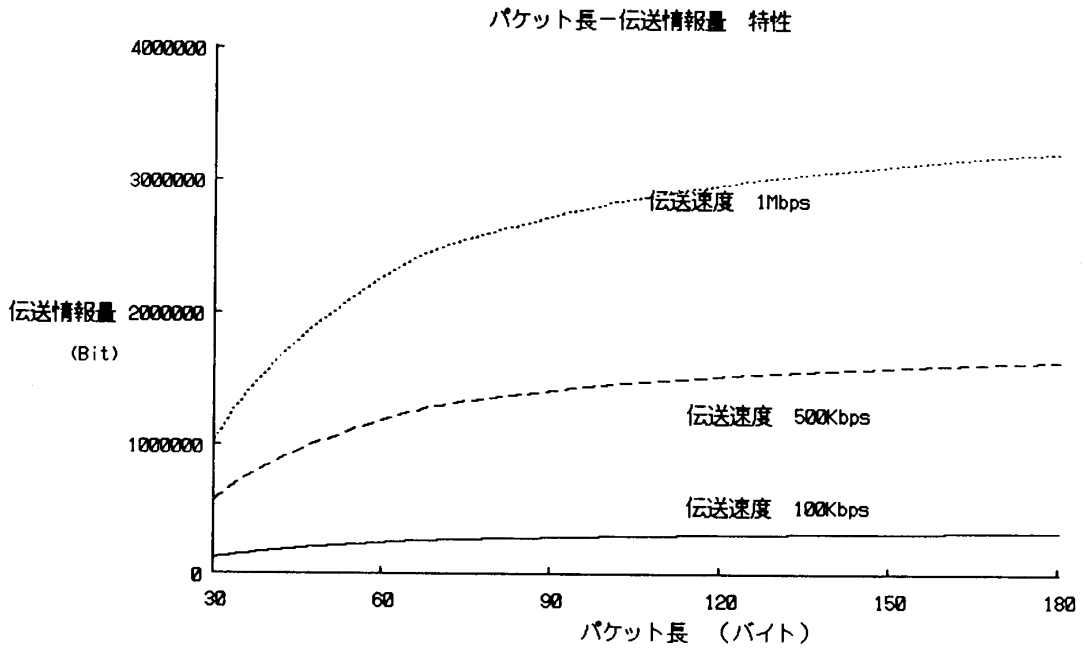


図6. パケット長-伝送情報量 特性

図6で、伝送速度をパラメータとしてパケット長と最大有効伝送量の比較を行った。伝送速度が100 Kbps, すなわち低速の場合、パケット長が変化しても最大伝送容量は余り変化しない。しかし、伝送速度が1Mbps の場合パケット長の変化に対して、伝送できる情報量には大きな改善がみられる。したがって、多くの情報を運ぶためには、伝送速度を速くして、パケット長を伝送速度に見合った大きさに設定してやれば良い。又、速い伝送速度がえられない場合でも、回線を多重化することにより、より多くの情報を運べることも、図7からわかる。

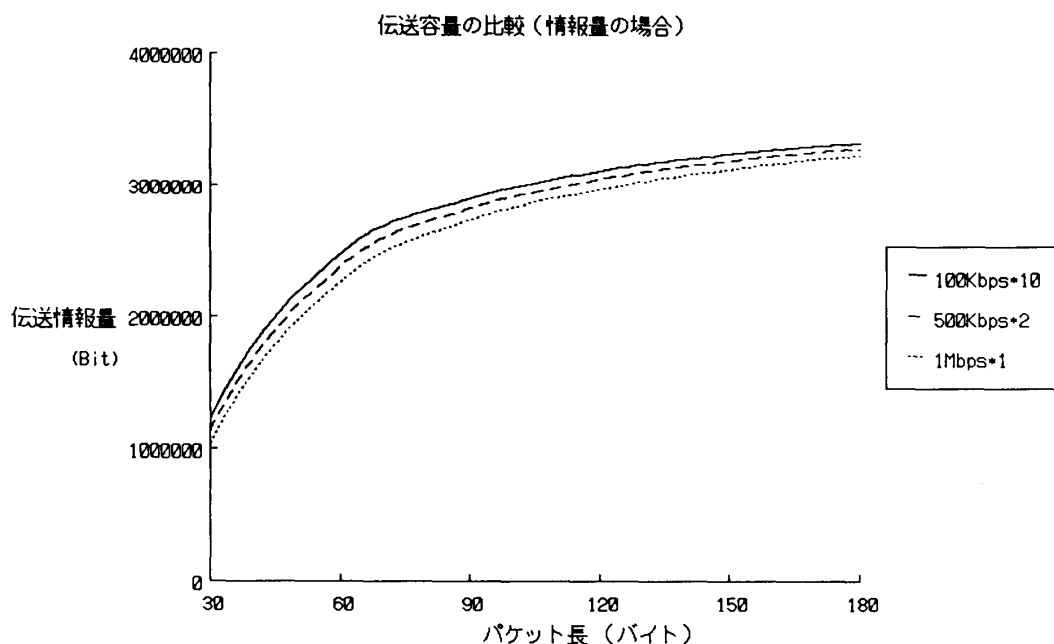


図7 伝送速度-回線数-伝送情報量 特性

#### 4. 回線多重化の実現方法とまとめ

1回線でのパケット多重化は、TDM (Time Division Multiplexing) でおこなわれる。TDM は1つの伝送媒体を時間ごとに分割して使用する方式であり、もっとも一般的な多重化方式である。回線の多重化は、FDM (Frequency Division Multiplexing) により実現可能である。FDMは、伝送媒体内の搬送信号の周波数をいくつかの帯域に分割し、何本かの回線をつくる方法である。周波数分割されたおのおのの帯域をさらに時分割することにより、FDM と TDM を組み合わせて多重化することも可能である。

本論文では、Ethernet で用いられている1-Persistent CSMA/CD の最大伝送効率の評価式をもとにして、伝送速度とパケット多重化数の関係、パケット長とパケット多重化数の関係、さらに多重化の実現方法についての考察をおこなった。その結果、多くの情報を運ぶためには、伝送速度を速くして、パケット長を伝送速度に見合った大きさに設定してやれば良いことが明らかになった。また、速い伝送速度が得られない場合でも、回線を多重化することにより、より多くの情報を運べることも明らかになった。

実際には、パケットとパケットの間にはお互いの区別をつけるために少し間隔を空けないければならないが、その点を考慮しても、上記した特性は成り立つ。

#### 参考文献

- 1) 秋山 稔:「LAN のシステム設計」, オーム社, 1989.
- 2) 藤永・成久:「LAN における情報伝送の最適化について」, 岡山理科大学紀要, 第25号, A pp. 323-336

## On Multiplex Characteristics of LAN Protocol

Hitoshi FUJINAGA and Hiroyuki NARIHISA\*

*Graduate School of Science,  
Okayama University of Science*

*\*Faculty of Engineering,  
Okayama University of Science  
1-1 Ridai-chou, Okayama 700 Japan*

(Received September 30, 1989)

The spread of computer network that have intelligent terminals, for example, mini computer, personal computer, etc, enhances the value of LAN network more and more in accordance with the effective utilization of computer resource and the practical use of distributed process form. Especially, LAN network is expected that the network is applicable to the use's intimate needs within a limited geographical area as a office building, a factory, and a university area with a cheap costs.

In order to operate a LAN as a communication network, we must provide a communication rules which is called as protocol.

Many protocol for LAN have been proposed in these days. CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) protocol is the representative among them.

In this paper, on the basis of the traffic performance valuation of 1-persistent CSMA/CD protocol, we considered the relation between bit rate (bit per second) and packet multiplexing, the relation between packet length and packet multiplexing, and the feasibility of multiplexing. As a result, it made clear that if high-rate was got and packet length was created the suitable one, many information could be transported. And even if high bit rate is not got, many information can be transported by realizing the channel multiplexing.