論 文

버스形 데이터/音聲 共用 LAN에서의 CSMA/CD-TDM/SD 適應制御方式

準會員 黃 炳 文*, 正會員 崔 興 文**

CSMA/CD-TDM/SD Adaptive Control Scheme in Bus-type Integrated Data/Voice Local Area Networks

Byung Moon HWANG*, Heung Moon CHOI** *Regular Members*

要 約 버스形 데이터/音聲 共用 LAN에서 채널使用을 데이터와 音聲傳送區間으로 分離하고 데이터는 CSMA/CD로, 音聲은 TDM으로 傳送하되 音聲休止期間을 檢出하여 이를 감안한 실질 音聲負荷에 따라 데이터와 音聲傳送 區間을 適應制御할 수 있는 CSMA/CD-TDM/SD 方式을 提案하였다. 시뮬레이션 결과 既存의 方式들보다 데이터의 傳送性能 및 最大許容음성링크數의 改善을 볼 수 있었다.

ABSTRACT **This paper proposes CSMA/CD-TDM/SD(carrier sense multiple access/collision detection-time division multiplexing/silence detection) control scheme in bus type integrated data/voice local area networks. Simulation results show that this control scheme satisfies the lossless real-time constraints of the voice traffic and improves the data throughput-delay characteristics as compared to those of the CSMA/CD/MPD and the CSMA/CD-TDMA.**

I. 序 論

近距離通信網(LAN:local area network)에서는 CSMA/CD(carrier sense multiple access/collision detection)方式의 데이터 傳送用 Ethernet이 발표된 이후 이러한 既存의 버스형 데이터 傳送網을 통해 음성을 데이터와 함께 傳送하기 위한 研究가 활발히 진행되어 왔다[1]~[5]. 이와같은 데이터/음성 공용망에서는 가능한 한 데이터의 傳送性能을 低下시키지 않고 음성이 實時間 傳送될 수 있어야 한다[4].

Nutt 等[1]은 데이터 및 음성을 CSMA/CD로 전송할 경우에 대하여 여러 가지 延期約定(back-

*, **慶北大學校 電子工學科
Dept. of Electronics, Kyungpook National University, Taegu, 635, Korea.
論文番號 : 87-16(接受 1987. 3. 12)

off protocol)을 적용시켜 가면서 음성의 실시간 전송율과 데이터의 遲延을 조사하였다. 그 결과를 보면 音聲負荷가 작을 때에는 음성이 데이터에 크게 영향을 주지 않고 실시간 전송될수 있으나, 음성부하가 커지면 데이터의 지연이 커질 뿐만 아니라 음성의 실시간 전송도 항상 保障되지는 못하였다. 또한, Maxemchuck[2] 와 CHLAMTAC[3] 는음성의 실시간 전송을 위하여 음성패킷에 각각 preempt 또는 header/trailer를 追加하여 데이터패킷과 競爭시킴으로써 음성이 優先的으로 전송되도록 하는 方式을 발표하였다. 이들 방식에서는 음성의 실시간 전송을 가능하지만 음성부하가 커지면 음성의 우선권으로 인하여 데이터의 전송성능이 低下된다.

한편, Okada[4]는 음성부하의 變動에 의해 데이터의 전송성능이 저하되지 않도록 채널使用을 데이터 및 音聲傳送區間으로 分離하고 데이터와 음성을 공히 CSMA/CD로 전송하되, 음성에는 DOPB(dynamic optimal back-off)를 적용시켜 음성이 실시간 전송될 수 있도록 한 CSMA/CD/MPD(carrier sense multiple access/collision detection/mode preamble detection)方式을 提案하였다. 이 방식에서는 음성의 채널配分率이 고정되어 있어서 음성부하가 작을 때에는 채널의 活用率이 떨어지고, 음성부하가 커지면 음성의 허용 최대링크수가 제한된다. 또, 趙建行 等[5]은 傳送區間分離形으로서 데이터는 CSMA/CD, 음성은 TDMA(time division multiple access)로 전송하면서 음성부하의 크기에 따라 채널배분율이 適應制御되는 CSMA/CD-TDMA 방식을 제안하였다. 이 방식에서는 음성에 TDMA를 적용시키므로 음성을 棄却됨이 없이 실시간 전송하면서도 데이터의 전송성능을 개선시킬 수 있었고, 음성의 허용 최대링크수도 增加시킬 수 있었으나, 音聲休止期間(silence interval)에 대한 處理는 고려되지 않았다.

本 論文에서는 버스형 데이터/음성 공용LAN에서 채널사용을 데이터 및 음성전송구간으로 분리하고 데이터는 CSMA/CD로, 음성은 TDM(time division multiplexing)으로 전송하되 음성휴지기간을 檢出하여 이를 감안한 실질 음성부하에 따라 채널배분율을 적응제어할 수 있는 CSMA/CD-TDM/SD(carrier sense multiple access/collision detection-time division multiplexing / silence detection) 방식을 제안하였다. 本 方式에서는 音聲傳送時의 휴지기간을 검출하고 이를 데이터전송구간에 할당하여 데이터 전송에 이용함으로써 데이터의 전송성능을 향상시킬 수 있도록 하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 기존의 방식들과 비교하였다.

Ⅱ. CSMA/CD-TDM/SD方式의 提案

一般的으로 音聲通信에서는 링크가 設定된 두 音聲局 中 한 音聲局의 音聲傳送期間 중에는 相對局은 受信만 行하며, 또한 話者의 音聲中에도 休止期間이 企在된다. 이러한 음성휴지기간은종합적으로 평균하여 링크유지기간의 약 60%에 달하며[6] 이 期間을 데이터 또는 다른 音聲局의 傳送에 활용하면 채널을 보다 효율적으로 使用할 수 있다.

本 論文에서는 음성을 TDM으로 전송하면서 음성휴지기간을 검출하여 그 기간만큼을 다음에 오는 데이터전송구간에 할당함으로써 데이터의 전송성능을 向上시킬 수 있는 CSMA/CD-TDM/SD 方式을 提案하였다.

제안된 CSMA/CD-TDM/SD網은 그림 1과

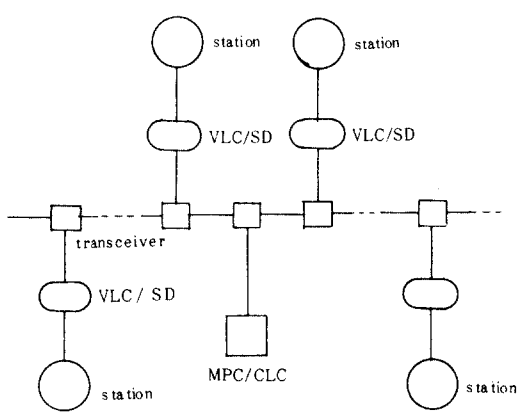


그림 1 모드제어와 음성휴지부 검출기능을 가진 CSMA/CD-TDM/SD網
CSMA/CD-TDM/SD network with MPC/CLC and VLC/SD for mode control and silence detection.

같이 一般的인 버스형 구조에 중앙제어국(MPC/CLC:mode preamble controller with current link counter)이 있으며 各 局에는 음성휴지기간 檢出이 가능한 音聲링크制御器(VLC/SD:voice link controller with silence detection)가 追加된 形態이다.

內의 각 局으로 MP를 송신하여 채널사용을 순차적으로 데이터전송구간과 음성전송구간으로구분시킨다.

이 때 각 局의 음성링크제어기는 수신된 MP의 종류및 自局이 保有한 패킷의 종류에 따라 自局의 狀態를 A(active), H(hear) 및 S(sleep)

Synchronization preamble	Mode preamble / packet indentifier	Mode preamble identifier	Voice link information

그림 2 모드 프리앰블 형태
Mode preamble format.

중앙제어국은 그림 2와 같이 네개의 부분(field)으로 구성된 MP(mode preamble)를 각국으로 送信하여 채널使用을 데이터 및 音聲傳送區間으로 順次配分하도록 하였다. MP의 첫째부분인 동기부는 MP가 通常의 패킷과 충돌하여도 동기부 외의 정보들이 손상되지 않도록 500bits로 충분히 길게 하였다. 그리하여 모든 국이 MP를확실하게 受信하고, MP의 셋째부분인 MP Identifier의 내용에 따라 現在의 전송구간이 데이터 전송구간인지 혹은 음성전송구간인지를 알 수 있게 하였다. MP의 두번째 부분인 MP / packet identifier는 패킷이 제어패킷(MP packet) 인지 혹은 정보패킷(음성 또는 데이터 패킷)인지를 구분시켜 주기 위한 것이다.

MP의 마지막 부분(voice link information)에는 현재까지 設定된 음성링크수가 실리게 되는데 중앙제어국은 이 값으로부터 음성전송구간의 길이를 계산하도록 하였다.

음성링크제어기는 중앙제어국이 송신하는 MP에 따라 自局의 데이터전송, 음성링크의 設定및 解除, 音聲休止期間의 檢出 및 傳送時刻의 재조정, 음성전송 등에 대한 제어를 행하도록 하였다. 이들의 데이터 및 音聲傳送區間에서의 動作은 다음과 같다.

1. 데이터傳送區間

중앙제어국은 그림 3의 제어흐름도에 따라 網

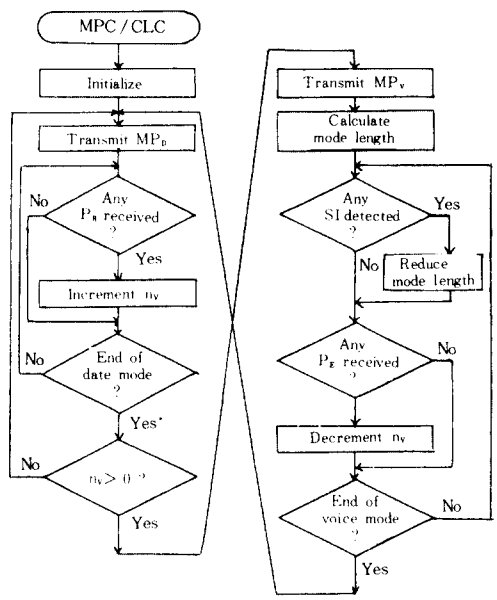


그림 3 MPC / CLC의 제어흐름도
Control flow for MPC/CLC.

상태 중 어느 한 상태로 遷移시킨다. 그리하여 A상태로 천이된 국들은 송신 및 수신을, H상태로 천이된 국들은 수신만 행하며, S상태로 천이된 국들은 아무 것도 행하지 않는다.

데이터전송구간에서 각 국의 음성링크 제어기는 그림 4의 제어흐름도에서 보는바와 같이 전송

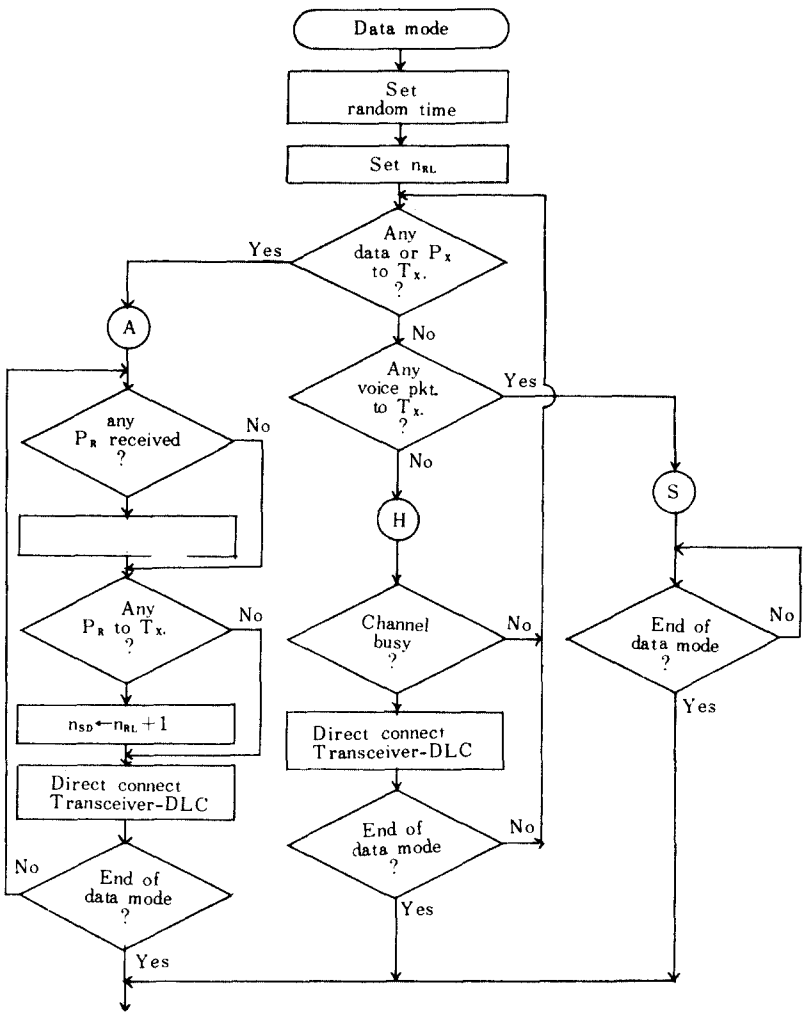


그림 4 데이터 모드에서의 VLC / SD의 제어흐름도
Control flow for VLC/SD in data mode.

할 데이터패킷이나 음성링크요구패킷 P_R을 보유한 국들만이 A상태로 되어 CSMA/CD방식으로 패킷을 전송한다. 그림에서 DLC(Data Link Controller)는 전송로의 감지및 back-off의 기능을 갖는다. 이 국들의 음성링크제어기는 他局이 P_R을 傳送할 때마다 음성링크요구수 n_{RL}을 1씩 증가시켜 保管하였다가 自局의 P_R을 傳送한 後 n_{RL}로부터 다음 음성전송구간에서의 자국의 音聲休止檢出슬롯 T_{SD}의 번호 n_{SD}를 결정한다.

한편, 중앙제어국은 각 음성국이 P_R을 전송할 때마다 現在까지 링크設定된 음성국의 數 n_V를 1씩 증가시켜 두었다가 데이터전송구간이 끝나면 다음 음성전송구간의 길이 $t_{VM}(n_V)$을 한 음성패킷의 전송시간인 T_{VP}와 n_V의 곱으로 계산해 둔다. 즉,

$$t_{VM}(n_V) = n_V \times T_{VP} \tag{1}$$

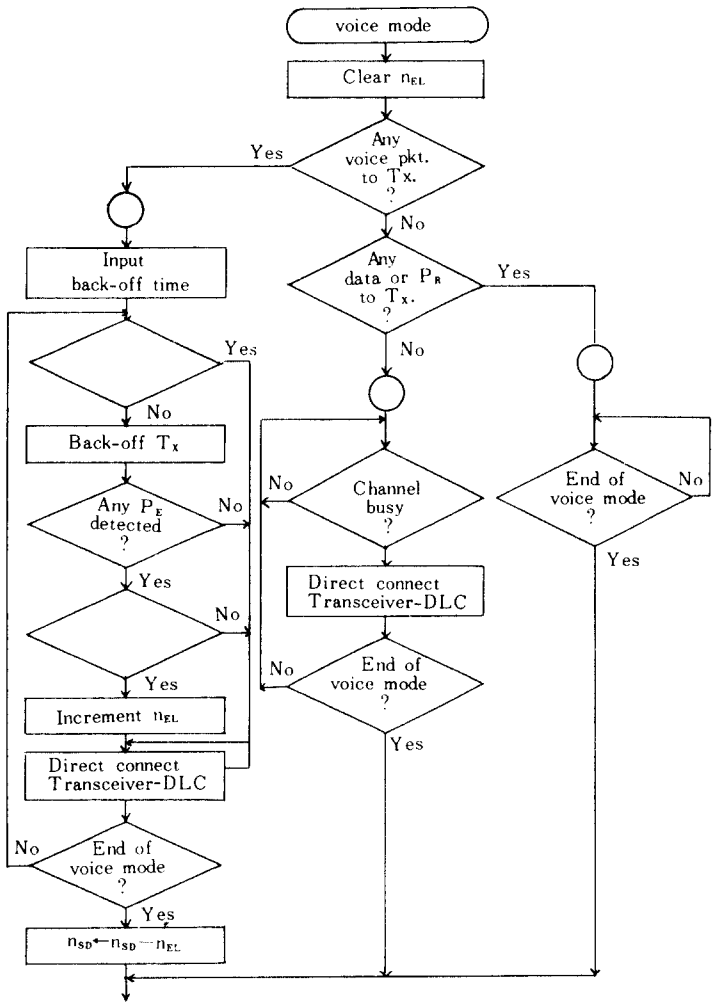


그림 5 음성모드에서 VLC / SD의 제어흐름도
Control flow for VLC/SD in voice mode.

2. 音聲傳送區間

음성전송구간에서는 그림 5의 제어흐름도에서 보는 바와 같이 전송할 음성패킷이나 音聲링크 解除패킷 P_E를 保有한 局들만이 A상태로 천이된다. 그림에서 해제패킷 P_E를 수신하면 그 해제패킷의 슬롯번호 n_{TX}가 자신의 슬롯번호 n_{SD}보다 적으면 n_{SD}를 재조정한다. 이 국들의 음성링크제어기는 자국의 음성휴지검출슬롯 차례가 될 때까지 他局의 각 音聲休止檢出슬롯 T_{SD} 동안 搬送子(carrier)를 感知한다. 만약 반송자가 있으면 그림 6(c)와 같이 自局의 전송시각을 한 음성패킷의 전송시간 T_{VP}중에서 搬送子感知에 사용된 시간 T_{SD}를 제외한 ($T_{VP}-T_{SD}$)만큼씩 延期시킨다. 또 他局이 P_E를 전송하면 이를 計數하였다가 現在의 음성전송구간이 끝나면 다음 음성전송구간에서의 자국의 음성휴지검출슬롯 번호를 再調整한다.

중앙제어국도 음성링크제어기와 同一한 方法

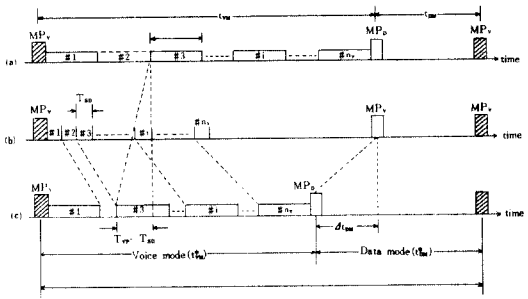


그림 6 CSMA/CD-TDMA(a) 및 CSMA/CD-TDM/SD(b), (c)에서의 채널할당
Channel allocation in CSMA/CD-TDMA(a) and CSMA/CD-TDM/SD(b)(c).

으로 搬送子를 감지하여 반송자가 없으면 해당음성국이 휴지상태에 있음을 알고 현재 음성전송구간의 길이를 그림 6(c)와 같이 $(T_{VP}-T_{SD})$ 만큼씩 감소시킨다. 따라서 마지막 패킷이 전송되었을 때의 음성전송구간의 길이 $t^*_{VM}(n_V, n_S)$는 $t_{VM}(n_V)$에서 총 음성휴지기간 $\triangle t_{VP}(n_S)=(t_{VP}-T_{SD})\cdot n_S$ 만큼을 제외한 시간이 된다. 즉

$$t^*_{VM}(n_V, n_S)=n_V\times T_{VP}-(T_{VP}-T_{SD})\times n_S$$
$$=n_V\times T_{VP}-\triangle t_{VP}(n_S) \quad (2)$$

여기서 T_{SD}는 음성휴지검출슬롯의 길이로서 반송자 감지를 위한 最大傳播時間과 保護時間(guard time)을 合한 시간이다.

그림 6(b)는 본 방식의 음성휴지부 감지슬롯 할당을 표시한 것이고 그림 6(c)는 각 음성국이 음성휴지부 감지에 따라 자국의 전송시점을 조정하는 동작을 설명한 것이다.

음성의 실시간전송을 위해 그림 6의 傳送區間週期 T_f를 일정하게 하여 음성패킷의 構成時間과 같게 하면, 데이터전송구간의 길이 $t^*_{DM}(n_V, n_S)$은 傳送區間週期 T_f에서 음성전송구간의 길이를 제외한 시간이 된다. 즉,

$$t^*_{DM}(n_V, n_S)=T_f-t^*_{VM}(n_V, n_S)$$
$$=T_f-n_V\cdot T_{VP}+\triangle t_{VP}(n_S) \quad (3)$$

한편 CSMA/CD-TDMA 방식에서는 음성전송구간의 길이는 식(1)과 같이 계산되며 이에 따라 데이터전송구간의 길이 $t_{DM}(n_V)$은 $t_{DM}(n_V)=T_f-t_{VM}(n_V)=T_f-n_V\cdot T_{VP}$가 된다. 따라서 (3)式은

$$t^*_{DM}(n_V, n_S)=t_{DM}(n_V)+\triangle t_{VP}(n_S)$$
$$=t_{DM}(n_V)+\triangle t_{DM}(n_S) \quad (4)$$

이 되며, 본 방식의 데이터전송구간 $t^*_{DM}(n_V, n_S)$은 (4)식에서 보는 바와같이 CSMA/CD-TDMA의 $t_{DM}(n_V)$보다 총 음성휴지기간 $\triangle t_{VP}(n_S)$ 만큼 더 허용되며 이에따라 본 방식의 데이터 傳送性能도 그만큼 改善될 수 있음을 알 수 있다.

한편 전송구간주기 T_f 중에서 음성전송구간이 차지하는 比率인 音聲의 채널配分率 R은 다음과 같이 정의된다. 즉,

$$R=t^*_{VM}(n_V, n_S)/T_f \quad (5)$$

CSMA/CD-TDMA에서는 음성전송구간의 길이가 n_V에 따라 변하므로 음성의 채널배분율도 n_V에 따라 변한다. 그러나 제안된 방식에서는 음성전송구간의 길이가 n_V뿐만 아니라 n_S에 따라서도 변하므로 R도 n_V 및 n_S에 따라 適應的으로 가변된다.

CSMA/CD-TDMA의 데이터 전송구간에서 패킷을 傳送한 데이터국의 수를 n_D, 한데이터패킷의 傳送時間을 T_{DP}, 데이터 load를 1이라하면 정의에 따라 데이터 throughput ρ_D는

$$\rho_D=n_D(1, t_{DM})\times T_{DP}/T_f$$

가 된다. 한편, 제안된 CSMA/CD-TDM/SD의 데이터 throughput ρ^*_D는 데이터전송구간 에 추가 할당된 음성휴지기간 $\triangle t_{DM}(n_S)$을 감안하면

$$\rho^*_D=n^*_D(1, t^*_{DM})\times T_{DP}/T_f$$

가 된다. 따라서 데이터 throughput의 개선율 $\triangle\rho$는

$$\triangle\rho=\frac{(\rho^*_D-\rho_D)}{\rho_D}\times 100\,[\%] \quad (6)$$

로서 음성의 휴지기간을 검출하여 데이터전송에 轉用함으로써 $\triangle\rho > 0$ 가 되어 데이터 throughput 을 $\triangle\rho$[%]만큼 개선할 수 있음을 알 수 있다.

本 方式을 기존의 CSMA/CD/MPD 및 CSMA/CD-TDMA와 解析的으로 比較하기 위해서는, 이들 세 방식들이 데이터전송에 CSMA/CD protocol을 이용하고 있고, 데이터의 전송역기에도 共히 BEB(binary exponential aack-off) protocol을 적용하고 있으므로 stochastic model을 적용하면 된다.

먼저 모델에서 사용할 각 파라미터는 다음과 같다.

a) 網內의 全体데이터局数 N_D
b) 傳送路容量 C (bps)
c) 最遠局間의 거리(network diameter) d(km)
d) 傳送路上의 傳播遅延(propagation delay) τ_0 (sec)
e) 傳送時間軸上의 slot 길이 τ_0 (sec)
f) 패킷길이 l_P(bits) : 이는 特定確率分布를 가질수 있으며 그 平均을 l_P라고 한다.
g) τ_0로 正規化된 packet 길이 $x_P = \frac{l_P}{C \cdot \tau_0}$
이의 確率的 平均은 $\bar{x}_P$, probability generating function (pdf)은 $G_{x_P}(z)$
局當 패킷발생 시간간격은 그 確率 平均이
h) $\frac{1}{\sigma}$ 인 指数函数分布
i) 各 슬롯시작점에서의 網의 狀態 (n, c), n은 이 시점에서 網의 패킷保有局数이고, c 는 이 시점까지의 충돌回数 (collision count)
j) 충돌에 따른 再傳送遅延은 그 平均이 m(c) (BEB에서는 $m(c) = 2^{c-1} \cdot (2\tau)$)라고 하면

狀態 (n, c)에서 傳送路가 idle 일때 局이 해당 슬롯에서 傳送할 確率 $p_t(n, c)$ 는

$$p_t(n,c) = \begin{cases} 1 & (c = 0) \\ \dfrac{\tau}{m(c)} & (c \geqq 1) \end{cases} \tag{7}$$

여기서

$m(c)$는 $m(c) = 2^{c-1} \cdot (2\tau)$ (8)

이 된다. 따라서 경쟁기간(contention period)의 슬롯 시작점에서 網이 상태 (n, c)에 있을 때, 해당 슬롯에서 전송에 성공할 확률을 $p_s(n, c)$, 슬롯이 idle일 확률을 $p_i(n, c)$, 충돌이 일어날 확률을 $p_c(n, c)$ 및 새로운 패킷이 발생할 확률을 $p_a(n, c)$라고 하면, 이들은 各各 다음과 같다.

$$p_s(n,c) = n \cdot p_t(n,c) \cdot \{1 - p_t(n,c)\}^{n-1} \tag{9}$$

$$p_i(n,c) = \{1 - p_t(n,c)\}^n \tag{10}$$

$$p_c(n,c) = 1 - p_s(n,c) - p_i(n,c) \tag{11}$$

$$p_a(n,c) = 1 - e^{-(N_D - n)\sigma} \tag{12}$$

한편 그림6-1에서와 같이 各 局이 傳送路를 점유하기 위하여 전송로를 access하는 기간을경쟁기간(contention period), 전송로를 점유한후 전송에 성공하여 한 패킷을 전송한 기간을 전송기간(transmission period)이라 하고 이를 합쳐 한 싸이클(cycle)이고 하면, 平均사이클길이 $T_{cyc}(n)$는 (9)~(12)式을 이용하여

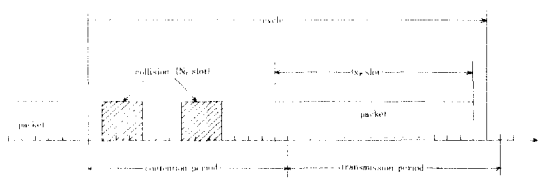


그림 6-1 경쟁기간및 전송기간
Definition of a cycle.

$$Tcyc(n) = T_{ic}(n, 0) + \bar{x}_P \tag{13}$$

로 구해진다. 여기서 $T_{ic}(n, 0)$는 상태 (n, 0)에서의 경쟁기간으로 부하가 커지면 커지는 값이다.

지금 各 싸이클의 시작점에서 網의 상태를 관측하면 網의 狀態천이는 imbedded Markov chain을 이루며, 平均値를 이용하여 이를 近似解析[7]하면 throughput ρ와 이 ρ로 正規化된 지연(delay)을 各各 다음과 같이 구할 수 있다. 즉,

$$\rho = \frac{\bar{x}_P}{\sum_{i=0}^{N_D-1} \pi_i \cdot T_{cyc}(i)} = \frac{\bar{x}_P}{T_{cyc}} = \frac{N_D \cdot \bar{x}_P}{N_D \cdot T_{cyc}} \quad (14)$$

여기서 $T_{cyc} = \sum_{i=0}^{N_D-1} \pi_i \cdot T_{cyc}(i)$

$$D = \frac{N_D \cdot T_{cyc} - (N_D - 1) \sum_{i=0}^{N_D-1} \frac{1-R_i}{1-e^{-\sigma}}}{\bar{x}_P} \quad (15)$$

여기서 π_i는 정상상태 확률이고, $R_i = e^{-\sigma \cdot T_{cyc}(i)}$ 이다.

(14)式의 마지막 등식은 throughput의 정의가 전체 전송구간 중에서 실제 데이터패킷의 전송에 소요된 시간비율을 의미함을 말해준다. 따라서 데이터負荷를 l, 한 데이터패킷의 전송시간을 $\bar{x}_P = T_{DP}$라 하고, 데이터전송구간 t_{DM}동안 전송된 데이터패킷 數를 $n_D(l, t_{DM})$이라고 하면, 본 시스템에서는 그림 6에서 보는 바와같이 $T_f = t_{VM} + t_M$ 동안 $n_D(l, t_{DM}) \cdot T_{DP}$만큼 만이 실제의 데이터전송에 쓰였으므로 throughput ρ_D는

$$\rho_D = \frac{n(l, t_{DM}) \cdot T_{DP}}{t_{VM} + t_{DM}} = \frac{n(l, t_{DM}) \cdot T_{DP}}{T_f} \quad (16)$$

가 된다. (16)式에서 T_{DP} 및 T_f가 일정하면 ρ_D는 $n_D(l, t_{DM})$에 비례함을 알 수 있다. 그런데 t_{DM}은 $T_f - t_{VM}$이므로 음성전송구간t_{VM}이 짧아야 상대적으로 길어질 수 있고, 이 t_{VM}이 줄어들면 패킷발생율이 일정할 때 t_{VM}동안 새로 패킷을 발생한 데이터局数가 줄어들어 데이터 부하 l이 감소함을 알 수 있다. CSMA / CD에서 負荷 l이 감소하면 경쟁구간 T_{ic} 및 싸이클 길이 T_{cyc}가 감소하여 $n_D(l, t_{DM})$이 증가하므로 (16)式의 throughput ρ_D를 증가시킬 수 있다. 따라서 데이터/음성 공용의 CSMA/CD 버스에서 모우드분리형의 경우에는 가급적 음성전송구간 t_{VM}을 줄여 데이터전송구간 t_{DM}을 길게 해 줌으로써 throughput을증가시킬 수 있다. 그런데 전술한 바와 같이 CSMA / CD / MPD, CSMA / CD - TDMA 및 CSMA / CD - TDM / SD는 各各 음성전송protocol 및 음성휴지부 처리의 차이에 따라 各各의 음성전송구간을 $t_{VM|MPD}$, $t_{VM|TDMA}$ 및 $t_{VM|TDM/SD}$ 라고 할 때, 이들 사이에는

$$\left.\begin{aligned} t_{VM|MPD} &> t_{VM|TDMA} > t_{VM|TDM/SD} \\ t_{DM|MPD} &< t_{DM|TDMA} < t_{DM|TDM/SD} \end{aligned}\right\} \quad (17)$$

의 관계가 성립하며, 따라서

$$\rho_{D|MPD} < \rho_{D|TDMA} < \rho_{D|TDM/SD} \quad (18)$$

의 관계를 얻을 수 있다.

한편 음성구간 t_{VM}동안에는 데이터국은 데이터패킷을 전송하지 못하므로 (15)式의 delay도 다음과 같이 바뀌어야 한다.

$$D = \frac{T_f - [n(l, t_{DM}) - 1] \sum_{i=0}^{n(i, t_{DM})-1} \frac{1-R_i}{1-e^{-\sigma}}}{T_{DP}} \quad (19)$$

(19)式의 의미는 $t_{VM}(=T_f - t_{DM})$도 데이터 지연에 포함되어야 하며, 또한 데이터전송구간만이 데이터의 실제 전송기간임을 의미한다. 따라서 (17)式의 관계로부터

$$D_{|MPD} > D_{|TDMA} > D_{|TDM/SD} \quad (20)$$

의 관계를 얻을 수 있다. 이상의 타당성을 확인하기 위하여 시뮬레이션을 행하였다.

Ⅲ. 性能評價 및 考察

시뮬레이션을 통하여 提案된 CSMA / CD - TDM / SD방식을 適用한 LAN의 性能을 評價하고, 그 결과를 旣存의 傳送區間分離形인 CSMA / CD / MPD 및 CSMA / CD - TDMA 方式을 適用한 경우와 比較하였다. 性能評價를 위해 택한 LAN의 각 파라미터는 표 1과 같다.

그림 7은 음성의 채널배분율 R에 따른 허용최대링크수 $n_{VL\,max}$를 비교한 것이다. 이 $n_{VL\,max}$는 음성전송에 할당된 채널용량하에서 채널이 수용할 수 있는 최대음성링크수로 정의된다. 음성패킷의 길이 L_{VP}는 T_f 동안 V_R의 속도로 符號化되는 음성비트와 음성패킷의 overhead를 합한 것

표 1 시뮬레이션 파라미터
Simulation parameters.

Channel capacity, C=10Mbps
LAN diameter, , D= 1km
Back-off slot time, $\tau=50\mu$sec
Silence detection slot time, $T_{SD}=30\mu$sec
Data packet length, $L_{DP}=5,000$bits
Voice packet overhead, H=200 bits
Voice coding rate, $V_R=32$kbps, 64 kbps
MP length, $2\tau=100\mu$sec
Mode cycle, $T_f=25$msec

이므로

$$L_{VP}=V_R\times T_f+H \tag{21}$$

로 계산되어 V_R이 각각 32kbps 및 64kbps 일 경우 L_{VP}는 각 각 1,000bits 및 1,800bits가 된다. CSMA/CD/MPD에서는 채널배분율이 고정되어 있고, CSMA/CD-TDMA에서는 n_V에 따라 가변된다. 그러나 본 방식에서는 前述한 바와 같이 채널배분율이 n_V 및 n_S에 따라적응적으로 가변된다. 한편, T_{SD}는 V_R에 관계없이 일정하지만 L_{VP}는 (7)식에서 보는 바와같이 V_R에 비례하여 증가하므로 V_R이 커지면 음성휴지기간검출의 효과도 커진다. 따라서 그림 7에서 보는 바와 같이 R이 0.5이고 V_R이 32kbps일 경우에는 제안된 방식의 $n_{VL\,max}$는 음성을 경쟁프로 토콜인 CSMA/CD로 전송하고 있는 CSMA/CD/MPD의 약 2배 정도이고, 음성을 휴지부 검출없이 TDMA로 전송하는 CSMA/CD-TDMA의 $n_{VL\,max}$에 비해서는 약 61% 정도 증가됨을 알 수 있다. CSMA/CD/MPD의 $n_{VL\,max}$가 적은 것은 음성을 경쟁프로토콜인 CSMA/CD로 전송하므로 contention period가 전송효율을 TDM보다 저하시키기 때문이며, CSMA/CD-TDMA의 경우에는 동일채널배분율에 대하여 TDM/SD 방식보다 n_V가 무척 적어지기 때문이다. 또한, 64kbps일 경우에는 $n_{VL\,max}$가 CSMA/CD-TDMA보다 약 79%정도 증가되어 본 방식에서는

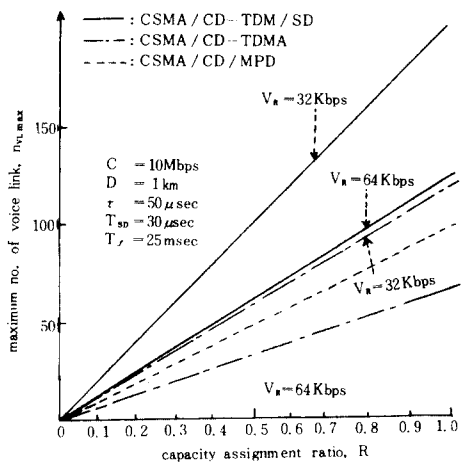


그림 7 채널配分率과 最大許容音聲링크數
Capacity assignment vs. maximum number of voice links.

音聲符號化速度가 빠를수록 음성패킷의 길이가 길어져서 음성휴지기간의 검출에 의한 효과가 커지므로 음성부호화속도가 늦을 경우보다 상대적으로 좀 더 많은 비율의 음성링크를 사용할수 있음을 알 수 있다.

데이터의 傳送性能을 評價하기 위한 시뮬레이션은 제안된 시스템에 다음의 假定을 附加하여 enevnt scheduling 방식으로 행하였다.

1. 網內의 전체 局数를 N(N=350), 데이터局数를 N_D, 音聲局数를 N_V라 가정한다.

2. 데이터패킷버퍼는 單一버퍼, 음성패킷버퍼는 二重버퍼이다.

3. 데이터패킷의 interarrival time은 그平均이 $1/\lambda$인 指数分布를 갖는다. λ는 패킷의 arrival rate이다.

4. 모든 局의 음성부호화속도는 동일하다.

5. Silence-packet의 발생확률은 평균 60%이다.

그림 8은 본 시뮬레이션 프로그램의 흐름도이다.

음성부호화속도가 32kbps인 coder를 사용할 경우 일정한 음성링크수에 대해 각 傳送方式의 데이터 전송성능을 비교한 결과는 그림 9와 같다. 그림과 식(6)에서 알 수 있는 바와 같이 링크설정된 音聲局数 n_V가 50局일 때는 동일 데이터遲延(20msec)에서 제안된 방식의 最大 데이터thr-

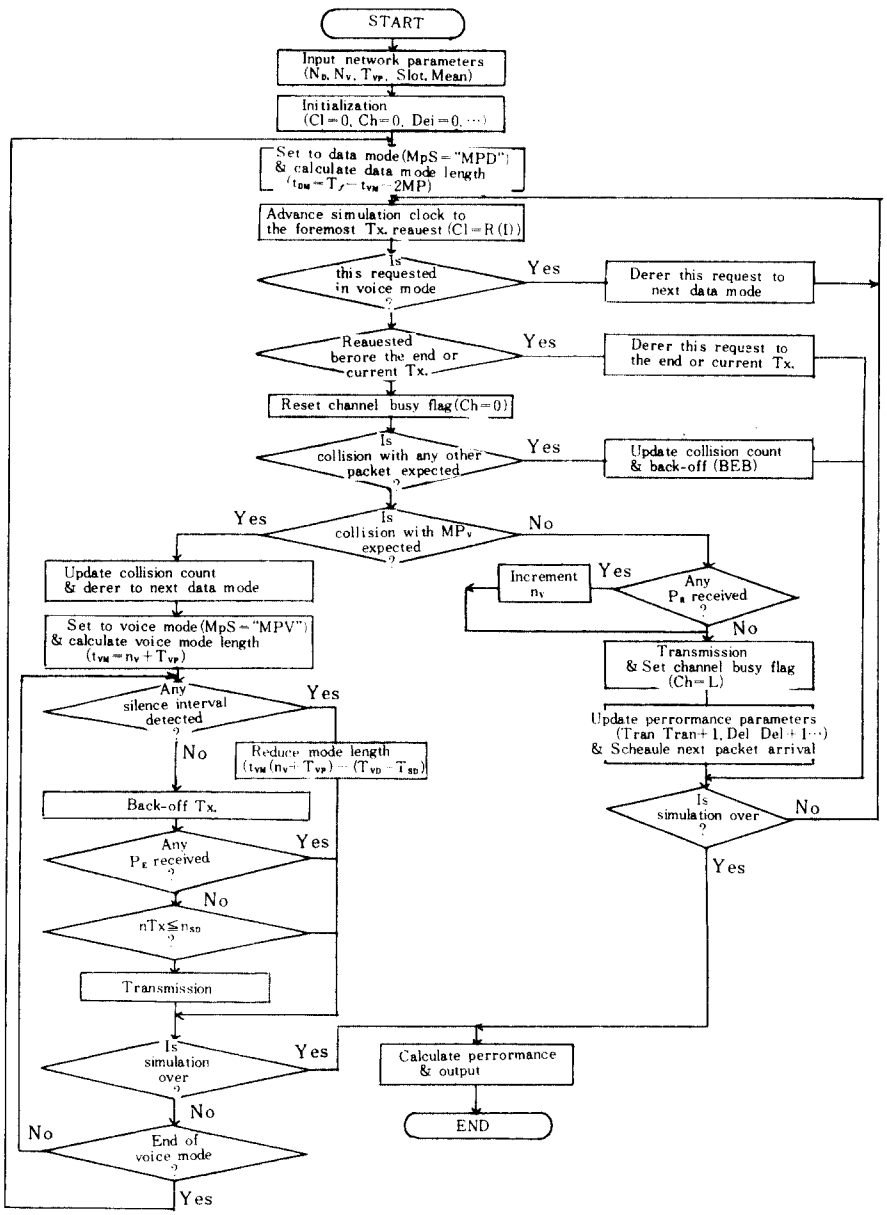


그림 8 시뮬레이션 흐름도
Simulation flow chart.

oughput은 CSMA / CD-TDMA에 비해 약 7.6 % 정도밖에 개선되지 않았으나, n_v가 커지면 확률적으로 휴지상태인 음성국도 많아지므로 n_v가 100국일 경우에는 CSMA / CD / MPD보다는 42 %, CSMA / CD-TDMA보다는 13%정도의 최대 데이터 throughput의 改善을 볼 수 있었다. 또한, n_v가 150국일 경우에는 CSMA / CD-TDMA보다 약 23% 정도 개선되므로 n_v의 증가에 따라 데이터 전송성능의 개선율도 증가됨을 알 수 있다.

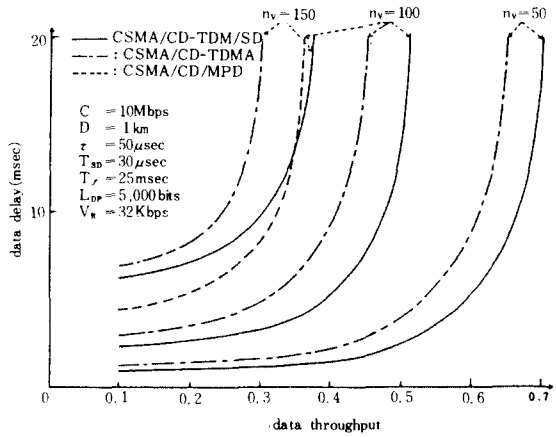


그림 9 각 전송방식의 데이터전송 특성(V_R=32kbps)
Data transmission characteristics for each scheme at V_R=32 kbps.

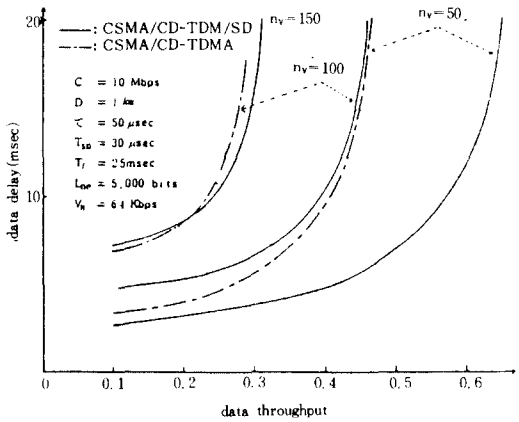


그림 10 각 制御方式의 데이터傳送特性
Data transmission characteristics for each scheme at V_R=64Kbps.

그림10은 音聲符號化速度 64 kbps의 Coder 를 사용할 경우 데이터의 전송성능을 CSMA/CD-TDMA와 비교한 것이다. 음성패킷의 길이 L_{VP}는 V_R에 비례하여 길어지고 이에 따라 음성패킷의 전송시간 T_{VP}도 길어진다. 따라서 음성휴지기간이 발생하면 이의 檢出에 依한 $\triangle t_{DM}(n_S)$ 도 커지므로 데이터의 전송성능이 더욱 향상된다. 그림에서 보는 바와 같이 n_V가 각각 50국 및 100국일 때 최대 데이터 throughput은 CSMA/CD-TDMA의 경우에 비해 각 각 29% 및 58% 정도씩 개선됨을 알수 있다.

표 2는 지금까지 언급한 旣存의 方式들과 제안된 방식을 요약하여 정리한 것이다. CSMA/CD/MPD에서는 CSMA/CD의 DOPB 프로토콜을 사용하여 해당 음성전송구간에서 전송시킬 음성패킷수를 추정하며, 음성을 CSMA/CD로 전송하기 때문에 음성휴지기간에 대한 제어는 자동적으로 행해진다. CSMA/CD-TDMA 에서는 음성을 TDMA로 전송하면서 음성부하의 크기에 따라 채널배분율을 적응제어하며 음성휴지기간에 대한 제어는 고려되지 않고 있다. 본 방식에서는 음성을 TDM으로 전송하면서 음성휴지기간을 감안한 실질 음성부하에 따라 채널배분율을 적응제어하므로써 채널을 보다 효율적으로 사용할 수 있도록 하고 있다.

표 2 각 제어방식의 비교
Comparison of each control scheme.

		CSMA/CD/MPD	CSMA/CD-TDMA	CSMA/CD-TDM/SD
전송방식	데이터	CSMA/CD(BEB)	CSMA/CD(BEB)	CSMA/CD(BEB)
	음 성	CSMA/CD(DOPB)	TDMA	TDM/SD
음성통화량계산		추 정	count	count / update
음성휴지기간처리		자동제어됨	고려않음	감지 및 제어됨

Ⅳ. 結 論

버스形 데이터/음성 공용 LAN에서 채널사용을 데이터및 음성전송구간으로 분리하고 데이터는 CSMA/CD로, 음성은 TDM으로 전송하되 각 음성국의 休止期間을 檢出하여 이를 데이터전송구간에 할당함으로써 실질 音聲負荷에 따라 채널배분율을 적응제어할 수 있는 CSMA/CD-TDM/SD 방식을 제안하였다. 본 방식에서는 음성을 TDM으로 전송하므로 음성패킷을 기각됨이 없이 실시간 전송할 수 있으면서도 데이터의 전송성능을 향상시킬 수 있다. 시뮬레이션 결과, 제안된 방식에서는 각 음성국의 휴지기간을 검출하여 이를 데이터전송에 轉用함으로써 기존의 방식CSMA/CD-TDMA및 CSMA/CD/MPD

와 비교할 때 동일의 음성링크수 $N_v=100$에 대해서 데이터의 troughput를 각각 13% 및 42% 씩 개선시킬 수 있었다. 또한 음성의 휴지기간을 제외시키기 때문에 同一 크기의 음성전송구간에 대해서는 기존의 방식들 보다 허용 최대링크 수도 증대시킬 수 있었다.

參 考 文 獻

(1) G.J. Nutt, and D.L. Bayer, : Performance of CSMA / CD networks under combined voice and data loads, IEEE Trans. on Comm., vol. COM-30, no. 1, pp. 6-11, Jan. 1982.

(2) N.F. Maxemchuk, : A variation on CSMA / CD that yields movable TDM slots in integrated voice / data local networks, B.S.T.J., vol. 61, no. 7, pp. 1527-1550, Sep. 1982.

(3) I. Chlamtac, : An Ethernet compatible protocol for real-time voice / data integration, Computer Networks and ISDN Systems, Elsevior Science Publishers B.V., pp. 81-96, 1985.

(4) H. Okada. : CSMA / CD / MPD access control method in bus-type local area networks in integrated data and voice, Trans. of IECE, Japan, J67-D: 117-124, Jan. 1984.

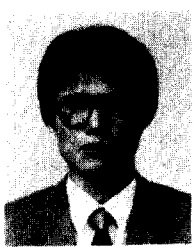
(5) 조건행, 최홍문 : 데이터와 음성 공용 LAN에서의 채널적응배분식 CSMA / CD-TDMA 제어방식, 대한전자공학회 추계종합학술대회논문집, vol. 8 pp. 387-390, 1985.

(6) T. Bially, et al. : Voice communication in integrated digital voice and data networks, IEEE Trans. on Comm. vol. COM-28, pp. 1478-1490, 1980.

(7) Y. Nomura, H. Okada & Y. Nakanish: Performance Evaluation of CSM / CD with Various Back-off Protocols, Trans. of IECE, Japan, J67-D, no. 2, pp. 184-191, 1984.

(8) L.F. James, et al. : Speech coding, IEEE Trans. on Comm., vol. COM-27, pp. 710-736, 1979.

(9) J. F. Shoch, : Carrying voice traffic through an Ethernet local networks-a general overview, Local Network for Computer Communications, North-Holland Publishing Co. IFIP, pp. 429-446, 1981.



黃 炳 文(Byung Moon HWANG) 準會員

1961年 1月14日生

1980年~1984年 : 慶北大學校 工科大學 電子工學科(工學士)

1985年~1987年 : 慶北大學校 工科大學 電子工學科(工學碩士)

1987年~現在: 三星綜合技術院 情報시스템研究所 S/W研究室 data 通信팀(研究員)

崔 興 文(Heung Moon CHOI) 正會員

1944年 5月17日生

1966年 2月 : 仁荷工大 電子工學科 卒業(工學士)

1974年 2月 : 仁荷大學校 大學院 電子工學科(工學碩士)

1986年 9月 : 仁荷大學校 大學院 電子工學科 博士課程 修了

1974年11月~1984年 3月 : 慶北大學校 工科大學 電子工學科 專任講士, 助教授

1982年12月~1983年12月 : New York州立大學校 客員教授

1984年 4月~1987年現在 : 慶北大學校 工科大學 電子工學科副