

論 文

데이터 / 音聲 共用 LAN에서의 CS/MLBP 豫約制御方式

準會員 李 在 眞*, 正會員 崔 興 文**

A CS/MLBP Reservation Control Scheme in Integrated Data/ Voice Local Area Networks

Jae Jin LEE*, Heung Moon CHOI** *Regular Members*

要 約 데이터와 音聲 共用的 近距離 通信網에서 메시지의 種類와 局의 位置에 따라 優先權을 부여하고, 局의 數에 關 係없이 단지 2 비트만으로 傳送豫約 可能한 CS/MLBP(carrier sense/message and location based priority)豫約制御方 式을 提案하였다. 提案된 方式에서는 局數에 關係없이 예약비트가 단지 2 비트이므로 예약시간이 짧아 網의 delay-thro- ughput 특성이 좋아지고, 高負荷에서 音聲패킷의 棄却率도 적을 뿐만아니라 局數의 增加가 delay-throughput 특성에 影響을 주지 않는 長點이 있다. 시뮬레이션을 통하여 本 方式의 傳送性能을 評價하고 DSMA(distributed scheduling multiple access)를 利用한 方式⁶⁾과 比較하였다.

ABSTRACT This paper proposes a CS/MLBP(carrier sense/message and location based priority) reservation scheme in integrated data/voice local area networks. In this scheme reservation can be done with only 2 reservation bits regardless of the total number of stations in the network. Thus the reservation time is shorter than that of DSMA scheme⁶⁾ where reservation time is proportional to the logarithm of the total number of stations. Simula- tion results show that, as compared to DSMA scheme, this control scheme improves the delay-throughput charac- teristics of both the data and the voice traffic, reduces the lossrate of voice packet at heavy load. Results also show that the performance of the proposed scheme is independant of the total number of the stations allowed.

1. 序 論

最近의 近距離 通信網에서는 音聲과 데이터 등

異種의 情報를 함께 효율적으로 傳送하기 위한 研究가 활발하며 특히 CSMA/CD(carrier sense multiple access/collision detection)를 基本으 로하여 데이터의 傳送能을 低下시키지 않고 音 聲을 實時間 傳送 할 수 있는 方法^{(2)~(4)}에 關하 여 많은 研究가 進行되어 왔다. 이들 CSMA/CD 制御方式의 버스형網은 확장성 및 신뢰성이 우수 하고 費用이 적게든다는 長點이 있는 반면에 패

*慶北大學校 電子工學科
Dept. of Electronics Kyungpook National University
Taegu, 635, Korea
論文番號 : 87-17(接受 1987. 3. 12)

킷거리의 충돌이 생길 수 있으므로 高負荷에서 網의 傳送性能이 急激히 低下되고 多元트래픽處理에 不適合하다는 短點을 가진다⁽⁴⁾. 따라서 데이터와 음성 共用的 近距離 通信網에서 CSMA/CD 網의 이러한 短點을 解決하기 위하여 Tokinaga⁽⁶⁾는 DSMA⁽⁵⁾(distributed scheduling multiple access)를 利用하여 음성을 實時間 傳送하면서 과도한 데이터패킷의 지연을 방지할 수 있는 부채널을 사용한 적응적 예약제어방식을 提案하였다. 이 방식에서는 음성의 實時間 傳送을 위해 데이터局보다 음성局에 더 높은 번지수를 할당하고, 이로 인한 데이터패킷의 과도한 遲延을 防止하기 위하여 限界值 以上の 지연이 생긴 데이터局에는 豫約의 最優先權이 부여된다. 이 방식은 DSMA를 利用하므로 優先權의 導入은 容易하나 局의 數가 많거나 짧은 길이의 패킷이 使用되는 網에서는 傳送性能이 急激히 低下된다는 短點이 있다.

本 論文에서는 데이터와 음성 共用的 近距離 通信網에서 메세지의 種類와 局의 位置에 따라 優先權을 附與하되 局의 數에 關係없이 단지 2 비트만으로 豫約을 할 수 있는 豫約時間이 짧은 CS/MLBP(carrier sense/message and location based priority) 豫約制御方式을 提案하였다. 本 방식에서는 豫約비트가 局數에 關係없이 2비트 이므로 局數의 增加가 傳送性能에 影響을 미치지 않으며, 豫約時間이 짧으므로 음성 및 데이터의 傳送性能을 改善하고 高負荷에서 음성 패킷의 棄却率을 低下 시킬 수 있다. 시뮬레이션을 통하여 本 방식의 傳送性能을 DSMA를 利用한 방식과 比較하였다.

2. CS/MLBP 豫約制御方式의 提案

前述한 바와 같이 DSMA를 利用한 방식에서는 局의 數가 많거나 짧은 패킷이 使用되는 網에서는 傳送性能이 急激히 低下되고 傳送路의 容量이 큰 경우에는 相對的으로 豫約時間이 길어진 것과 같은 效果로 傳送性能의 限界를 갖게된다. 따라서 本 論文에서는 DSMA를 利用한 방식의 이러한 問題點을 解決하기 위하여 음성 및 데이터에 별도의 優先權을 附與하되 同種의 패킷을 가진 局들 끼리는 局의 位置에 따라 優先權을 附與하는 CS/MLBP 豫約制御方式을 提案하였다. 提案된 網의 構造는 그림 1과 같다. 여기서 데이터 버스는 Ethernet을 전제로 하였고 豫約用 制御線은 데이터 버스보다 傳送速度가 낮고 저렴한 케이블을 使用한다. 그림에서 트랜시버는 패킷의 발생, 대기 및 送受信과 채널상태의 감시등을 담당하며 여기에 豫約을 위한 어댑터를 추가하였다.

그림 2는 提案된 시스템에서 데이터 버스를 제외한 豫約制御回路를 表示한 것이다. 여기서 맨 左測의 局은 豫約비트의 送受信의 同期를 위한 클럭펄스 發生器를 가지며, 發生된 클럭펄스는 클럭라인을 통해 各 局에 傳播된다. 傳送할 패킷을 가진 各 局은 클럭펄스가 自局에 들어오면 RO(request output)라인을 통해 豫約비트를 送信하는 同時에 RI(request input)라인을 통해 한 클럭펄스 주기동안 自局보다 左側의 局으로 부터의 豫約비트의 送信與否를 調査한다. 따라서 예약비

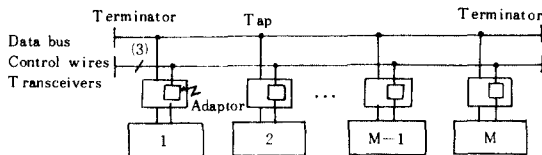


그림 1 CS / MLBP 網의 구성도
System configuration for CS / MLBP.

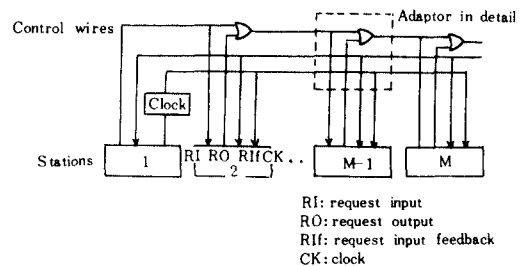


그림 2 예약제어회로의 schematic diagram
Schematic diagram for reservation control circuit.

트를 送信한 局들중 맨 좌측의 局만이 RI 라인을 통한 예약비트가 檢出되지 않으므로 이 局의 豫約이 許容된다. 여기서 패킷의 發生狀況에 따라서는 優先權이 높은 몇몇 局들이 채널을 계속 점유할 境遇가 생긴다. 따라서 各 局에 均衡한 傳送機會를 부여하기 위하여 일단 한 패킷의 傳送을 마친 局은 클럭펄스를 받은 후 RIF(request input feedback) 라인을 통해 一定한 豫約期間동안 豫約비트가 檢出되지 않으면 다음 패킷의 豫約을 始作하도록 하는 round-robin方式을 擇하였다. 표 1은 각 메시지에 대한 豫約비트와 優先順位를 나타낸 것이다. 優先權은 限界值 이상의 遲延이 생긴 데이터, 音聲, 그리고 데이터의 順으로 부여하였다. 여기서는 音聲의 實時間 傳送을 위하여 데이터 局보다 音聲 局에 優先權을 부여하였다. 또한 이로 인하여 어느 데이터 局의 패킷에 이미 設定된 限界值 이상의 遲延이 생기면 이들 局들에는 最優先權을 부여하여 과도한 遲延을 防止할 수 있도록 하였다.

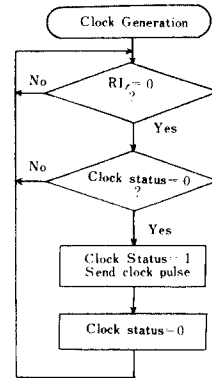
표 1 각 메시지에 대한 예약비트 및 우선순위
Reservation bits and priority for each message.

Reservation bits	Message	Priority
00	no message	4
01	data	3
10	voice	2
11	overdelayed data	1

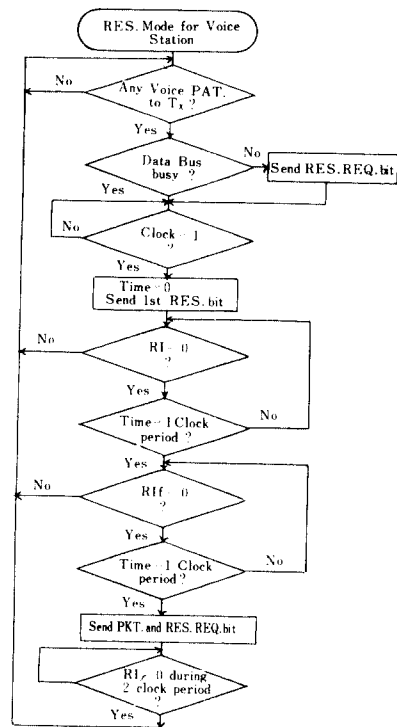
그림 3은 제안된 CS/MLBP 豫約制御方式에서의 클럭펄스의 發生 및 各 局의 豫約制御 흐름도이다. 클럭펄스의 發生機能을 가진 맨 좌측의 局은 그림 3(a)의 制御 흐름도에 따라 클럭을 發生시킨다. 現在 클럭펄스를 發生하고 있지 않은 상태에서 RIF 라인을 통해 豫約要請信號가 들어오면 맨 左側의 局에서는 2주기의 클럭펄스를 發生한다. 이때 클럭펄스의 한 주기는 맨 좌측의 局에서 制御線을 통해 한 예약비트를 送信한 후 다시 받을 수 있는 時間으로 하였다. 그렇게 함으로써 첫째 클럭에서 보낸 자국의 예약신호가 우선권이 높은 좌측국의 예약신호와 충돌했는지의 여부

를 판단할 수 있도록 하였다.

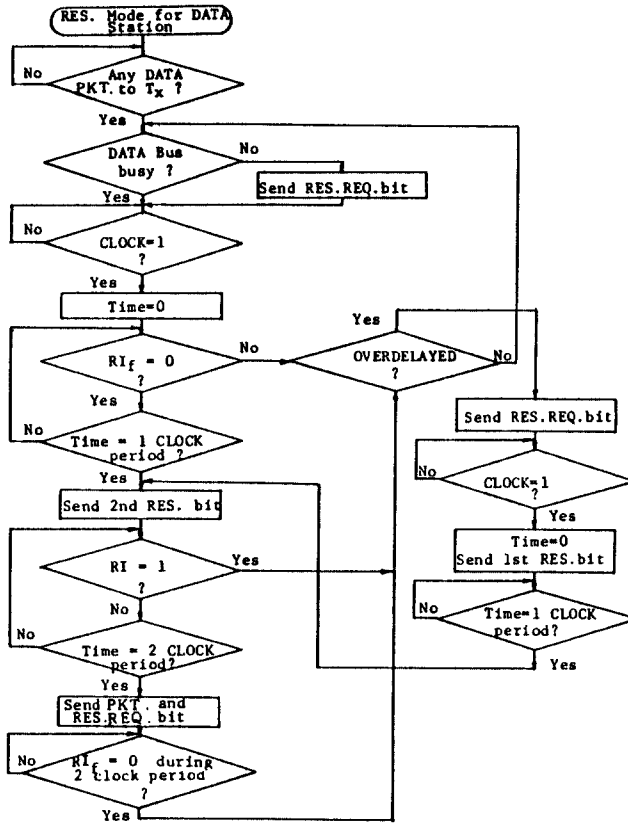
한편 音聲 局에서의 豫約制御 흐름도를 그림 3(b)에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 전송할 音聲 패킷을 가진 局은, 데이터 버스가 idle 이면 RO 라인을 통해 豫約要請信號를 보낸 後, 한 클



(a) Control flow for clock generation of leftmost station.



(b) Reservation control flow for a voice station.



(c) Reservation control flow for a data station.

그림 3 클럭의 발생 및 예약 제어 흐름도.
Control flow for clock generation and reservation.

클럭주기 동안 RI 라인을 통하여 自局보다 左側의 局에서도 豫約비트를 送信하였는 지를 調査한다. 만일 이 기간 동안 豫約비트가 檢出되면 豫約을 중단하고, 檢出되지 않으면 다음 클럭주기 동안 RI 라인을 통하여 自局보다 더 높은 優先權을 가진 局에서도 豫約비트를 送信하였는 가를 調査한다. 만일 이 기간에도 豫約비트가 檢출되지 않으면 데이터 버스가 idle 일때 packets을 전송하는 동시에 RO 라인을 통해 豫約要請信號를 보내어 클럭펄스를 發生시키도록 한다. 또한 各 局에 균등한 傳送機會을 보장하기 위하여 일단 한 packet의 傳送을 마친 局은 클럭펄스가 발생된 후, 2 주기의 클럭펄스 동안 豫約비트가 檢출되지 않을

때 까지 다음 packet의 豫約을 보류하여 round robin方式을 행한다.

데이터 局에서의 豫約制御는 그림 3(c)에서 보는 바와 같이 첫번째 클럭펄스 동안 RI 라인을 통하여 他局으로 부터의 豫約비트 送信與否를 調査한다. 만일 이 기간 동안 豫約비트가 檢출되면 豫約을 중단하고, 檢출되지 않으면 두번째 豫約비트를 送信한 後, RI 라인을 통해 두번째 클럭주기 동안 左側 局들로부터 豫約비트 送信與否를 調査한다. 만일 이 기간 동안에도 豫約비트가 檢출되지 않으면 데이터 버스가 idle 일때 packets을 傳送한다. 또한 그림 3(c)의 RI=1? 판단부분에서 보는바와 같이 데이터 packet의 대기시간이 이미 設

定된 어느 限界值를 넘어서면 두번째 豫約 비트 까지 送信한 後 RI라인을 통해 左側의 局들로부터 豫約비트의 送信與否를 調査하도록 함으로써 設定된 지연시간 이상의 지연을 받은 데이터 패킷에게는 最優先權을 부여하였다.

한편 데이터와 音聲 共用的 網에서 DSMA를 利用한 方式과 本 論文에서 提案한 CS/MLBP 豫約制御方式의 傳送性能을 比較하기 위하여 먼저 이들에 공히 LAN의 직경(最遠局간의 거리) (D)을 1km, 局의 數를 200局이라고 가정하면, 이들 두 方式에 대한 한 패킷의 豫約에 必要한 時間은 다음과 같다. 표 2는 그림 2 및 DSMA의 예약제어 회로에서 예약신호가 RI라인을 출발하여 RO라인에 도달할 때까지의 경로상의 모든 지연시간을 계산한 것으로 다음의 예약시간 계산 및 그동기 판단에 사용하기 위한 것이다. 그림 4-1은 이 계산을 돕기위한 DSMA의 구성도이다.

표 2 제어선에서의 전파지연요소(200국일 때)
Propagation delay budget on control wires(for 200 stations).

Element	DSMA scheme		CS/MLBP scheme	
	Forward path delay (μs)	Return path delay (μs)	Forward path delay (μs)	Return path delay (μs)
Coaxial cable	2.5	2.5	5	5
Transceiver cable	0.25	0.25	0.25	0.25
Transceiver	1.95	1.05	1.95	1.05
Signal rise time	0.15	0.15	0.3	0.3
Total gate* propagation delay	0.7	0	1.4	0

* case for using 74S32 Sum: 9.5 μs Sum: 15.5 μs

1) CS/MLBP 豫約制御方式의 경우

- a. 豫約비트의 數 n는 2bit이다.
- b. 制御線에서의 round-trip delay는 표 2의 要素들에 의해 15.5 μs이다. 따라서 한 패킷의 豫約에 必要한 시간 T_{RES}은 2 × round trip delay = 31 μs가 된다.

2) DSMA를 利用한 方式의 경우

a. 任所비트의 數 n*

$$n^* = \log_2(M + 1) + 2 = 10 \text{ (bits)}$$

- b. 制御線에서의 round-trip delay는 표 2의 要素들에 의해 9.5 μs가 된다. 따라서 한 패킷의 豫約에 必要한 時間 T_{RES}*는 n* × round-trip delay = 95 μs가 된다.

한 패킷의 전송시간 T_p를 100 μs로 하였을 경우 이 둘 두 방식의 豫約 및 패킷 傳送에 대한 timing diagram은 그림 4와 같다. 豫約에 必要한 시간은 앞서 설명한 바와 같이 CS/MLBP의 경우에는 31 μs로서 한 패킷의 전송시간 100 μs에 비하여 1/3미만으로 대단히 적으나 DSMA의 경우에는 예약시간이 95 μs로서 거의 한 패킷 전송시간에 근접한다. 한 패킷의 전송시간에 대한 예약시간의 상대적 크기가 전송性能에 미치는 영향을 그림 4로부터 살펴보면 다음과 같다.

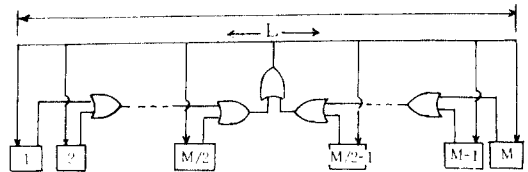


그림 4-1 DSMA 예약회로 구성도
Schematic diagram of DSMA reservation circuit.

그림 4(a)의 DSMA를 利用한 方式의 경우 맨 먼저 패킷의 도착이 생긴 1번국에서 豫約을 시작하여 T_{RES}* 후에 전송을 시작한다. 또한 3번국의 경우처럼 일단 豫約이 시작된 후에 패킷의 도착이 생기면 2T_{RES}* 시간 후에야 패킷의 傳送이 가능하다. 그리고 한 패킷의 전송을 마친 국은 다음 패킷의 전송을 위해서는 T_{RES}*의 idle 기간 후에야 豫約을 할 수 있으므로 각 傳送사이클에는 (2 × T_{RES}* - T_p)만큼의 overhead가 발생한다.

그림 4(b)는 제안된 CS/MLBP 豫約制御方式에서의 豫約 및 傳送動作을 나타낸다. 여기서는 한 패킷의 豫約에 必要한 시간은 31 μs로서 DSMA를 利用한 方式에서 보다 짧고 패킷 전송시간의 1/3에 못미친다. 따라서 各 傳送사이클마다 連續적인 傳送을 할 수 있다. 또한 DSMA를

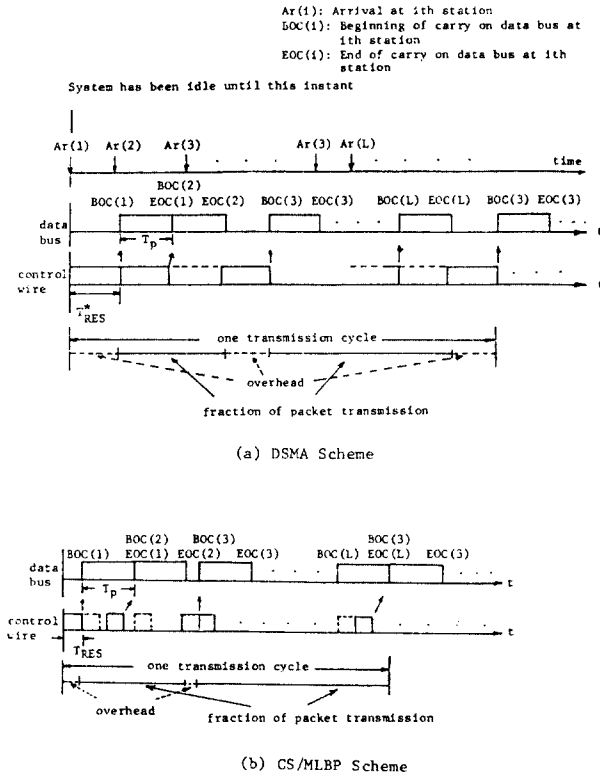


그림 4 예약 및 패킷 전송에 관한 개략적 timing diagram
Approximate timing diagram for reservation and packet transmission.

利用한 방식에 비해 예약시간의 단축으로 인하여 각 局은 적어도 T_{RES}^* 와 T_{RES} 의 差 만큼의 遲延을 적게 경험하여 每 사이클 當 overhead가 작아지므로 채널의 利用率을 높일 수 있음을 알 수 있다.

3. 性能評價 및 考察

提案된 데이터와 음성 共用의 近距離 通信網에서의 CS/MLBP 豫約制御方式의 性能을 評價하고 그 結果를 DSMA를 利用한 방식과 比較하였다. 두 방식의 性能評價를 위해 택한 LAN의 各 파라메터는 다음과 같다.

- a. 傳送路 容量 $C=10$ Mbps
- b. LAN의 직경 (diameter) $D=1$ km
- c. 음성 符號化 速度 $V_R=32$ kbps

- d. 음성패킷의 overhead $H=200$ bits
 - e. 음성패킷의 符號化時間 $T_V=25$ msec
 - f. 음성패킷의 길이 $L_{PV}=V_R \cdot T_V + H = 1000$ bits
 - g. 음성에 대한 채널 割當率 $r=0.5$
 - h. 음성 局의 數 $N_V = r \cdot C \cdot T_V / (V_R \cdot T_V + H) = 125$ 局
 - i. 데이터 局의 數 $N_D=50$ 局
 - j. 데이터패킷의 길이 $L_{PD}=5000$ bits
- 또한 이들 두 방식의 性能을 評價하기 위하여 提案된 시스템에 다음의 假定을 부가하여 시뮬레이션 하였다.
- 성능평가는 豫約신호의 발생자체가 확률모델이므로 豫約신호의 발생확률 분포를 가진 Random noise generator를 利用하여 event scheduling 방식에 의하여 시뮬레이션 하였다.
- a. 데이터 局 및 음성 局의 버퍼는 한 개씩이다.
 - b. 데이터패킷의 발생확률은 平均이 $1/\lambda$ 인 指數分佈를 가진다. λ 는 패킷의 arrival rate이다.
- 提案된 데이터와 음성 共用 LAN에서의 CS/MLBP 豫約制御方式에서 데이터패킷의 待期時間의 限界值 T_h 를 各 各 15ms와 20ms로 한 경우와 데이터 패킷의 遲延에 대한 別도의 制御를 하지

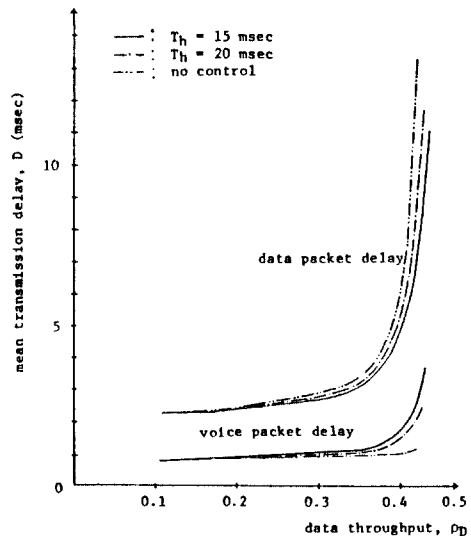


그림 5 평균 패킷 전송 지연 특성
Mean packet transmission delay characteristics.

않았을 境遇에 대하여 音聲 및 데이터의 遲延特性을 시뮬레이션을 통해 구해본 結果 그림 5 와 같았다. 그림에서 보는 바와 같이 데이터패킷의 待期時間의 限界值를 낮게 設定하면 데이터의 傳送性能은 向上되나 音聲의 傳送性能은 惡化되고, 반면에 높게 設定하면 音聲의 傳送性能은 向上되나 데이터의 傳送性能은 惡化됨을 알 수 있다. 따라서 音聲의 實時間 傳送이 保障되는 한도 내에서 데이터패킷의 遲延을 最小化 할 수 있는 最適의 T_h 를 選擇하여야 함을 알 수 있다. 그러므로 T_h 를 15.20 및 25msec로 하였을 경우에 DSMA를 利用한 방식과 CS/MLBP 豫約制御方式의 音聲패킷의 棄去率을 比較하기 위하여 데이터패킷의 到着率이 0.45 및 0.5인 高負荷에서 시뮬레이션한 結果는 표 3 과 같다.

표 3 에서 보는 바와 같이 CS/MLBP를 利用한 방식은 DSMA를 利用한 방식에 비해 豫約時間의 短縮으로 인하여 데이터 패킷의 到着率이 0.45이상인 高負荷에서 音聲패킷의 棄却率이 전반적으로 감소 되었음을 알 수 있다. 또한 音聲의 기각율을 1%이하로 制限할 수 있는 T_h 의 범위는 CS/MLBP制御方式의 경우에는 25msec 정도이나 DSMA를 利用한 방식에서는 25msec 이상이어야 함을 알 수 있었다.

표 3 기각율의 비교
Loss rate comparison.

	DSMA scheme	CS/MLBP scheme		
$T_h \backslash \lambda_D$	0.45	0.50	0.545	0.50
15 msec	0.004	0.08	0.0025	0.051
20 msec	0.001	0.03	0.0005	0.021
25 msec	0.0005	0.015	0	0.008

그림 6 은 데이터와 音聲 共用的 網에서 CS/MLBP 방식과 DSMA를 利用한 방식의 音聲 및 데이터의 傳送性能을 比較하기 위하여 $T_h=20msec$ 로 一定하게 두고 全體局數가 175 및 259局인 경우에 대하여 各各 시뮬레이션한 結果를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 $M=175$ 국인 경우 DSMA를 利用한 방식에서는 最大 throughput,

ρ_{Dmax} 가 0.415였으나 CS/MLBP制御方式에서는 豫約時間의 단축으로 인하여 ρ_{Dmax} 는 0.420으로서 約1.2%정도 throughput이 向上되었고 音聲 및 데이터의 平均遲延도 全般的으로 약간 감소 되었음을 알 수 있다. 또한 全體局數가 255局을 넘어서면 DSMA를 利用한 방식은 한 패킷의 豫約에 필요한 時間이 한 패킷의 傳送時間 보다 길어져 音聲 및 데이터의 傳送性能이 急激히 저하되나, CS/MLBP 豫約制御方式은 局數에 관계 없이 단지 2비트로 豫約을 하므로 傳送性能의 변화가 없음을 알 수 있다.

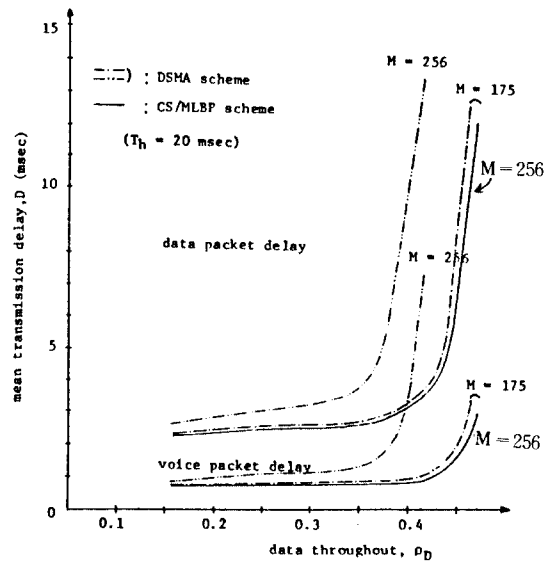


그림 6 각 예약방식에 대한 throughput-delay 특성
Throughput-delay characteristics for each reservation scheme.

표 4 는 T_h 를 20.25 및 50msec로 두었을 경우 DSMA를 利用한 방식과 CS/MLBP 豫約制御方式의 데이터의 傳送性能을 좀더 자세히 알아보기 위하여 30msec 이상의 遲延이 생긴 데이터率을 시뮬레이션을 통해 구해본 것이다. 표에서 보는 바와 같이 두 방식 공히 T_h 를 20msec이하로 두었을 경우에는 30msec 이상 대기한 데이터패킷은 없었으나 T_h 를 높게 設定할 수록 데이터의 지연 특성은 惡化되었다. 또한 CS/MLBP 豫約制御方式이 DSMA를 利用한 방식에 비해 豫約時間의 단축으로 인하여 전반적으로 데이터의 傳送遲延

표 4 30msec 이상의 지연이 생긴 데이터율
Data rate which delayed over 30 msec.

T _n \ λ ₀	DSMA scheme				CS/MLBP scheme			
	0.3	0.4	0.45	0.48	0.3	0.4	0.45	0.48
50msec	0.012	0.02	0.053	0.115	0.008	0.024	0.039	0.067
25msec	0	0	0.003	0.008	0	0	0	0.007
20msec	0	0	0	0	0	0	0	0

이 감소 되었음을 알 수 있었다.

4. 結 論

本 論文에서는 데이터와 音聲 共用的 近距離 通信網에서 메시지 및 局의 位置에 따라 優先權을 부여하되 局의 數에 관계없이 단지 2비트만 으로 豫約을 할 수 있는 CS/MLBP 豫約制御方式을 提案하였다.

本 方式에서는 局數에 관계없이 2비트로 豫約을 하므로 局數의 增加가 傳送性能에 영향을 미치지 않으며, 따라서 豫約時間의 短縮으로 인하여 音聲 및 데이터의 傳送性能을 向上시킬 수 있었다.

시뮬레이션을 통해 本 方式의 傳送性能을 DSMA를 利用한 方式에서의 傳送性能和 비교하였다. 그 結果, 데이터패킷의 待期時間을 一定하게 두고, 총국수를 255국 이하로 한 경우에는 最大

데이터 throughput의 改善幅이 1.2% 정도로 거의 改善되는 바가 없었으나, 총 국수가 256국 이상이 되면, DSMA에서는 豫約비트가 1비트 增加하는 반면 本 方式에서는 變함없이 2비트이므로 DSMA의 경우보다 最大 데이터 throughput을 20%정도 改善시킬 수 있었다. 또한 데이터패킷의 到着率이 0.45이상인 高負荷에서는 音聲패킷의 棄却率도 DSMA의 경우보다 낮출수 있었다.

參 考 文 獻

- (1) R. M. Metcalfe and D. R. Boggs, "Ethernet distributed packet switching for LCN," Comm. of the ACM, vol. 19, no. 7, pp. 395 - 403, July 1976.
- (2) R. F. Maxemchuk, "A variation on CSMA/CD that yields movable TDM slots in integrated voice/data local area networks," B.S.T.J., vol. 61, no. 7, pp. 1527 - 1550, Sep. 1982.
- (3) G. J. Nutt and Q. L. Bayer, "Performance of CSMA/CD networks under combined voice and data loads, IEEE Trans. on comm.) vol. COM-30, pp. 6 - 11, Jan. 1982.
- (4) H. Okada, "CSMA/CD/MPD access control method in bus type LAN for integrated data and voice," IECEJ, Trans. J67-D, no. 1, pp. 117 - 124, 1984.
- (5) J. W. Mark, "Distributed scheduling conflict-free multiple access for local area communication networks," IEEE Trans. on Comm., vol. COM-28, pp. 1968 - 1976, 1980.
- (6) S. Tokinaga, "A traffic control method by adaptive reservation scheme using subchannel on bus type local network for integrated voice and data," IECEJ Trans. J67-D, pp. 557 - 562, 1985.



李 在 眞 (Jae Jin LEE) 準會員
1959年11月7日生
1978年~1985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3月 現在: 韓國電氣通信公社 事業支援本部技術研究部 (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 專任講師, 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 副教授