

Bus 형 LAN의 Contention-Token 혼합형 프로토콜에 관한 연구

金正善
(한국항공대학교 전자공학과)

■ 차 례 ■

| | |
|----------------------------|-----------------------|
| 1. 서 론 | 다. C-모드 |
| 2. 혼합형 프로토콜 액세스 제어방식의 알고리즘 | 라. T-모드 |
| 가. 액세스제어 방식의 배정 | 마. Markov 해석 |
| 나. 모델 설정을 위한 알고리즘 정의 | 5. 혼합형 프로토콜모델에 대한 정량적 |
| 다. 액세스제어방식의 구성 및 동작 | 해석 |
| 3. 혼합형 프로토콜 액세스방식의 모델 선정 | 가. 근사해석방법의 검토 |
| 4. 혼합형 프로토콜 모델 해석 | 나. 해석결과와 고찰 |
| 가. 단위시간장의 정의 | 다. C-모드방식의 특징에 대한 고찰 |
| 나. 단위시간장의 확률 분포 | 라. 고속네트워크에서의 C-모드 방식 |
| 6. 결 론 | 고찰 |

ABSTRACT

A hybrid control method for Local Area Network (LAN) is proposed, realized and analyzed in which good performances are achieved by combining Contention Access of CSMA/CD and Token Access Control use Virtual Token. For quantitative evaluation, the effects of Throughput and Delay characteristics are investigated.

It is shown by simulation that the proposed method is superior to other well known methods (CSMA/CD access control and Token access control) for throughput-delay characteristic and in particular, the success probability of the packet transmission of this method is increased about 23% compared to that of the C-ring method in contention mode.

The easiness, expandability, adaptability to faults and feasibility of the method for constructing a highspeed large capacity network are also considered.

[1] 서 론

정보화 사회의 발전과 함께 전산망의 구축이

용은 불가피하며 전산망 중에서 근거리 전산망은 일정 범위의 지역내에서 전산망의 구축 활용에 많이 이용되고 있다. 현재 LAN의 이용범위

는 대략 10km 이내의 거리와 100Mbps 이내의 전송 속도로 응용되고 있으며, 지속적인 연구에 의하여 이용거리와 전송속도 등이 확장되어 가고 있다^{(1)~(5)}.

LAN을 구성하는 기본 파라미터는 채널의 매체, 네트워크 토폴로지, 채널 접속 프로토콜로 분류된다.

네트워크 토폴로지와 채널 접속 액세스 방식의 적절한 조합은 LAN의 패킷 전송지연(Packet Transmission Delay), 스루풋, 트래픽 비(Traffic Rate) 등이 성능에 중요하게 관련된다.

현재 주류를 이루고 있는 액세스방식은 CSMA/CD 방식^(18~21, 23~26, 30~35), 토큰 링 방식^(21, 41, 42), 토큰 버스 방식^(21, 41)이다.

LAN은 네트워크의 형태와 액세스 방식에 따라 여러방식이 제안되고 있으며, 특히 CSMA/CD 방식과 토큰 링 방식에 대한 성능 평가 및 성능 비교에 관하여 수많은 연구가 보고 되었고 진행 중이다^{(1)~(6)}. 지금까지의 연구 보고에 의하면 첫째, CSMA/CD 방식은 경합형 제어의 저 부하에서 저 지연 특성을 갖으며, 고 부하시에는 패킷 충돌에 의한 전송용량의 손실이 크게 된다. 둘째, 토큰 링 방식은 비 경합형 제어로써 고 부하시에 고 스루풋을 유지하지만, 저 부하에서는 비교적 높은 지연을 나타내며, 토큰 자신의 관리제어에 문제점을 갖는다. 또한 접속의 용이성 면에서 이더넷(Ethernet)의 CSMA/CD 방식에 비하여 불리하다.

본 논문에서는 지금까지 여러 연구결과를 비교 검토함으로써 LAN의 평가방식에 준하여 가장 유리한 특성의 액세스 제어방식으로 판단되고 있는 버스(Bus)형의 이더넷에서 혼합형 액세스 제어방식인 이더넷-경합-토큰(Ethernet-Contention-Token) 방식의 제안과 군사 해석을 하므로써, 타방식에 비하여 유리한 점을 비교 평가하는 것을 목적으로 한다.

본 방식의 근본적인 개념은 C-링 방식과 유사하나 LAN의 목적과 앞으로 발전 방향을 고려하여 볼때, 지금까지는 단독적 소유로 동일구내에서 고속 데이터 전송에만 주로 설치 운용되고 있는 상태이며, ISDN(Integrated Service

Digital Network)의 진행에 따라 공중회선망과 PBX(Private Branch Exchange)나 CATV(Community Antenna TV)와 연결하여야 할 필요성이 커져가고 있으므로 한정된 단독망으로만 존재할 수가 없는 현상태임을 직시하여, 버스 구조나 성형(Star) 구조가 링이나 루프(Loop) 구조 등 다른 이종망에 비하여 연결성 확장성에서 유리하므로 버스 구조 네트워크에서 이 방식에 대한 실현성, 해석 방법의 모색, 비교 평가 등에 관하여 연구할 가치가 있다고 생각하였다.

2] 혼합형 프로토콜 액세스 제어방식의 알고리즘

가. 액세스 제어 방식의 배경

이더넷은 쌍방향성 네트워크로서 CSMA/CD 방식의 제어 방식인 경합형 제어방식으로 액세스하며, 이 경우 고 부하시 패킷의 충돌증가에 따른 스루풋 저하가 현저하게 나타나므로 LAN의 효율이 떨어진다.

토큰 패싱 방식 제어의 액세스에서는 토큰 자신의 문제점과 저 부하시에 지연 특성상의 단점이 LAN의 성능을 저하시킨다^(30, 43).

이러한 결점을 보완하기 위하여 C-토큰 방식에서는 단 방향성 링 네트워크에서 CSMA/CD 방식에 준한 제어방식에 패킷 연결기능을 부가함으로써, 비교적 간단한 방법으로 경합형 제어와 토큰형 제어의 혼합형 액세스 제어방식의 실현을 도모하였다.

그러나, C-링 방식은 링 네트워크이므로, 실제 LAN을 구성함에 있어 버스 네트워크 구조에서 보다 불리한 점이 많다^{(7)~(10)}. 제어 액세스 개념을 거의 동일하게 하고, LAN의 구성을 버스 네트워크 구조로 할 경우 모든 면에서의 단점을 최대한 보완시킨 LAN 구성이 가능하다.

즉, 버스 네트워크 구조에서 경부하시에는 CSMA/CD 방식의 경합형 액세스 제어를 하며, 고부하시에는 토큰 방식으로 패킷 연결 기능을 부가하여 제어하는 혼합형(Contention-Token:

C-토큰) 제어 방식을 채택하여 실현하도록 한다.

제어 액세스 모드를 경합모드와 토큰 모드로 하여 각 단말이 전송로를 검지했을 때, 전송로 상에 유효 패킷(이더넷상에 충돌없이 전송되는 패킷)이 존재하지 않을 경우에는 경합 모드로 전송로 상에 유효패킷의 종단부(가상 토큰)를 확인했을 때는 버스 네트워크 구조의 구조적 순위를 고려한 토큰 모드로 충돌이 일어나지 않는 전송을 할 수 있도록 한다.

이러한 두 모드는 네트워크 상의 트래픽상태에 따라 네트워크의 하드웨어 구조적 변동없이 액세스 제어 소프트웨어에서만 동적으로 천이한다.^{43), 44), 47), 49)~56)}

나. 모델 설정을 위한 알고리즘 정의

모델 설정을 위하여 패킷 전송 요구를 받은 단말(패킷 보유국)은 다음과 같은 알고리즘에 따라 전송하는 것으로 정의한다.

- 단계 1 전송로의 상태를 검지한다.
- 단계2-1 전송로가 유향(Idle) 상태일 때, 경합 모드로 패킷을 전송한다.
- 단계2-2 전송에 성공한 경우에는 패킷종단부와 함께 어드레스(송신 단말 위치표시)를 송출하고 단계 1로.
- 단계2-3 패킷 충돌을 검지하면, 백 오프(back off)상태로 천이하고 단계 1로.
- 단계3-1 타국의 유효패킷의 전송을 검지하면, 토큰 모드로 모드 전환과 아울러 패킷 종단부(가상 토큰) 검지시까지 단계 3-1 반복.
- 단계3-2 가상 토큰 검지후 거리측정에 의한 지연 및 상위국의 패킷전송 유무 확인.
- 단계3-3 상위국의 패킷전송 검지시 백 오프 상태로 천이하고 단계 3-1로.
- 단계3-4 상위국의 패킷 전송을 검지하지 못한 경우는 자국패킷의 전송과 함께 종단부 어드레스 송출후 단계 1로.

다. 액세스 제어 방식의 구성 및 동작

토큰 모드에서 유효 패킷의 검지와 함께 가상

토큰(어드레스 포함)을 검지하면, 가상 토큰에 포함된 어드레스로부터 패킷 전송이 종료된 단말과 자국간의 상대 위치를 산출할 수 있으며 이에 따라 필요시에는 일정시간 만큼 지연후 유효 패킷 전송의 유무를 확인한 후 단계3-3 혹은 단계3-4를 실행한다.

버스 네트워크에서는 링 네트워크와 달리 패킷송신 종료국으로부터 송출되는 토큰은 단일방향으로 전송되지 않고, 쌍방향으로 동시에 전송되므로, 패킷송신 종료국의 위치가 네트워크의 양쪽 종단국 중 하나가 아닌 중간 위치의 단말일 경우에 이 단말로부터 발생한 토큰은 동시에 두개의 단말에 도달하게 되므로, 이들 중 어느 한쪽의 단말은 적당한 시간만큼 지연 후 패킷전송 여부를 결정하여야 한다.

그림 2-1에서 단말 n3이 패킷 전송 종료국인 to에서 송신완료 되었다면 단말 n2와 단말 n4는 같은 거리에 있고, 따라서 토큰의 수신시간은 동일하다. 마찬가지로 단말 n1과 n5도 같다.

이 경우 n1, n2국이나 n4, n5, n6국 어느 한 쪽은 지연 후 액세스를 하여야 하며 패킷송신 종료국으로부터 네트워크 종단부의 거리가 큰 쪽의 단말들이 가까운 쪽 종단부까지 선로 전파 지연시간의 2배만큼 각각 지연시킨 후 패킷전송 여부에 관한 액세스를 하도록 하는 것이 효과적이다.

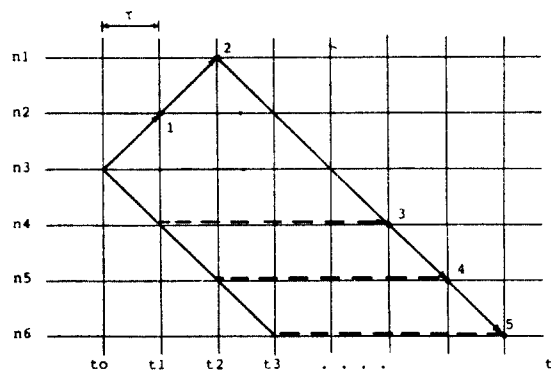


그림2-1 버스상의 국위치와 토큰 전달지연 Node position and token propagation delay on bus.

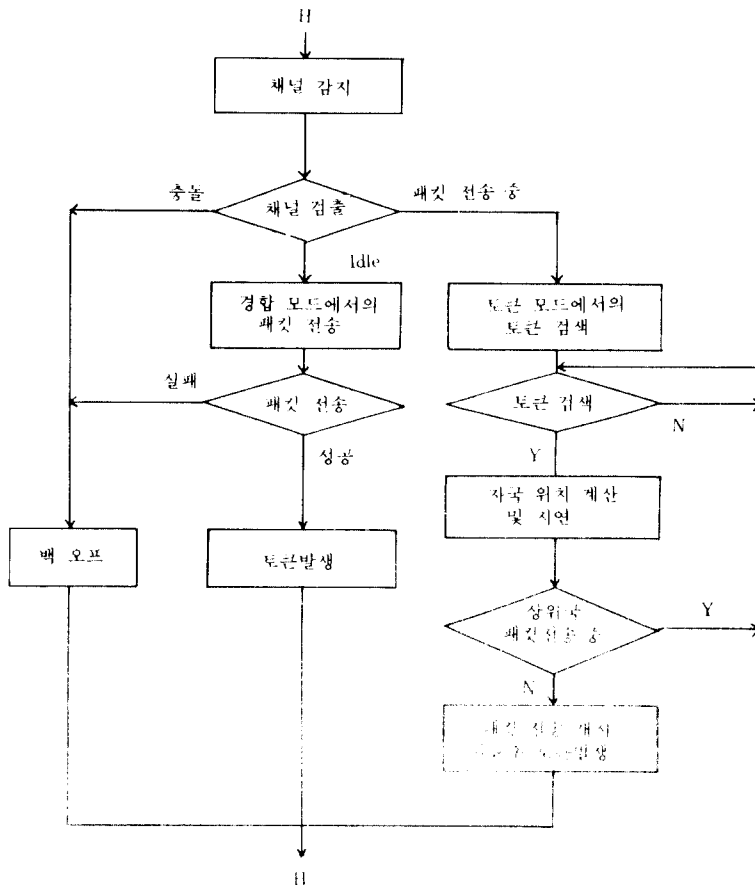


그림2-2 액세스 흐름도
Access flow diagram.

그림 2-1에서 r4, n5, n6 국은 각각 n3 으로부터 n1 까지의 전파 지연이 2 슬롯이므로 4 슬롯 만큼(그림에서 점선표시) 지연을 요한다. 그리고 액세스 국의 순위는 n2-n1-n4-n5-n6 순으로 한다.

본 방식의 액세스 플로는 그림 2-2와 같이 시행하는 것으로 앞에서 검토된 알고리즘에 의하여 패킷 보유국은 채널을 감지하여, 현재 채널의 상태가 충돌, 유희상태, 타국으로부터 패킷의 전송중임을 판단하고, 이에 따라 백 오프 상태, 경합 모드, 토큰 모드로 천이한다.

각 국들간의 액세스 관계는 그림 2-3 과 같은 방법으로 액세스 된다. 즉, 점a에서 n3 국

이 경합모드로부터 패킷송신에 성공하고 전송을 완료하여 토큰 전송까지 완료된 시점(t0) 이라 할 때 Tt와 Tt는 토큰의 전달 지연을 나타내며, 이때 패킷 보유국이 n1, n5, n6, n7일 경우 그림 2-3에서와 같이 n1국이 t3에서 패킷 전송을 시작하여 t5에서 완료했다면 n5국은 t10에서 송신권을 얻게 된다. 이하, 그림 2-3에서와 같은 순서와 방법에 따라 처리되는 것으로 한다.

3] 혼합형 프로토콜 액세스 방식의 모델 설정

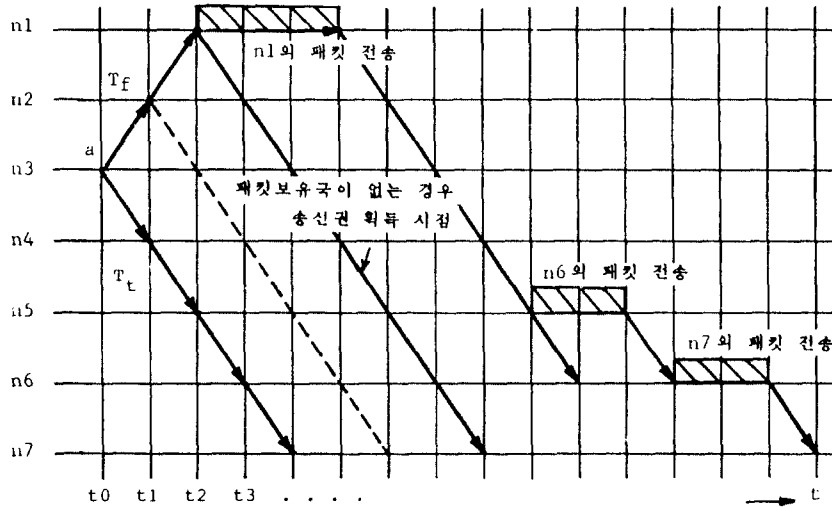


그림2-3 토큰 전달과 패킷 전송관계
Timing diagram of token propagation delay and packet transmission.

해석을 위하여 본 논문에서 구상한 방식을 다음과 같이 모델화 한다.

- 1) 네트워크의 회선 용량은 C (bps)로 한다.
- 2) 종단부에서 종단부까지의 거리를 D (km)로 한다.
- 3) 전체 네트워크에 연결된 국 수는 N 국으로 한다.
- 4) 각 국들의 버퍼 길이는 1로 한다.
- 5) 각 국들간의 거리는 등간격으로 한다.
- 6) 시간축을 일정시간 τ 로 슬롯화하며, τ 는 인접한 두 국간의 전파 지연시간으로 한다.
- 7) 토큰 수신 후 처리 지연시간을 B (bits)로 한다⁽⁵⁾.

$$\tau = D / (2 \times 10^5 \times N) + B / C \quad (3-1)$$

- 8) 각 국 패킷 발생은 평균 λ 의 Poisson 분포에 따르는 것으로 하고, 패킷 발생 확률은 매 슬롯 당 $1 - e^{-\sigma}$ 가 되는 것으로 한다^{(4), (29), (33), (47)}.

단, $\sigma = \lambda \cdot \tau$

- 9) 패킷 길이는 일정 길이 L_p (bit)로 한다. 슬롯을 단위로 하는 패킷 길이 L_{ps} 는

$$L_{ps} = [L_p / C \cdot \tau] \quad (\text{slots}) \quad (3-2)$$

- 10) 네트워크의 상태는 패킷 보유국수 n으로 나타낸다.
- 11) 패킷 보유국의 네트워크내에서의 위치는 확률적으로 정해지는 것으로 한다.
- 12) 각 국은 항상 네트워크 전송모드를 인식하고 있는 것으로 한다.
- 13) 백 오프 상태의 국은 각 슬롯에서 확률 P_d 로 전송로를 액세스하는 것으로 한다.
- 14) 경합 모드에서 패킷 충돌은 N슬롯 내에 처리하는 것으로 한다.
- 15) 토큰 모드에서 다음 토큰 수신 국의 순위는 패킷송신 종료국(토큰 발생국)으로부터 네트워크의 종단에 가까운 인접한 국 순으로 정한다.
- 16) 토큰 발생국으로부터 네트워크 종단부가 먼 거리 쪽이 국들은 그 반대쪽(가까운 쪽) 종단부까지 거리의 전파 지연시간의 2배만큼 지연 후 토큰을 수신한 것으로 한다⁽¹⁵⁾.
- 17) 패킷의 전송 중 전송오차는 고려하지 않는다.

4 혼합형 프로토콜 모델 해석

가. 단위기간장의 정의

본 해석의 기본이 되는 단위기간을 정의한다.

[정의 1] : 순차적으로 전송되는 패킷내에 인접한 유효패킷의 송신완료 시점간을 단위기간으로 한다.

[정의 2] : 네트워크상에서 패킷을 보유하고 있는 국이 존재하지 않는 기간은 포함하지 않는 것으로 한다.

[정의 3] : 송신완료 시점 자체는 전 단위기간에 포함되는 것으로 한다.

[정의 4] : 단위기간은 액세스 시간, 패킷 전송 시간의 그 요소로 구성된다.

[정의 5] : 액세스 시간은 단위기간 개시 후 어느 국이 전송권을 획득하기까지의 시간으로 한다.

[정의 6] : 액세스 시간은 패킷 충돌에 관한 시간, 이것에 이어진 유희상태 시간, 가상 토큰의 선반시간을 포함한다.

[정의 7] : 패킷 전송시간은 패킷의 송신 개시로부터 송신 완료까지의 시간으로 한다.

본 해석에서 네트워크의 상태는 패킷의 보유국 수로 나타내고, 시간은 모두 슬롯단위로 취급한다. 먼저, 단위기간 길이를 Embedded Markov 점으로 보고, 그 시점에서 네트워크의 상태를 Markov 해석으로 한다^{2), 3), 4)}.

나. 단위기간장의 확률분포

먼저, 단위기간장을 생각하는데 필요한 3 종류의 확률을 정의한다. 여기서, 단위기간 개시 직전에 네트워크의 상태가 i인 조건을 X(i)라한다.

Punit(K/i) : 조건 X(i) 하에 단위 기간장이 K 슬롯일 확률.

Pacc(K/i) : 조건 X(i) 하에 액세스 시간이 K 슬롯일 확률

Ppt(K/i) : 조건 X(i) 하에 패킷 송신시간이 K 슬롯일 확률

다시 각각의 포함수를 Gunit(z/i), Gacc(z/i), Gpt(z/i) 라 한다. 먼저, 액세스 시간과 패킷송신시간이 독립인 것은 명확하다. 이러한 것로부터 다음식을 얻는다.

$$G_{unit}(z/i) = G_{unit}(z/i) \cdot G_{pt}(z/i) \quad (4-1)$$

또한, 모델(6)으로 부터 패킷길이가 일정길이 L_{ps} 이므로, 확률 $P_{pt}(K/i)$ 와 포함수 $G_{pt}(z/i)$ 는 다음 식과 같이 주어진다.

$$P_{pt}(k/i) = \begin{cases} 1 & (k = L_{ps}) \\ 0 & (k \neq L_{ps}) \end{cases} \quad (4-2)$$

$$G_{pt}(z/i) = z^{L_{ps}} \quad (4-3)$$

여기서, 이 확률은 네트워크 상태 i와는 독립의 관계가 있다. 이하, $P_{acc}(k/i)$, $G_{acc}(z/i)$ 의 도출을 했다. 액세스 시간은 전송 모드(C-모드, T-모드)에 크게 의존된다. C-모드에서는 조건 X(0)으로부터 단위기간이 시작한다. 한편, T-모드에서는 조건 X(i) (i > 1) 부터 시작한다. 여기서 C-모드에는 $G_{acc}(x/0)$, T-모드에서는 $G_{acc}(z/i)$ (1 ≤ i ≤ N-1)의 도출을 하였다.

다. C-모드

1) 조건 및 확률 정의

C-모드에 있어서 단위기간의 개시 직전에는 패킷 보유국이 존재하지 않는다(조건 X(0)) 그러나, 단위기간의 정의로부터 그 직후에 적어도 1 국은 패킷을 보유한다. C-모드의 단위기간은 반드시 1 국 이상의 전송으로부터 시작한다.

어느 국이 전송 개시후 그 패킷 버스 상을 1 주하기까지의 N 슬롯 간에 패킷 충돌이 일어난 가능성이 있다. 패킷 충돌이 발생하면 그것을 검지한 패킷 보유국은 백 오프 상태로 천이하고 버스상에 패킷이 존재하지 않는 기간(유희 상태 시간)이 생긴다. C-모드에 의해 전송이 성공하면, 전송성공에 의해 T-모드로 천이한다.

C-모드에 따른 조건을 다음과 같이 정의한다.

Y(m, n) : 버스상에 유효 패킷이 존재하지 않고, 전송을 개시한 국이 없는 시점에서 그 직후의 제 1 슬롯에 m 국이 전송을 개시하며, 이어 N

- 1 슬롯간에 다른 n국이 전송로에 액세스를 한다. 이 조건은 C-모드의 개시 시점 및 패킷 충돌 후의 각 전송 개시점에 대응한다.

조건 Y(m, n)에 있어서 전송로와 패킷 전송의 상황으로 다음 3 경우를 생각한다.

- (1) Y(1, 0) : 패킷 충돌이 없이 전송 성공.
- (2) Y(1, n) (n ≥ 1) : 패킷 충돌이 발생할 가능성이 있다.
- (3) Y(m, n) (m ≥ 2) : 반드시 패킷의 충돌이 발생한다.

(1)의 경우는 N 슬롯 사이에 1국만이 전송개시하므로, 패킷 충돌은 발생하지 않는다. 역으로 (3)의 경우는 제 1 슬롯에 버스상의 복수국이 전송로에 액세스하며, 또한 전송을 개시하게 되므로 확률 1로 충돌이 발생한다. 한편 (2)의 경우

패킷 충돌 발생은 제 1 슬롯에서 전송개시국(u1)의 버스 상의 위치에 대한 다른 n국의 위치와 액세스 시각의 관계에 의존한다.

이 C-모드에서 다음의 확률을 정의한다.

$P_{suc}(k/i)$: 버스상에 유효 패킷도 전송을 개시하는 국도 존재하지 않는 시점에서 그 직전에 패킷 보유국이 i국 ($0 < i < N$) 일 때 그 시점으로부터 k 슬롯에 있는 국이 전송에 성공할 확률, 이 확률 모함수를 $G_{suc}(z/i)$ 로 표시.

$P_{gen}(s/k, n)$: 패킷을 보유하지 않는 n국내 s국이 k 슬롯내에서 패킷을 발생 하는 확률.

$P_{bak}(t/k, n)$: 백 오프 상태에 있는 패킷 보유국

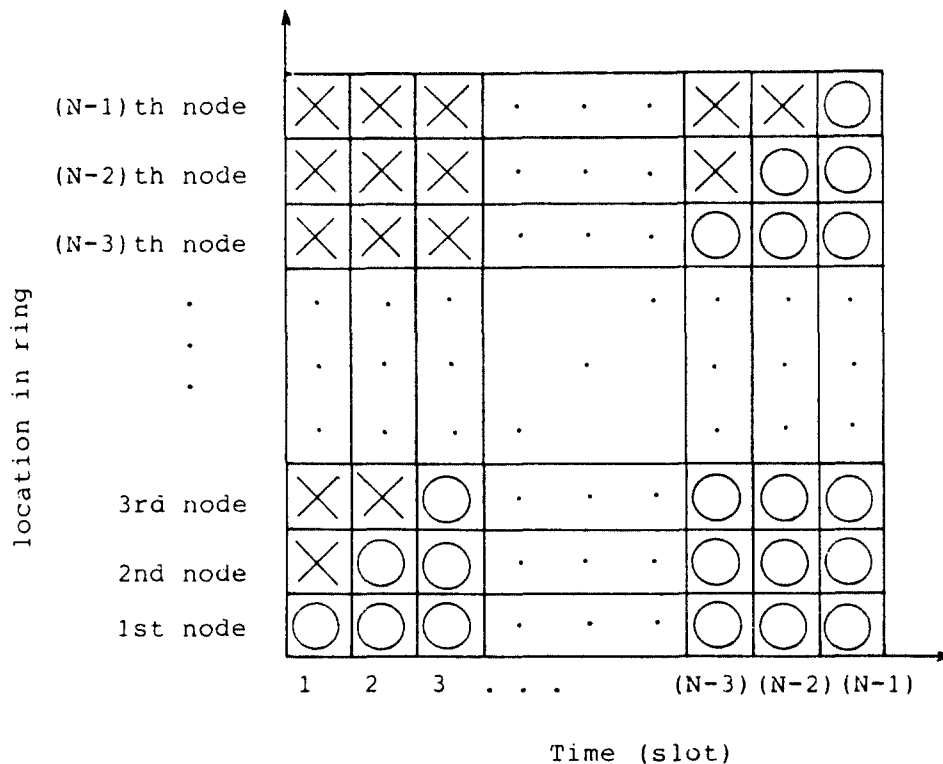


그림4-1 링에서의 위치와 액세스 시각에 대한 패킷 충돌/대기관계.
 ("O"는 대기상태 "X"는 패킷 충돌관계)
 Matrix table on possibility of packet collision.

n국내에 t국이 k 슬롯내에서 역세
스할 확률.

$P_{def}(n/N-1)$: 조건 Y(1, n)에서 n국의 신호검
지로부터 충돌이 생기지 않는 확
률.

$P_{col}(n/N-1)$: 조건 Y(1, n)에서 n국 내 i 국
이상이 패킷 전송을 개시하여 패
킷 충돌이 발생할 확률.

(2) C-링 구조에서의 해석

그림 4-1에 국 위치와 시간과의 관계를 나
타냈다. 그림에서 행축은 u1이 전송 개시한 것
부터의 시간(슬롯 수), 종축은 u1로부터의 거
리를 표시하며, 조건 Y(1, n)에서 u1로부터 y
번째의 국이 u1이 전송개시 후 x 슬롯에서 역세
스할 경우에 그림의 (x, y) 표시를 본다. "O" 표
시는 전송로 상의 u1의 패킷을 검지하고, 이 역
세스는 대기상태가 된다. 한편 "X" 표시는 국이
전송로를 유휴 상태로 검지하여 전송을 개시한
다. y(1, n)에 n국의 처음 1국 이상이 전송을
개시하면 반드시 충돌이 발생하고, 패킷 충돌을
검지한 패킷 보유국은 백 오프상태로 전이하며,
임의의 시간 후에 역세스 한다.

$P_{gen}(s/k, n)$, $P_{bak}(t/k, n)$ 는 각각 다음과 같
은 이항 분포로 주어진다.

$$P_{gen}(s/k, n) = \binom{n}{s} (1 - e^{-\sigma_k s}) \cdot e^{-\sigma_k(n-s)} \quad (4-4)$$

$$P_{bak}(t/k, n) = \binom{n}{s} P_1 (1 - P)^{n-t} \quad (4-5)$$

여기서, $P = 1 - (1 - Pd)^k$ 이다.

$P_{def}(n/N-1)$ 은 그림 4-1로부터 조합논리
적으로 조건 Y(1, n) ($n \geq 1$)는 주목되는 N 슬
롯내의 처음 슬롯에서 어느 국 u1가 전송을 개
시하여 계속(N-1) 슬롯 사이에 다른 n국이 역
세스가 이루어지는 것을 나타내고 있다. n국의
역세스 전체가 반송파 검지 기능에 의해 대기상
태에 있는 경우에는 u1의 전송은 성공한다. n
국내 1국이라도 대기하지 않고 패킷 전송을 하

면, 패킷 충돌이 발생한다. u1을 기준으로 하
여 역세스를 행한 n국은 다음과 같이 번호를 붙
인다.

$$\bar{a} = \{a_1, a_2, a_3, a_4 \dots a_n\} \\ (1 \leq a_1 \leq a_2 \leq \dots \leq a_n \leq N-1) \quad (4-6)$$

여기서, 국 ai의 역세스가 대기상태로 될 확
률은 이 역세스 시각이 그림 4-1 제 ai행의 (N-
1) 슬롯내 "O"의 위치가 되는 확률 $(N-a_i) /$
 $(N-1)$ 이 된다. 따라서, 어느 조합 \bar{a} 에 대한
n국이 대기상태로 될 확률 $P_{def}(n/N-1, \bar{a})$ 는

$$P_{def}(n/N-1, \bar{a}) = \left\{ 1 / \binom{N-1}{n} \right\} \cdot \\ \left\{ \prod_{i=1}^n (N-a_i) / (N-1)^n \right\} \quad (4-7)$$

여기서, 전집합 $\bar{A} (\bar{A} \ni \bar{a})$ 를 생각하면,

$$P_{def}(n/N-1) = \sum_{\bar{A}} P_{def}(n/N-1, \bar{a}) \\ = \left\{ 1 / \binom{N-1}{n} \right\} \cdot \{R(n, N-1) / (N-1)^n\} \quad (4-8)$$

여기서,

$$R(n, N-1) = \sum_{\bar{A}} \prod_{i=1}^n (N-a_i) \sum_{\bar{A}} \prod_{i=1}^n a_i \quad (4-9)$$

a의 각 요소의 범위는 $i \leq a_i \leq N-n+i-1$
($1 \leq i \leq n$)이므로 일반화하여,

$$R(n, m) \begin{cases} = \sum_{a_n=n}^m \sum_{a_{n-1}=n-1}^{a_n-1} \dots \sum_{a_k=k}^{a_{k+1}-1} \dots \sum_{a_1=1}^{a_2-1} \left\{ \prod_{i=1}^n a_i \right\} \\ = 0 & (n > m) \\ = 1 & (n = 0, m = 1) \\ = R(n, m-1) + m \cdot R(n-1, m-1) & (m \geq n > 0) \end{cases} \quad (4-10)$$

$P_{col}(n/N-1)$ 은 정의로 부터 아래와 같이 된다.

$$P_{col}(n/N-1) = 1 - P_{def}(n/N-1) \quad (4-11)$$

$$P_{suc}(k/0) \begin{cases} = 0 & (k < N) \\ = [P_{gen}(1/1, N) \sum_{s=0}^{N-1} P_{gen}(s/N-1, N-1) P_{def}(s/N-1)] / (1 - e^{-\sigma N}) & (k = N) \\ = [P_{gen}(1/1, N) \sum_{s=0}^{N-1} P_{gen}(s/N-1, N-1) P_{col}(s/N-1) P_{suc}(k-N/s+1) \\ + \sum_{s=2}^N P_{gen}(s/1, N) \sum_{x=0}^{N-s} P_{gen}(x/N-1, N-s) P_{suc}(k-N/s+x)] / (1 - e^{-\sigma N}) & (k > N) \end{cases} \quad (4-12)$$

$$P_{suc}(k/0) \begin{cases} = 0 & (k < N) \\ = [P_{gen}(1/1, N-1) P_{bak}(0/1, i) \sum_{s=0}^{N-1} \sum_{t=0}^{i-1} P_{gen}(s/N-1, N-i-1) \\ \times P_{bak}(t/N-1, i) P_{def}(s+t/N-1)] + [P_{gen}(0/1, N-i) P_{bak}(1/1, i) \\ \times \sum_{s=0}^{N-1} \sum_{t=0}^{i-1} P_{gen}(s/N-1, N-i) P_{bak}(t/N-1, N-i) P_{def}(s+t/N-1)] & (k = N) \\ = [P_{gen}(0/1, N-i) P_{bak}(s/N-1, N-i) P_{suc}(k-1/i) + P_{gen}(1/1, N-i) \\ \times P_{bak}(0/1, i) \sum_{s=0}^{N-1} \sum_{t=0}^{i-1} P_{gen}(s/N-1, N-i-1) P_{bak}(t/N-1, i) \\ \times P_{col}(s+t/N-1) P_{suc}(k-N/i+1+s)] + [P_{gen}(0/1, N-i) P_{bak}(1/1, i) \\ \times \sum_{s=0}^{N-1} \sum_{t=0}^{i-1} P_{gen}(s/N-1, N-i) P_{bak}(t/N, i-1) P_{col}(s+t/N-1) \\ \times P_{suc}(k-N/i+s)] \times \sum_{s=2}^{N-1} [P_{gen}(s/1, N-i) P_{bak}(0/1, i) \sum_{x=0}^{N-1} P_{gen} \\ \times (x/N-1, N-i-s) P_{suc}(k-N/i+x+s)] + [P_{gen}(0/1, N-i) \\ \times (1 - P_{bak}(0/1, i) - P_{bak}(1/1, i)) \sum_{s=0}^{N-1} P_{gen}(s/N-1, N-i) \\ \times P_{suc}(k-N/i+s)] + [\sum_{s=1}^{N-1} P_{gen}(s/1, N-i) (1 - P_{bak}(0/1, i)) \\ \times \sum_{s=0}^{N-1} P_{gen}(s/N, N-i) P_{suc}(k-N/i+s)] + [\sum_{s=1}^{N-1} P_{gen}(s/1, N-i) \end{cases} \quad (513)$$

$$\left. \begin{aligned} & \times (1 - P_{bak}(0/1, i)) \sum_{x=0}^{N-1-s} P_{gen}(x/N-1, N-i-s) P_{suc}(k-N/i+x+s) \\ & (k > N) \end{aligned} \right\} \quad (4-13)$$

(3)경합 토큰 버스 구조에서의 해석

본 논문에서 제안한 혼합형 프로토콜 제어방식은 특히 경합모드에서 링 구조 네트워크보다 유리하다. 조건 $Y(1, n)$ ($n \geq 1$) 에서 즉, 슬롯 내에 처음 슬롯에서 어느 국 U_j 가 전송을 개시하고, $N-1$ 슬롯사이에 다른 n 국의 액세스가 이루어지는 경우 n 국의 액세스 전부가 캐리어 센스(Carrier Sense)기능에 의하여 대기상태로 될 때 U_j 국은 전송에 성공 패킷충돌이 발생한다.

버스 네트워크 구조와 링 네트워크 구조에서 차이점은 처음 전송 개시국(U_j) 이고 링 네트워크 구조에서는 단일 방향으로 패킷전송이 이루어지므로 어떤 위치에 있는 버스 네트워크 구조에서의 양쪽 말단국의 위치에 대응되는 것이다 (2), (16), (22), (42), (45). 따라서, 버스 네트워크에서 양쪽 말단국(n_0 국 혹은 n_{N-1} 국) 이 처음 슬롯에서 전송개시를 하였을 경우, $Y(1, n)$ 의 조건에 대한 ($j=0$ 혹은 $j=N$) 국이 전송에 성공할 확률 해석은 링 네트워크 구조의 임의의 위치국이 전송개시국이 되었을 때와 같다.

그러나, 버스 네트워크 구조에서 처음 전송개시 국(U_j) 이 $j=N/2$ 일때 패킷 전송방향이 양 방향으로 전파되므로 단말 전체가 U_j 의 패킷 전송을 검지하는 시간은 링 네트워크 구조에서의 절반으로 감소하며, 동일 슬롯상에 존재하는 단말이 두개가 생기게 된다.

버스 네트워크 구조에서 U_j 에 대해 액세스를 하는 n 국의 관계는,

$$\bar{a} = \{p_1, a_2, a_3, \dots, a_{n-b}, a'_1, a'_2, \dots, a'_b\}$$

(a_i 와 a'_i 는 U_j 를 중심으로 반대위치의 액세스국)

여기서, j 를 n_0 로 부터의 j 거리 위치라 하면,

$$L = j - 1 \quad (j \leq N/2)$$

$$L = N - j \quad (j \geq N/2)$$

n 국 중 U_j 를 중심으로 a_i 국의 반대에 위치한 액세스국(a'_i)의 합은 $b \leq L$ 이며, a_i 국의 합은 $n - b \leq N - 1$ 이 되므로 ($N-1$) 슬롯내에 대기상태에 있을 확률 즉, 그림4-2에서 "0" 위치에 있을 확률은 a 에 대하여 $(N-a)/(N-1)$ 이며, 어느 조합에 \bar{a} 에 대한 n 국 전체가 대기상태일 확률은 a_i 와 a'_i 의 대기확률이 독립사상이므로,

$P_{def}(n/N-1, \bar{a})$ 는

$$P_{def}(n/N-1, \bar{a}) = 1 - \left(\frac{N-1}{n} \right) \cdot \left[\prod_{i=1}^{N-1} (N-a_i) \prod_{i=1}^b (N-a'_i) / (N-1)^n \right] \quad (4-14)$$

가 된다.

$$P_{def}(n/N-1) = P_{def}(n/N-1, \bar{a}) \quad (4-15)$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{N-b} (N-a_i) \prod_{i=1}^b (N-a'_i) &= \sum_{i=1}^{N-1} \prod_{i=1}^{N-i-1} a_i \prod_{i=1}^i a'_i \\ &= \sum_{a_1=N-b}^{N-1} \left[\prod_{i=1}^{N-b} a_i \prod_{i=1}^b a'_i \right] a'_i = b \end{aligned} \quad (4-16)$$

이 C-모드에서 $P_{acc}(k/0)$ 와 $G_{acc}(z/0)$ 는 다음과 같이 구해진다.

$$P_{acc}(k/0) = P_{suc}(k+N/0) \quad (4-17)$$

$$G_{acc}(z/0) = G_{suc}(z/0) / z^N \quad (4-18)$$

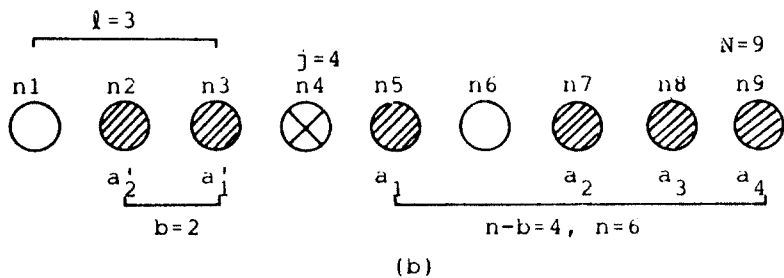
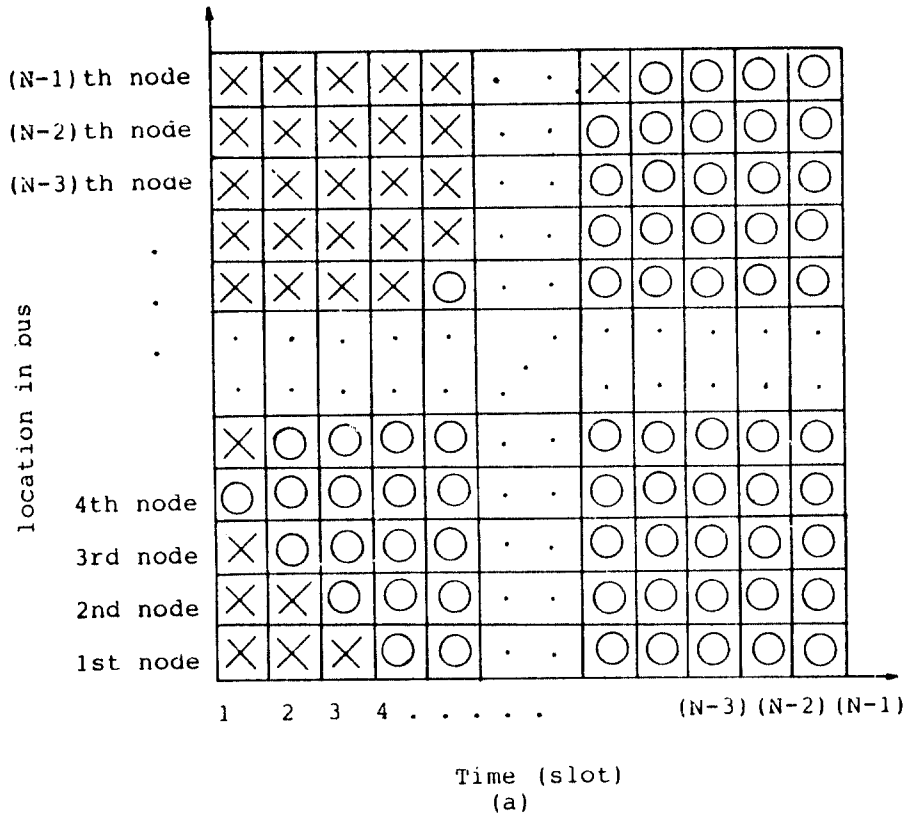


그림4-2 버스에서의 위치와 액세스 시각에 대한 패킷 충돌/대기관계
 (a)의 “○”는 패킷 대기상태 “×”는 패킷 충돌상태,
 (b)의 ⊗는 패킷 비 보유국 ○는 패킷 보유국
 Matrix table on possibility of packet collision.

라. T-모드
 이 T-모드는 조건 $X(i) (i \neq 0)$ 에서 단위기간이 시작한다. 따라서 가상 토큰 형식에 따른 패킷 연결 전송기능을 기초로 함과 버스 형태의 순위성으로 부터 어느 패킷 보유국에 대하여 유

일하게 전송권이 주어진다. 이 모드에서 전송 패킷의 종단부가 가상토큰이 된다. 액세스 시간은 전 단위기간의 종료시점(가상토큰 해지)으로부터의 패킷 보유국이 그 가상 토큰을 새로이 획득하기 까지의 시간이다. 모델(8)로부터 패킷

보유국의 위치는 확률적으로 정한다.

확률 $P_{acc}(k/i)$ 와 그 확률 모함수 $G_{acc}(z/i)$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$P_{acc}(k/i) = \binom{N-k-1}{i-1} / \binom{N-1}{i-1} \quad (4-19)$$

$$G_{acc}(z/i) = \sum_{k=1}^{N-1} P_{acc}(k/i) z^k \quad (4-20)$$

마. Markov 해석

앞 절에서 구한 단위 기간 길이의 확률 분포를 이용하여 단위 기간의 네트워크 상태의 변화를 해석한다. 여기에 간단히 하기 위해 근사방법을 도입한다.

[근사방법] : 단위 기간의 상태 천이는 단위 기간 길이와 패킷 발생 확률에서만 의존한다.

단위기간의 개시점의 네트워크의 상태 계열에 주목하면 이것은 은폐 Markov Chain을 형성한다^{[25], [31]}. 단위 기간장이 슬롯에 있는 경우 단위 기간 개시직전에 상태 i 로 부터 그 단위 기간 종료 시점 상태 j 에의 상태 천이 확률 $P_i(j/i, k)$ 가 구해진다.

$$P_i(j/i, k) \begin{cases} = 0 & (0 \leq j \leq i-2) \\ = \binom{N-1}{j-i+1} (1 - e^{-\sigma k})^{j-i+1} e^{-\sigma k(N-j-1)} & (i=0, N > j \geq i-1) \\ = \sum_{n=1}^{j+1} \binom{N}{n} (1 - e^{-\sigma})^n e^{-\sigma(N-n)} / (1 - e^{-\sigma N}) \\ \times \binom{N-n}{j-n+1} (1 - e^{-\sigma k})^{j-n+1} e^{-\sigma k(N-j-1)} & (i=0, N > j \geq 0) \end{cases} \quad (4-21)$$

따라서 Markov Chian의 상태 i 로 부터 j 로

상태 천이 확률 행렬 $P_t = \{P_t(j/i)\}$ 는 다음과 같이 된다.

$$P_t(j/t) = \sum_{k=1}^{\infty} P_t(j/t, k) P_{unit}(k/t) \quad (4-22)$$

이 Markov Chain은 이미 약속되어 있는 비주기이고 유한 상태이므로 정상 상태 확률이 항상 존재한다. 이 정상상태 확률 Vector를 $\Pi = \{\pi(i)\}$, ($0 \leq i \leq N$) (단위기간 종료시점의 전송국은 패킷 비 보유국이 되므로 다음의 단위기간 개시직전에는 패킷 비 보유국은 적어도 1국이 존재하는 것이 된다) 라고 하면, 다음의 상태 방정식을 만족한다.

$$\Pi = \Pi \cdot P_t \quad (4-23)$$

이로 부터 단위 기간의 평균치와 스루풋 T 는

$$T_{unit}(i) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{d}{dz} G_{unit}(z/i) \quad (4-24)$$

$$T_{unit} = \sum_{i=0}^{N-1} \pi(i) T_{unit}(i) \quad (4-25)$$

$$T = \frac{L_{ps}}{T_{unit} + \pi(0)/(1 - e^{-\sigma N})} \quad (4-26)$$

다음에 네트워크의 평균 패킷 보유국수를 구한다. 먼저 단위기간의 개시 직전의 상태를 i , 단위기간장을 k 슬롯으로 하여, 이 단위 기간이 상태 수 j 에서 종료하는 경우 단위 기간내의 제 n 번째 슬롯 상태 수가 m 일 확률을 $P(m, n/i, k, j)$ 로 한다.

$$= \frac{\binom{N-1}{m-1} (1 - e^{-\sigma n})^{m-1} e^{-\sigma n(N-m)}}{\binom{N-1}{j-i+1} (1 - e^{-\sigma k})^{j-i+1} e^{-\sigma k(N-j-1)}} \times \binom{N-m}{j-m+1} (1 - e^{-\sigma(k-n)})^{j-m+1} e^{-\sigma(k-n)(N-j-1)} \quad (i \neq 0)$$

$$= \left[\sum_{s=0}^{j+1} \binom{N}{s} (1 - e^{-\sigma})^s e^{-\sigma(N-s)} \right] / (1 - e^{-\sigma N})$$

$$\times P(m, n/s, k, j) \quad (i = 0) \quad (4-27)$$

이것에 의해 조건 $\times(i)$ 에 개시한 단위기간에 누적패킷 보유국 수의 평균은 다음과 같이 구하여진다.

$$A(i) = \sum_{k=1}^{\infty} \left[P_{\text{unit}}(k/i) \sum_{j=1}^{N-1} \{ P_t(j/i, k) \sum_{n=1}^k m P(m, n/i, k, j) \} \right] \quad (4-28)$$

따라서, 패킷 보유국 수의 평균 Q 와 평균지연 D_a 는

$$Q = \sum_{i=0}^{N-1} \pi(i) A(i) / \{ T_{\text{unit}} + \pi(0) / (1 - e^{-\sigma N}) \} \quad (4-29)$$

$$D_a = Q/T + N/L_{ps} \quad (4-30)$$

식(4-30)의 제1항은 패킷 발생으로 부터 송신완료까지의 패킷 전송 시간에 따른 정규화 지연이며, 제2항은 버스의 전송 지연을 나타낸다.

5] 혼합형 프로토콜 모델에 대한 정량적 해석

가. 근사 해석 방법의 검토

전장에서 서술한 해석 방법을 사용하여 C-토큰의 성능을 정량적으로 평가했다. 먼저 시뮬레이션 결과와의 비교에 의해 본 해석의 근사 검정을 했다. 계속하여 LAN의 대표적인 액세스 제어 방식인 CSMA/CO 방식 및 토큰 링 방식과의 성능 비교를 했다. 토큰 링 방식과 CSMA/CD 방식의 해석은 문헌(6)을 인용하였으며, C-링 방식의 해석과 C-토큰 방식의 해석 방법은 문헌(12)를 인용하였다. 또한 수치해석의 모든 파라미터를 표(5-1)에 정리해 놓았다.

그림(5-1)에서 스루풋과 정규화된 패킷 전송 지연과 시뮬레이션 결과를 표시하였다. 그리고 그림에 나타낸 바와 같이 스루풋과 패킷 전송 지연은 트레이드 오프(Trade off)관계가 있음을 알 수가 있다.

본 근사해석의 타당성을 검토하므로써 시뮬레이션 결과와 비교했다. 시뮬레이션은 모델(4)의 시간의 슬롯화, (8)의 패킷 보유국의 확률적 위치 배분 및 4-5에서 도입한 근사는 이용

표5-1 시뮬레이션 파라미터
Simulation Parameter.

| | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 국 수 : N=100 | 용 량 : C=10, 50, 200, 300 Mbps |
| 거 리 : D=1 km | 패킷길이 : L _p =1000 bit |
| C-토큰 방식 | |
| Backoff 국의 전송 확률 : Pd=0.005/전송지연 | |
| C-링 방식 | |
| Backoff 국의 전송 확률 : Pd=0.0005/스롯트 | |
| 중계 (Repeat) 지연 : B=1.24 bit | |
| 토큰-링 방식 | |
| 토 큰 길 이 : Hr=24 bit | |
| 중계 (Repeat)지연 : B=1, 8, 24 bit | |
| CSMA/CD 방식 | |
| Backoff 국의 전송 확률 : Pd=0.005/전송지연 | |

하지 않았다. 또한 총 표본(패킷 수) 10,000개, single-run 법으로부터 95%의 신뢰 구간을 구했다. 버스의 회선용량 $c=10, 50$ Mbps에 있어서 C-토큰 방식의 근사해석과 시뮬레이션 결과(신뢰구간)를 나타냈다. 그림(5-1)으로부터 해석 결과는 시뮬레이션 결과와 대략 일치하고 있음을 알았다. 그래서 본 논문에서 나타낸 C

-토큰 방식의 근사해석은 타당하다고 생각 한다.

나. 해석 결과의 고찰

C-링 방식과 C-토큰 방식의 경합 모드에서는 채널이 유휴 상태이고, 패킷 전송을 시도하고 있는 국이 없는 시점에서부터 K슬롯에서 패킷 전송 성공 확률 $P_{suc}(K/O)$ 를 4장에서 해석한 알고리즘에 의해 계산하고, 그 결과를 표(5-2), 그림(5-2)에 표시하였다.

이 결과로부터 C-토큰 방식이 C-링 방식보다 경합 모드에서 패킷 전송에 성공할 확률이 높은 것을 확인할 수 있다.

이러한 결과는 특히 경 부하시에 C-토큰 방식의 성능이 우수함을 나타낸다.

그림(5-3), (5-4)는 각각 $c=10, 50$ Mbps에 있어서 C-토큰 방식, 토큰 링 방식, CSMA/CD 방식 사이의 성능 비교를 나타냈다.

다. C-토큰 방식의 특성에 대한 고찰

C-토큰 방식에 있어서는 C 모드와 T 모드의 두 모드가 존재한다. 또한 C 모드는 패킷 충돌의 가능성도 존재한다. 여기서 트래픽 비와 충돌률은 이하와 같이 정의한다.

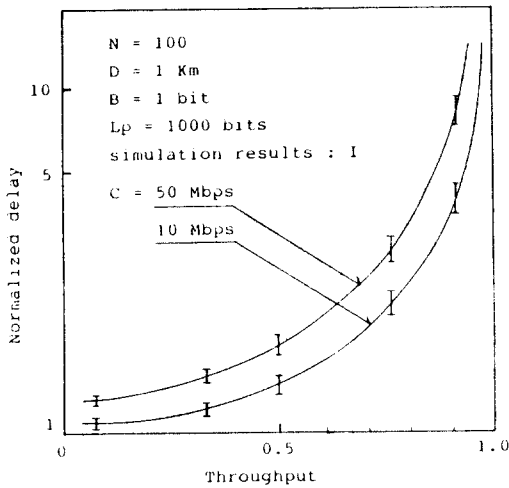


그림5-1 해석과 시뮬레이션 비교 (회선용량 C = 10, 50 Mbps) Throughput delay performance comparison between analytic and simulation results for channel capacity(C = 10, 50Mbps).

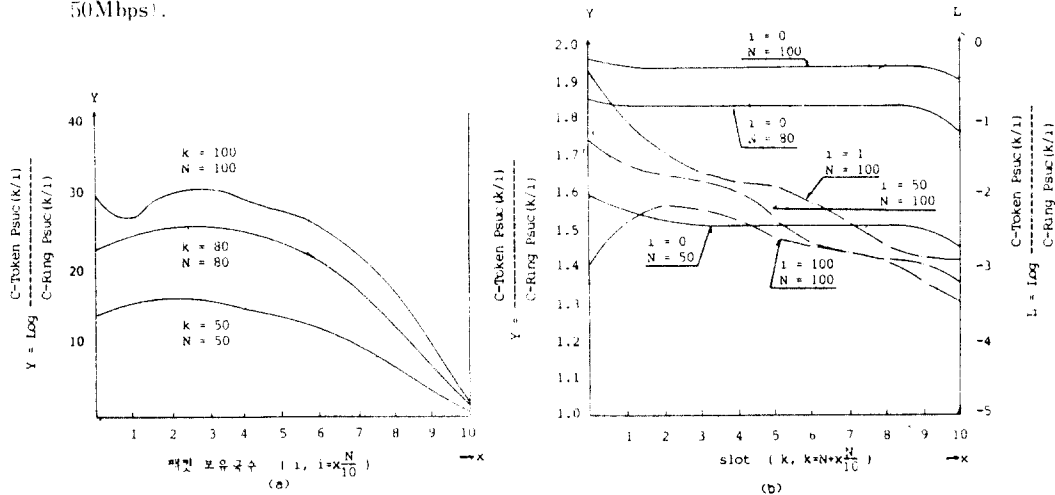


그림5-2 C-토큰 방식과 C-링 방식의 $P_{suc}(k/i)$ 확률비 (a) 패킷 보유국수 변화에 따른 $P_{suc}(k/i)$ 의 확률비. (b) 슬롯 k의 변화에 따른 $P_{suc}(k/i)$ 의 확률비 $P_{suc}(k/i)$ rate between C-Token and C-Ring methods.

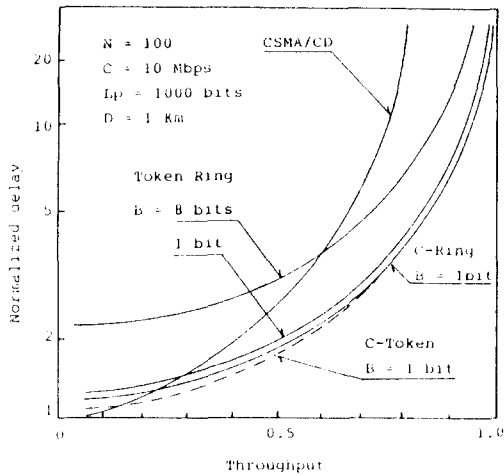


그림5-3 스루풋-지연특성에 관한 3 방식과의 비교 (회선용량 C = 10 Mbps)
Throughput-delay performance comparison among 3 type for channel capacity (C = 10 Mbps).

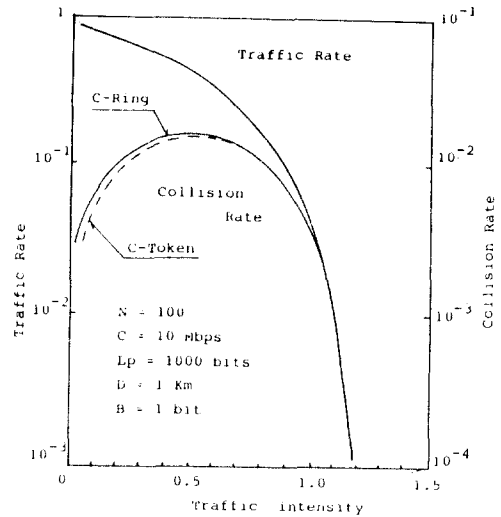


그림5-5 트래픽 강도의 트래픽 비율과 충돌률.
Traffic rate and collision rate for traffic intensity.

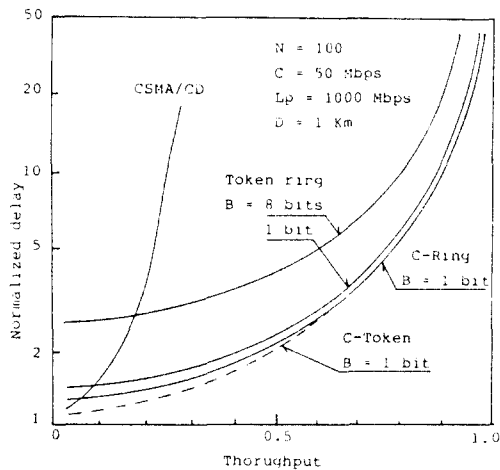


그림5-4 스루풋-지연특성에 관한 3 방식과의 비교 (회선용량 C = 50 Mbps)
Throughput-delay performance comparison among 3 type for channel capacity (C = 50 Mbps).

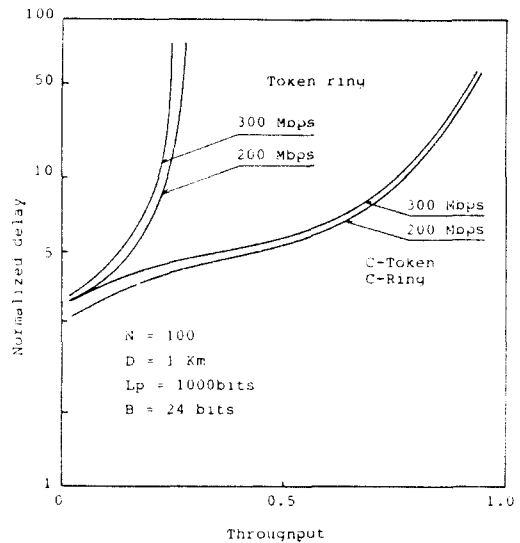


그림5-6 스루풋-지연에 관한 3 방식의 비교.
(회선용량 C = 200, 300 Mbps)
Throughput-delay performance comparison between 3 type for channel capacity (C = 200, 300 Mbps).

트래픽 비 : 네트워크에 연결된 전 부하에 대한 C-모드로 전송되는 비율

충돌률 : 어느 패킷을 전송할 때 패킷이 충돌을 일으켜 재송신을 하는 비율
싱의로 부터 다음과 같이 된다.

$$\text{트래픽 비율} = \pi(0) \quad (5-1)$$

$$\text{충돌률} = \pi(0) (1 - P_{\text{succ}}(K/i)) \quad (5-2)$$

그림(5-5)에 트래픽 강도에 대한 트래픽비 및 충돌후의 관계를 표시했다. 토큰 링이나 CSMA/CD 단일 모드에서는 C-링이나 C-토큰에 비하여 우수한 특성을 갖지 못하므로 검토에서 제외되었다.

라. 고속 네트워크에서의 C-토큰 방식 고찰
200, 300(Mbps)의 고속 네트워크를 생각한 경우의 스루풋 지연을 그림(5-6)에 표시했다. 그림(5-6)에서 토큰-링 방식과 비교하여 C-토큰 방식과 C-링 방식은 스루풋 지연의 어느 면에서도 극히 우수한 특성을 나타낸다. 한편, CSMA/CD, 토큰 링 방식은 고속 네트워크에서 비교 대상이 되지 않을 정도로 특성이 매우 낮다.

토큰 버스 방식에서는 토큰 자신의 관리, 제어의 점으로 부터 일반적인 단일(Single)-토큰 형식이 사용되고 있다. 한편, C-토큰 방식은 실제 토큰을 사용하지 않으므로서, 일종의 멀티(Multi)-토큰 형식이 용이하게 실현된다⁴².

6 결론

본 논문은 버스형 네트워크에 있어서 경합/토큰 혼합형 액세스 제어 방식인 경합형 버스(C-토큰) 방식인 알고리즘 제안과 성능을 평가하였다. C-토큰 방식의 근사해법 방안을 제안하고, 시뮬레이션 결과와 비교에 따른 그의 유효성을 확인하였다. 다시, 이 해석법을 이용하여 LAN의 대표적인 액세스 제어방식인 CSMA/CD와 토큰 링 방식 특유의 특성으로서 트래픽비와 충돌률에 관해 검토를 하였다. 이 결과 C-토큰 방식이 다음과 같은 특징을 갖고 있음을 정량적으로 밝혔다.

- (1) 경 부하시에는 버스구조에서 경합 제어를 하므로서, 패킷 전송 확률이 높아진다.
- (2) 경 부하시에는 경합 제어를 하므로서, 보다 낮은 지연특성을 갖는다.
- (3) 고 부하시에는 토큰-링 보다 안정한 전송과

높은 스루풋을 유지한다.

- (4) 거의 부하 전반에 있어서 CSMA/CD 방식이나 토큰-링 방식 보다 양호한 스루풋 지연 특성을 나타낸다.
- (5) 경 부하시에는 C-모드, 고 부하시에는 T-모드에 의해 전송된다. 또한 고 부하에 있어서는 충돌률의 저하가 나타난다.
- (6) 멀티-토큰성을 갖으므로, 광섬유 등을 이용한 수백 Mbps 이상의 대용량 버스 네트워크에 있어서도 양호한 특성을 기대할 수가 있다.
- (7) 링 네트워크 구조에 비하여 버스 네트워크 구조가 시설, 확장의 용이성과 고장에 대한 강점을 갖는다.

이상과 같이 LAN의 성능 평가에서 특히 패킷 전송 지연과 스루풋, 충돌률의 특성이 유리한 점과 네트워크 구성 측면에서의 장점은 앞으로, LAN기술의 이용 발전에 도움이 될 수 있을 것으로 생각되며, 본 방식의 알고리즘에 대한 실용화 연구가 필요하다고 생각된다.

참고 문헌

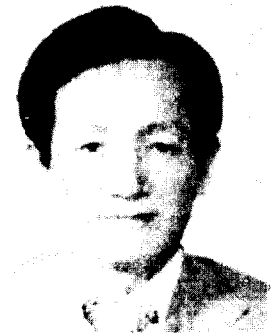
1. R. Metcalf, D. Boggs: "ETHERNET: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks", CACM, Vol.19, No.7, pp.395-404, July 1976.
2. J. Markov, N. Strole: "Token-Ring Local Area Networks; A Perspective", Proc. of COMPCON'82, 1982.
3. B. Stuck: "Calculating the Maximum Mean Data Rate in Local Area Networks", Computer, pp.72-76, May 1983.
4. W. Bux: "Local-area subnetworks: A performance comparison", IEEE Trans. Commun., COM-29, No.10, pp.1465-1473, Oct. 1981.
5. W. Stallings: "Local Network Performance", IEEE Commun. Magazine, Vol.22, No.2, pp.27-36, Feb. 1984.
6. H. Okada: "Performance Evaluation of Medium-Access Control Protocols in Local Area Networks",

Proc. of the 11-th International Teletraffic Conference, Sep. 1985.

7. D. Clark: "A Contention Ring Network", MIT Local Network No. 11, Sep. 1977.
8. A. Moura, J. Field: "Collision-Control Algorithms in Carrier Sense Multiple access (collision detection) Networks", Computer Communications, No.4, Feb. 1981.
9. T. Nute: HCSMA-A Nearly Conflict-Free Hybrid C S M A Protocol with Computer Networking Symposium '84. Dec. 1984.
10. P. Gopal, J. Wong: "Analysis of Hybrid Token-CSMA/CD protocol for Bus Networks", Proc. of the IFIP WG 7.3/TC 6 2-nd Symposium on Performance of Computer-Communication Systems, pp.65-78, 1984.
11. M. Ulug: "A Preemptive Contention System for a Multimedia LAN", Proc. of ICC' 85. 1985.
12. Satoshi OHNO, Hiromi OKADA: "Performance Evaluation of the Contention Ring Protocol in Local Area Networks", IEICE Japan, Vol. J70-8 No.1, Jan. 1987.
13. O. Hashida, G. Nakamura: "Analysis of multi-queue [I]: Exhaustive type", 연구실용화보고, Vol.19, No.6, pp.1125-1136, 1970.
14. O. Hashida: "Analysis of multiqueue[II]; Gating type", 연구실용화보고, Vol.19, No.10, pp.1855-1864, 1970.
15. F.A. Tobagi: "Analysis of a two hop centralized packet radio network part I: slotted ALOHA", IEEE Trans. Commum., Vol. COM-28, No.2 pp.196-207, Feb. 1980.
16. K.P. Eswaran, V.C. Hamacher, G.S. Sheodler: "Collision-free access control for computer communication bus networks", IEEE Trans. software Eng., Vol.SE-7, No.6, pp.574-582, Nov. 1981.
17. K. Tamaru, M. Tokoro: "Performance analysis of collision control algorithm and acknowledgment schemes in CSMA/CD", IEICE Japan. Vol.J 65-D, 65-D, No.5, pp.527-534, May 1982.
18. N. Shiratori, S. Noguchi: "An evaluation method of throughputs in the CSMA/CD protocol", IEICE Japan Vol.J 66-D, No.8, pp.925-931, Aug. 1983.
19. Y. Nomura, H. Okada: "Performance evaluation of CSMA/CD with various back-off protocol", IEICE Japan, Vol.J67-D, No.2, pp.184-191, Jan. 1984.
20. Y. Nomura, H. Okada, Y. Nakanishi: "A muliti channel CSMA/CD method in bus-typed Local Area Networks", IEICE Japan, Vol.J 67-D, No.9, pp.949-956, Sep. 1984.
21. Z.M. Shen, S. Muro, T. Hasegawa: "Performance analysis of the CSMA/CD with prioritized access waiting time", IEICE Japan, Vol.J 67-D, No.9, pp.1013-1020, Sep. 1984.
22. C.L. Shang, M. Takahara: "Consideration of retransmission algorithm in bus-type LAN", IEICE Japan, Vol.J 68-D, No.12, pp.2152-2153, Dec. 1985.
23. G. Kinlura: "An analysis of the CSMA/CD protocol with deterministic contention resolution", IEICE Japan, Vol.J 68-8, No.7, pp.779-786, July 1985.
24. G. Kimura: "An analysis of the multi-channel CSMA/CD protocol by non-slotted model", IEICE Japan, Vol. J 68-8, No.12, pp.1341-1348, Dec. 1985.
25. C. Fujiwara, S. hosokawa: "Analysis of CSMA/Cd with variable slot size", IEICE Japan, Vol.68-8, pp.1103-1111, No.10, Oct. 1985.
26. S. Tashka, M. Tani, K. Takashashi: "Analysis of acknowledgment traffic in CSMA/CD systems", IEICE Japan, Vol.J 68-8, No.10, pp.1093-1102, Oct. 1985.
27. S. Tasaka, H. Ishikawa: "Performance analysis of a buffered CSMA/CD system", IEICE Japan, Vol.J 69-8, No.3, pp.216-227, Mar. 1986.
28. 신화숙, 김종상: "Hybrid CSMA/CD - 토큰버스 프로토콜의 제안 및 성능분석", 한국정보공학회 분 학술발표논문집, Vol. 14, No. 1, pp. 277-280, 1987.
29. L. Kleinrock and Y. Yemini: "Interfering queueing

- processes in packet-switched broadcast communication", Proceedings of IFIP Congress 80, pp. 557-562, Tokyo Japan and Melbourne, Australia Oct. 1980.
30. E. Coyle and B. Liu: "Calculation of the stability characteristics and buffer requirements of asynchronous CSMA/CD networks", Conf. Rec. ICC' 82, pp.7F.1.1-7F.1.5. Philadelphia. PA June 1982.
 31. J. Silvester and I. Lee: "Performance modeling of buffered CSMA-An iterative approach", Conf. Rec. GLOBECOM'82, pp.1195-1199, Miami, FL Nov. 1982.
 32. H. Takagi and L. Kleinrock: "Diffusion process approximation for the queueing delay in contention packet broadcasting systems", Proc. IFIP WG 7.3/TC 6 2nd Int. Symp.
 33. H. Takagi and L. Kleinrock: "Mean packet queueing delay in a buffered twouser CSMA/CD system", IEEE Trans. Commun., COM-33, 10, pp.1136-1139 Oct. 1985.
 34. S. Tasaka: "Performance Analysis of Multiple Access Protocols" (Computer Systems Series, Research Reports and Notes), Cambridge, MA: The MIT Press 1986.
 35. F.A. Tobagi and V.B. Hunt: "Performance analysis of carrier sense multiple access with collision detection", Computer Networks, 4, pp.245-259 Oct./Nov. 1980.
 36. W. Myers, "Toward a Local network standard," IEEE Micro., pp.28-45, August 1982.
 37. M.T. Liu, W. Hilal, and B.H. Broomes, "Performance Evaluation of Channel access protocols for local computer networks," pro. COMPCON. Fall 1982 Confer., 1982, pp.417-426.
 38. J. Shock, et al, "Evaluation as the Ethernet local computer network," Computer, pp.1-27, August 1982.
 39. Rao Cherukuri, Liang Li, and Liza Louis, "Evaluation of token passing schemes in local area networks," computer net. Sym., pp.57-68, 1982.
 40. F.A. TOBAGI, et al, "Expressnet: A High-performance Integrated Services Local area network," IEEE Jour. COMMUN., Vol.SAC-1, No.5, November 1983.
 41. S.K. RAHIMI, et al, "LAN Protocol Validation and Evaluation," IEEE Jour. Commun., Vol. SAC-1, No.5, November 1983.
 42. W. Bux. F.H. Closs, et al, "Architecture and design of a reliable token-ring network," IEEE Jour. Commun. Vol.SAC-1, No.5, November 1983.
 43. T.L. Phlnney, G.D. Jelatis, "Error handling in the IEEE 802 token-passing bus LAN," IEEE Journ, Commun., Vol.SAC-1, No.5, November 1983.
 44. M. Fine, F.A. TOBAGI, "Demand assignment multiple access schemes in broadcast bus local area networks," IEEE Transac. Computers, Vol. C-33, No.12, December 1984.
 45. F.A. TOBAGI, M. Fing "Performance of Unidirectional broadcast local area network: Expressnet and Fasnet," IEEE Jour. Commun., Vol. SAC-1, No.5, November 1983.
 46. Leonard Kleinrok: "Queueing system vol.I, Vol. II", John Wiley & Sons, 1975.
 47. Carl Tropper: "Local Computer Network Technologies", Academic Press, 1981.
 48. Anthony West, Philippe Janson: "Local Networks for Computer Communication", North-Holland Publishing Company, 1981.
 49. L. Kleinrock and S.S. Lam.: "Packet Switching in a Multiaccess Broadcasting Channel: Performance Evaluation" IEEE Trans. on Commun., Vol.COM-23, April 1975.
 50. S.S. Lam and L. Kleinrock.: Packet Switching in a Multiaccess Broadcasting Channel: Dynamic Control Procedures," IEEE Trans, on Commun., Vol.COM-23, April 1975.
 51. G. Fayolle; E. Gelenbe, and J. Labetoulle; "Stability of Optimal Control of Packet Switching Broadcast Channel," Journal of ACM, Vol.24, July 1977.
 52. Y.C. Jeng.: On the Stability of ALOHA System," IEEE Trans. on Commun., Vol.COM-28, October 1980.
 53. Y.C. Jeng.: "Optimal Retransmission Control of

- Slotted ALOHA Systems," IEEE Trans. on Commun., Vol.COM-29, June 1981.
54. L. Kleinrock and F.A. Tobagi: "Packet Switching in Radio Channels: Part I CSMA and their Throughput-Delay Characteristic," IEEE Trans, on Commun., Vol.COM-23, December 1975.
55. F.A. Tobagi and L. Kleinrock: "Packet Switching in Radio Channel: Part IV Stability Considerations and Dynamic Control in CSMA," IEEE Trans. on Commun., Vol.COM-25, October 1977.
56. "ANSI/IEEE Standards 802.3 CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specifications", IEEE Project 802 Local Area Network Standards Dec. 1984.
57. "Draft IEEE Standards 802.3 Broadband Medium Attachment Unit and Medium Attachment Unit and Medium Specifications", IEEE Projects 802 Local Area Network Standards, Revision E March 1985.



金正 善

저자약력

- 1941년 5월 5일생
- 1965년 : 한국항공대학전자공학과 졸업
- 1972년 : 한양대학교대학원(전자공학)수료
- 1965년 ~ 현재 : 한국항공대학부교수, 학과장, 본학회편집위원회 편집위원