

채널예약기능을 부가한 개선된 CSMA/CD 프로토콜

이석주[†], 서경룡^{**}

요 약

본 논문에서는 단일의 전송매체를 여러 스테이션이 사용하기 위한 효율적인 매체접속제어 방식을 제안하였다. 매체접속제어 방식은 크게 예약방식과 충돌 허용방식으로 구분되며 네트워크 환경에 따라 각각의 방식이 효율성에서 장점을 지닌다. 제안된 매체접속제어 방식은 충돌 허용방식인 CSMA/CD를 기본으로 하며 충돌현상을 지연하여 채널을 예약하는 기능을 부가하였다. 따라서 충돌이 발생하면 예약과정을 거쳐 채널에는 예약에 성공한 스테이션만 경쟁에 참여하게 되어 매체접속 확률을 높이게 된다. 제안된 프로토콜은 충돌의 횟수가 감소하여 전체적으로 채널의 활용도가 향상되는 것을 시뮬레이션으로 확인하였다.

An Improved CSMA/CD with Channel Reservation Facility

Sukju Lee[†], Kyungryong Seo^{**}

ABSTRACT

In this paper, we proposed an efficient medium access protocol to share single transmission medium for several stations. There are two well known types of medium access protocols: collision allowance and collision avoidance, and each of them is adopted to their own suitable network with advantage. Our proposed protocol have channel reservation facility based on collision allow medium access protocol, CSMA/CD. In a collision, the stations delay collision with generating pseudo collision signal to reserve channel. Then, the collision terminates and the stations, which reserve channel successfully, participate the next competition with higher medium access probability. We show that the proposed protocol reduced collision times and improved utilization of the channel.

Key words: Medium Access Control(매체접속제어), collision(충돌), CSMA/CD, reservation(예약)

1. 서 론

네트워크 계층구조에서 채널사용을 제어하는 매체접속제어(MAC) 문제는 오랫동안 중요한 연구 분야로 인식되어 왔다[1-4]. LAN의 경우 특성상 근거리의 스테이션을 연결하도록 구성되며 스테이션을 연결하는 링크가 단순한 구조를 가지고 높은 성능을 얻어야 한다. 또한 제어가 간단하며 부분적인 고장에

전체 시스템에 장애를 유발하지 않아야 한다. 또한 경제성 문제도 고려되어야 한다. 스테이션을 네트워크에 접속하는 비용이 전체 시스템의 구성에 결정적인 영향을 줄 정도로 높지 않아야 한다.

이러한 점을 고려하여 방송용 네트워크가 오랫동안 안 사용되어 왔다. 방송채널은 하나의 채널을 공유하여 사용하는 방식으로 채널의 설치비용이 매우 낮다. 하지만 채널을 사용하여 통신하려는 스테이션의 수가 많고 채널을 사용하고자 하는 스테이션들이 채널을 점유하여야만 통신이 가능하기 때문에 스테이션에 적절히 채널을 할당해야하는 매체 접속제어 방식이 필요하다. 그런데 스테이션의 동작 형태가 매우 다양하고 스테이션의 고장에 대한 대처, 공정한 채널의 확보 등 해결해야할 문제가 매우 복잡하여 효율적

※ 교신저자(Corresponding Author) : 서경룡, 주소 : 부산광역시 남구 대연3동 599-1(608-737), 전화 : 051)620-6885, FAX : 051)620-6880, E-mail : krseo@pknu.ac.kr

접수일 : 2003년 11월 19일, 완료일 : 2004년 2월 5일
* 정회원, 부경대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정
(E-mail : dawnevil@mail1.pknu.ac.kr)

** 정회원, 부경대학교 전자컴퓨터 정보통신공학부 부교수

이고 단순하며 완벽한 제어를 보장하는 방식의 발전은 불가능하다 할 수 있다.

오랜 기간 동안 매우 다양한 매체접속제어 방식이 발전하였는데 이를 분류하여 보면 가장 중요한 관점으로 충돌 현상을 생각 할 수 있다. 따라서 매체접속제어방식은 충돌 회피 방식과 충돌 허용 방식으로 나누어 볼 수 있는데 충돌 회피 방식은 채널자원을 적절한 방식으로 미리 나누어 여러 개의 채널을 확보하여 필요한 스테이션에 제공하는 방식으로 채널을 분할하는 방식에 따라 주파수 분할방식과 시분할 방식, 또 코드분할 방식 등이 알려져 있다[1].

이러한 충돌 회피방식은 충돌이 발생하지 않지만 대개의 경우 중앙 집중의 관리가 필요하고 채널을 분리하는데 별도의 장비가 필요하며 채널할당에 필요한 제어가 복잡하며 부분적인 고장에 전체 시스템에 영향을 미치는 경우도 있다. 또한 채널의 사용빈도가 낮을 때는 분할된 자원이 사용되지 않기 때문에 채널의 활용도가 저하된다. 장점으로는 스테이션의 증가에 따라 채널의 활용도가 높아질 때 자원을 분배하는 제어방식의 영향이 일정하기 때문에 높은 채널 활용도를 얻을 수 있다.

이에 대하여 충돌 허용방식은 분산된 스테이션 각각이 접속제어에 참여하며 서로의 상태를 인지할 수 없고 자신의 상태와 채널의 상태만을 감지하여 채널을 확보하는 제어방식이다. 이러한 경우 중앙 집중의 제어 시스템이 없고 채널을 사용하려는 스테이션이 독자적으로 공유채널을 확보하려고 노력 하기 때문에 제한된 자원을 동시에 확보하려 할 때 충돌이 발생한다. 충돌은 스테이션이 채널을 사용할 수 없는 상태이며 또다시 채널을 확보하기 위해 경쟁해야 하므로 충돌이 증가하면 채널의 활용도가 떨어지게 된다. 충돌 허용방식의 경우 충돌의 발생은 필연적이다. 따라서 충돌 발생 시 적절한 제어 기법을 활용하여 충돌이 발생하지 않는 경우에 채널을 할당받아 통신을 수행할 수 있도록 하는 접속제어 방식이 필요하다.

이 방식은 1970년대 하와이 대학에서 연구된 ALOHA 시스템에 적용된 방식으로 무선통신 시스템에서 단일채널을 여러 스테이션이 공유하여 사용하는 데이터 통신시스템을 위하여 설계되었다. ALOHA 는 충돌현상이 발생하면 일정기간동안 채널을 사용할 수 없게 되는데 이에 따라 채널의 활용도가 감소하게 된다. 충돌을 허용하는 매체 접속제어

방식은 충돌현상이 발생했을 때 최소한의 시간, 비용으로 채널을 사용가능 상태로 만들도록 하는 연구가 필수적이다. 이러한 연구결과로 슬롯 ALOHA 가 개발되었으며 ALOHA에 대하여 2배의 채널 활용도를 얻을 수 있었다[2-4].

계속되는 연구의 결과로 캐리어인지 다중접속 프로토콜(CSMA) 방식이 유선망의 매체 접속 프로토콜로 개발되었으며 충돌현상을 탐지하는 기능이 부가된 CSMA/CD으로 발전 하였다. CSMA/CD는 IEEE 802.3에 채용되어 근거리네트워크(LAN)의 주된 접속제어 프로토콜로 사용되고 있으며 최근에 관심을 끌고 있는 이동 데이터 통신을 위한 매체 접속제어 방식에도 적용되고 있다. 비록 CSMA/CD가 성능과 비용 면에서 매우 우수한 특성을 보이긴 하지만 채널을 사용하려는 스테이션의 수가 증가할수록 빈번한 충돌이 발생하고 이에 따라 채널의 활용도는 감소하게 되는 충돌허용방식의 단점을 보이게 된다 [5-7].

이러한 단점을 보완하기 위하여 CSMA/CD에 예약기능을 부가하려는 시도가 계속 되어 왔다[8,9]. Chen. 등은 충돌이 감지되면 충돌을 유발한 스테이션은 스케줄링 상대로 전환하여 자신에 부여된 고유의 순서대로 채널을 사용할 수 있도록 하였다[8]. 즉 보통의 경우 CSMA/CD로 동작하여 채널을 확보하고 충돌이 발생하여 채널이 확보되지 않는 경우 경쟁에 참여했던 스테이션에 대해서만 정해진 순서로 예약 방식을 사용하여 채널을 확보한다. 따라서 1회의 충돌만으로 채널을 예약할 수 있다. 하지만 이 경우 2가지의 매체접속 제어방식을 모두 가지고 있어야 하며 스케줄링 순위를 효과적으로 결정해야 하는 부담이 있다.

CSMA/RI 방식은 채널이 사용 중일 때 채널 확보를 위하여 대기 중인 스테이션이 특정한 시점에 인터럽트를 발생하고 이를 통하여 다음 번 채널의 사용권을 확보하는 방식이다. 연구결과로 충돌현상이 현저하게 감소하며 채널의 활용도가 높아졌음을 보였다. 하지만 인터럽트 발생문제와 인터럽트가 데이터 전송 중에 일어나기 때문에 전송데이터를 인터럽트 신호와 분리하는 문제 등이 이 제어 방식의 선택을 어렵게 한다[9].

본 논문에서는 충돌허용방식인 CSMA/CD에 채널예약방식을 부분적으로 부가한 새로운 매체접속제어 방식을 제안한다. 제안된 방식은 허브를 사용한

네트워크 환경에 적용되며 기존의 CSMA/CD방식을 그대로 사용하고 별도의 예약에 의한 방식을 부가하지 않았다. 따라서 충돌현상은 그대로 발생하며 단지 충돌이 발생하였을 경우 충돌현상을 지연하는 의사충돌신호를 활용하여 다음의 경쟁에 참여할 수 있는 우선권을 배정하는 방식을 사용하였다. 이러한 기법은 기존의 CSMA/CD에 별도의 예약방식의 프로토콜을 활용한 [8]의 연구결과나 인터럽트를 활용하여 채널을 예약할 수 있도록 한 [9]와는 구별된다.

논문의 구성은 2장에서 기존연구를 살펴보고 제안된 매체접속제어 방식은 3장에서 설명하였으며 4장에서는 구현에 필요한 사항과 성능평가 결과를 보이고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

충돌 허용방식의 대표적인 프로토콜인 CSMA 프로토콜을 우선 살펴보기로 한다. ALOHA에서는 패킷을 송출할 때 받아들이는 스테이션간의 거리가 길고 지연이 길다. 따라서 다른 스테이션이 통신채널을 사용하고 있는지 알아보는 것이 현실적으로 적절하지 않다.

유선망에서는 패킷의 전송시간에 비하여 전파지연이 짧기 때문에 송신 캐리어를 스테이션들이 수신할 수 있다. 따라서 각 스테이션은 송신캐리어를 감지하여 다른 스테이션이 채널을 사용하는지를 알 수 있고 이러한 경우 자신이 전송할 패킷을 가지더라도 다른 스테이션이 전송을 끝내야 비로소 전송을 시작한다. 여기서 만약 2대 이상의 스테이션이 전송이 끝나기를 기다린다면 전송이 끝났을 때 2대 이상이 전송을 동시에 시작하게 되고 충돌이 발생한다. 이런 문제를 보완하기 위하여 다음과 같은 3가지의 persistent 방식이 제안되었다.

1-persistent 방식: 통신채널이 비어있으면 바로 송신을 시작한다. 만약 채널이 사용중이면 그 사용이 끝나는 즉시 전송한다.

non-persistent 방식: 통신채널이 비어 있으면 바로 송신을 시작한다. 만약 채널이 사용중이면 확률적으로 소정의 시간을 기다린 후 다시 채널이 비어 있는지 검사한다.

p-persistent 방식: 통신 채널이 비어 있거나 사용 중인 채널이 전송이 끝난 경우 확률 p 로 전송을 시작

한다.

위의 경우 확률적인 차이는 있지만 스테이션들이 독자적으로 전송을 수행하면 2개 이상의 스테이션이 동시에 채널에 신호를 전송하게 되는 경우가 발생한다. 이를 충돌이라고 하는데 충돌이 발생한 경우 모든 전송은 실패로 돌아간다. 충돌이 발생하면 더 이상의 전송은 무의미하므로 각 스테이션은 전송을 중지하는 편이 낫다. 이 경우 충돌이 발생하였음을 스테이션이 알아야 하는데 이것이 충돌 탐지 기능이다. 충돌 탐지기능이 부가된 경우 CSMA/CD라고 부른다.

본 논문에서 고려되는 CSMA/CD 방식은 일반적으로 많이 사용되는 슬롯 방식이다. 슬롯은 최대전달 지연과 연관이 있는데 IEEE 802.3에서는 $T=51.2\mu s$ 로 정해지고 전송을 시작하는 시점은 나누어진 슬롯의 시작점에서 수행된다. 다음에 CSMA/CD를 간략하게 기술하였다.

CSMA/CD

R1. if channel idle, transmit packet.

R2. if channel busy, wait until idle

R3. if channel idle, transmit packet with 1-persistent

R4. if collision occur, wait a random amount time with binary exponential backoff. repeat R2.

이 프로토콜에 따르면 어떤 스테이션도 채널을 사용하지 않을 때 채널은 idle상태에 있다. 이때 스테이션은 R1 상태에서 채널이 가용한 상태라고 인지하고 패킷을 전송한다. 만약 채널이 사용 중이면 채널이 사용가능할 때 까지 기다린다. 채널에 패킷을 전송한 스테이션이 2개 이상이라면 충돌이 발생하는데 프로토콜의 R4에 따라 일정한 시간을 지연한 후 1-persistent 방식으로 재전송 한다. 이때의 상태를 경쟁 상태라 하는데 1-persistent 방식은 채널이 사용가능이라 판단되면 1의 확률로 전송하는 방식으로 IEEE 802.3의 표준으로 사용된다[6]. 경쟁에서 승리한, 즉 채널을 확보한 스테이션은 패킷을 전송하고 이때를 전송 상태라고 한다.

그림 1은 CSMA/CD의 각 상태 변화를 보여 준다.

그림 1 a)에서 볼 수 있듯이 각 스테이션이 경쟁 상태에서 채널을 확보하기 위한 작업을 수행할 뿐이고 실제 전송은 이루어지지 않는다. 채널활용도를 증가시키기 위해서는 경쟁에 소요되는 시간을 최소화시켜야 함은 자명하다.

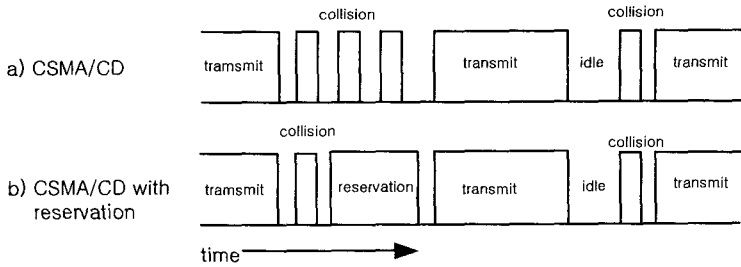


그림 1. 매체접속제어방식의 상태: transmit, collision, idle, reservation

이점을 고려하여 경쟁방식의 CSMA/CD에 예약 기능을 부가한 다음의 전송프로토콜이 개발 되었다.

CSMA/CD with scheduling

- R1. if channel idle, transmit packet.
- R2. if channel busy, wait until idle
- R3. if channel idle, transmit packet with 1-persistent
- R4. if collision occur, transit to schedule mode
- R5. if schedule mode, start reservation procedure

여기서는 충돌이 발생하면 충돌을 유발한 스테이션은 scheduling 모드로 전환하고 이들에 대하여 예약방식을 적용하여 채널을 할당한다. 다른 스테이션은 예약과정이 끝나는 신호를 기다리며 휴지상태로 된다.

그림 1 b)는 이 프로토콜의 상태변화를 보여 주는데 그림 1 의 a)와 비교하여 보면 단 1회의 충돌만 발생하고 reservation 과정을 수행한다. 일반적인 CSMA/CD와 비교하면 CSMA/CD 방식에서 collision 상태가 binary exponential backoff 방식을 사용하기 때문에 길어지게 되는데 이 부분을 예측 가능한 reservation으로 대체하여 성능을 향상 시켰다. 하지만 이 경우 스테이션이 2가지의 상이한 매체접속 제어 방식을 사용하여야 하므로 프로토콜이 복잡해지고 구현에 어려움이 있다.

3. CSMA/CD with reservation

본 논문에서는 별도의 예약과정을 부가하지 않고 충돌현상의 특성을 활용하여 채널을 예약할 수 있는 CSMA/CD방식을 제안하였다. 앞 절에서 설명한 바와 같이 충돌방식의 큰 단점은 충돌 현상에 있다. 경쟁을 통하여 채널을 확보하기 때문에 충돌을 배제하

는 것은 불가능하다.

일단 충돌이 발생하면 스테이션은 슬롯타임만큼 지연하는데 IEEE 802.3에서는 슬롯타임으로 $T=51.2\mu s$ 로 정하였다. 그런데 또다시 충돌이 발생하면 재전송 간격을 nT , ($0 \leq n < 2^k$), $k = \min(m, 10)$, m 은 충돌횟수, 만큼 지연한다. 만약 10회 이상 충돌이 발생하면 전송이 실패한 것으로 간주하고 다시 시작한다. 즉 경쟁에 m 번의 충돌이 발생하였다면 총 $\sum_{i=1}^m 2^{i-1}T$ 만큼의 시간이 충돌에 의하여 소비되며 그림 2는 m 번의 충돌에 따른 지연시간을 보여준다. 여기서 최악의 경우 10회의 충돌이 발생하였다면 2036슬롯 즉 $104,243.2 \mu s$ 가 허비되는 것을 알 수 있다.

제안한 프로토콜의 핵심은 최초의 충돌발생은 어쩔 수 없는 것으로 생각하고 최초의 충돌이 발생하였을 때 다음의 충돌현상을 최소화 하도록 예약기능을 부가한다. 여기서는 일반적으로 알려진 예약방식을 채용하지 않고 충돌현상을 잘 이용하여 예약할 수 있도록 한다. 우선 충돌이 반복적으로 발생하는 현상을 살펴보면, 많은 수의 스테이션이 경쟁에 참여하게 되면 연속된 충돌현상이 발생하게 됨을 알 수 있다.

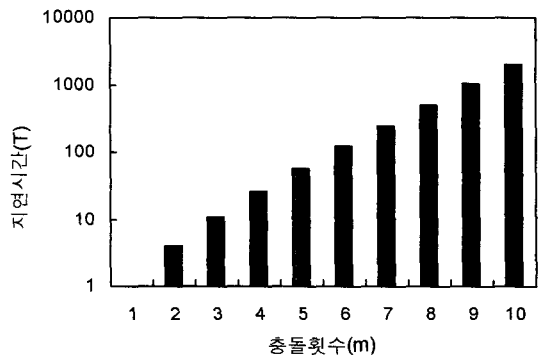


그림 2. 충돌횟수에 따른 지연시간

경쟁에 참여한 스테이션의 수가 적다면 충돌이 반복적으로 발생하지 않음은 자명하다.

이에 착안하면 다음경쟁에 참여하는 스테이션의 수를 줄이면 충돌의 발생이 감소할 것을 예측할 수 있다. 즉 각 스테이션의 일부만 다음경쟁에 참여할 수 있도록 하는 공정한 기회를 줄 수 있다면 충돌의 횟수를 줄일 수 있을 것이다.

본 논문에서는 CSMA/CD 가 가지고 있는 충돌현상을 개선하여 이러한 선택기능을 구현하였다. 충돌이 발생하면 각 스테이션은 전송을 중지하고 대기하는 대신 확률적으로 계산된 의사 충돌 신호를 발생하도록 하고 이때 만들어진 의사충돌 신호가 긴 스테이션에 다음경쟁에 참여하는 우선권을 부여 한다.

CSMA/CD with reservation

- R1. if channel idle, transmit packet.
- R2. if channel busy, wait until idle
- R3. if channel idle, transmit packet with 1-persistent
- R4. if collision occur, transmit a random amount of pseudo collision and observe pseudo collision time of the channel
- R5. if observed pseudo collision is longer than transmitted collision time, wait 1 slot time and repeat R2 else repeat R3.

제안된 프로토콜의 특징은 R4, R5에서 볼 수 있다. 전송 시에 충돌이 발생하지 않는다면 R1 R2 R3과정만 수행하게 되고 이 경우 CSMA/CD 방식과 완벽하게 동일하다. 충돌이 발생하면 프로토콜의 R4에 따라 충돌을 확인한 스테이션은 전송을 종료하지 않고 일정기간 확률적인 계산을 통하여 충돌과 유사한 높은 전류의 의사 충돌 신호를 발생한다. 또한 계속적으로 충돌을 감지하여 충돌 감지 시간과 자신의 의사 충돌 신호의 길이를 비교한다. R5에서는 다음의 경쟁에 참여할 스테이션을 결정한다.

여기서 각 스테이션이 어떤 기준으로 의사충돌 신호를 발생하며 자신이 발생한 의사 충돌신호와 구별하는지는 제안된 알고리즘의 동작과 성능에 밀접한 관계가 있으며 보다 상세한 동작을 그림3으로 설명한다.

여기서는 문제를 단순화하기 위하여 2개의 스테이션만이 사용되었다. 각 스테이션은 중앙의 허브에 전송라인 Tx와 수신라인 Rx로 연결되어 있으며 모

든 조건은 동일한 것으로 간주한다. 우선 각 스테이션이 RX 신호를 확인하여 현재 어떤 채널도 데이터를 보내고 있지 않음을 확인한다. 이때 스테이션 A가 데이터 전송을 개시하여 TX_A에 데이터 D_A를 전송한다. 이 신호는 T/2지연 후 t₁에 각 스테이션에 전달된다. 이 기간 동안 B가 데이터를 전송하지 않으면 스테이션 A의 전송은 성공할 것이다. 하지만 이전에 스테이션 B가 채널이 휴지 상태임을 확인하고 데이터 D_B를 전송하였을 경우 이 데이터도 T/2 시간 지연으로 각 스테이션에 전달되고 t₂ 시간에 충돌이 발생한다. 충돌을 인식한 각 스테이션은 즉각 전송을 멈추어야 하지만 제안된 방식에서는 각각스태이션이 확률적으로 계산된 일정한 기간 의사충돌 신호를 계속 전송한다. 즉 R4의 동작은 충돌확인과 의사충돌신호 발생을 담당한다. 이때 의사충돌신호의 길이는 전체성능과 밀접한 관계가 있는데 추후에 설명한다.

R5의 동작은 자신이 발생한 의사충돌신호와 검출된 의사충돌 신호를 비교하여 다음에 경쟁에 참여할 스테이션을 결정한다. 그림에서와 같이 각 스테이션이 발생한 의사충돌 신호는 T/2 시간 지연 후 각 스테이션에 전달되고 그림에서 쉽게 확인할 수 있듯이 t₄가 각 스테이션이 감지하게 되는 의사충돌 기간이다. 즉 t₅는 전체의 충돌 기간이지만 여기에서 전달에 소요되는 T/2 기간 즉 t₃를 뺀 t₄가 의사 충돌시간으로 계산된다.

그림 3에서는 스테이션 A가 스테이션 B보다 긴 의사충돌신호를 발생하였고 각 스테이션은 자신이 발생한 의사충돌 P_A, P_B와 t₄를 비교하여 스테이션 B는 수신된 의사충돌 신호가 자신이 발생한 의사충돌 신호보다 길므로 1슬롯인 T 기간을 지연한 다음 다음경쟁에 참여한다. 긴 의사충돌 신호를 발생한 스테이션A는 다음 경쟁에 참여하게 채널을 확보한다.

이상적인 경우 최장의 의사충돌신호를 발생한 스

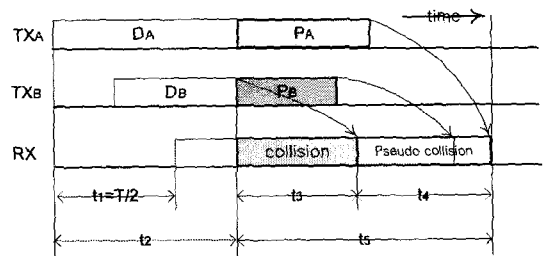


그림 3. 제안 프로토콜의 채널예약 동작

테이션 혼자만 다음경쟁에 참여하게 되고 당연히 경쟁 상대가 없으므로 충돌 없이 채널을 확보하게 된다. 경쟁에서 배제된 모든 스테이션은 1 슬롯타임을 지연하게 되므로 다음번 경쟁에 참여할 수 없다. 하지만 허용된 오차범위내의 2대 이상의 스테이션이 경쟁에 참여할 수도 있다. 이 경우 처음과 비교하여 극히 제한된 수의 스테이션만 경쟁에 참여하게 되고 충돌발생 확률은 급격히 감소하게 된다.

그림 4는 제안된 프로토콜의 상태변화를 보여 준다. 그림에서 첫 패킷은 경쟁이 없는 경우이다. 경쟁이 없으므로 하나의 스테이션이 채널을 확보하고 채널을 확보하기 위한 어떠한 부가 동작도 필요 없다. CSMA/CD 와 완벽하게 동일하다. 2번째 패킷은 여러 스테이션이 경쟁에 참가했을 때를 보이고 있다. 충돌이 발생하고 의사충돌의 기간이 부가되었다. CSMA/CD 경우에는 충돌감지 후 다시 경쟁하게 되고 이때 충돌반복 횟수는 참여 스테이션의 수에 따라 가변적이다. 하지만 스테이션이 많아질수록 충돌 반복회수는 증가한다는 것을 알 수 있다.

제안된 방식은 채널이 예약된 경우 충돌현상은 단 1번만 발생한다. 하지만 2대 이상의 스테이션이 검출 불가능한 오차내의 의사 충돌 신호를 발생하였다면 이들에 의하여 채널은 예약되고 다시 경쟁과정을 거치게 된다. 하지만 이 경우는 경쟁에 참여하는 스테이션이 대폭 감소하여 다음 경쟁에서는 하나의 스테이션이 선택될 확률이 매우 높아진다.

그림 4에서와 같이 예약에 필요한 의사충돌 기간만큼 시간이 부가되지만 이에 따른 손실이 여러 번 발생할 때 생기는 손실보다 작다면 이 프로토콜은 보다 효율적으로 될 것이다. 이상에서와 같이 제안된 방식은 전송스테이션이 적을 때는 CSMA/CD 와 동일한 동작을 수행하고 전송스테이션이 증가하면서 예약방식과 유사해 지는 것을 알 수 있다.

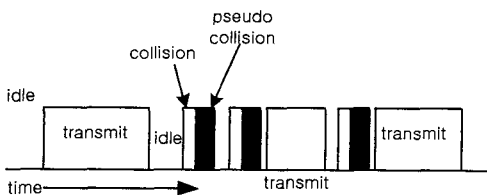


그림4. 채널예약 CSMA/CD 프로토콜의 상태변화

4. 성능평가

제안된 프로토콜은 기존의 CSMA/CD 방식과 크

게 다르지 않다. CSMA/CD에 약간의 부가기능을 추가하여 쉽게 구현이 가능하다. 의사충돌신호는 실제의 충돌이 발생했을 때와 같이 아날로그 신호를 발생할 수도 있고 데이터 디코딩 기술을 활용하여 허용되지 않는 코드를 사용하는 방법으로 구현할 수도 있다. 의사 충돌신호 발생을 위한 확률계산은 본래 CSMA/CD에는 확률계산기능이 있으며 이를 활용한다.

의사충돌의 지연시간은 프로토콜의 효율과 밀접한 관계가 있다. 의사충돌의 지연시간은 길게 하면 각 스테이션이 유사한 기간의 예약능력을 향상시킬 수 있지만 예약에 필요한 시간이 증가하게 된다.

제안된 프로토콜의 성능평가를 위하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션에 사용된 각종 환경은 우선 1000byte의 단일 크기의 패킷을 가정하였으며 스테이션의 채널요구 성향은 포아손 분포를 따르는 것으로 하였다. 기본슬롯의 시간은 IEEE 802.3에서 규정한 대로 $T = 51.2\mu s$ 로 하였다. 비교대상이 되는 CSMA/CD는 재 송신 간격을 nT , ($0 \leq n < 2^k$), $k = \min(m, 10)$, m 은 충돌횟수로 선정하였다. 제안된 프로토콜은 의사충돌기간을 2와 3 슬롯으로 변화하여 수행하였다. 지연문제나 측정오류 등을 감안하여 의사충돌 길이에 대한 오차범위를 10%로 두었다.

이러한 환경 하에서 스테이션의 수를 증가시키면서 전송에 성공한 패킷의 횟수에 따른 충돌회수의 비와 채널의 활용도를 기존의 CSMA/CD방식과 비교하였다. 시뮬레이션은 2가지 사항을 측정하였는데 일정기간동안 발생하는 총 충돌의 횟수와 채널의 활용도이다.

시뮬레이션은 AMD의 CPU를 사용하는 Linux 머신에서 수행하였으며 UCLA에서 개발된 PARSEC으로 프로그램 하였다. PARSEC은 C 언어를 기반으로 만들어진 이산 환경의 시뮬레이션 도구로 알려져 있다[9].

그림 5는 패킷의 전달 지연에 따른 충돌 횟수와 충돌에 따른 채널 점유 시간을 보인다. 시뮬레이션은 30대의 스테이션이 독립적으로 패킷을 발생시킨다. 패킷의 발생빈도가 높아지면서 충돌이 증가하고 이에 따라 각 패킷이 전달되는데 걸리는 지연도 길어진다. 여기서 특정한 스테이션이 하나의 패킷을 전달하는데 발생하는 충돌 횟수와 그 패킷이 성공적으로 전달되는데 걸리는 지연시간을 측정하였다. 패킷의

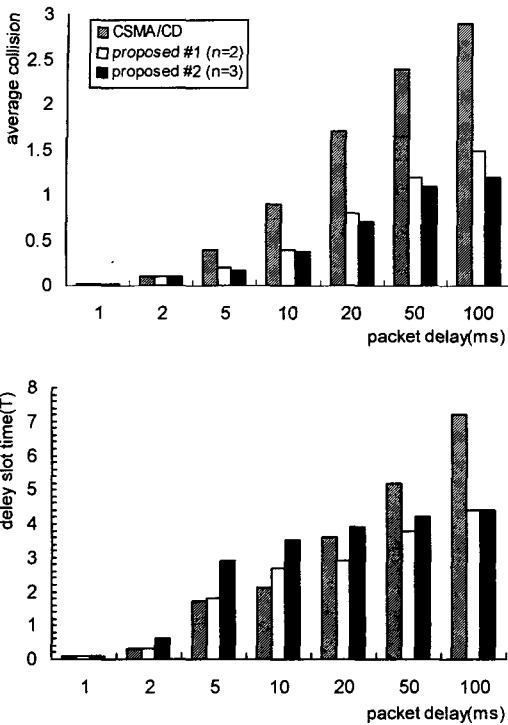


그림 5. 패킷지연에 따른 충돌횟수, 소요 슬롯

발생빈도를 변화하여 수차례 시뮬레이션을 수행하였으며 각 실험은 1분 동안 지속되었으며 이때 발생한 모든 패킷에 대한 측정값의 평균을 구하였다.

결과에서 CSMA/CD 방식은 10ms의 전달 지연에 도달할 때까지는 1회 미만의 충돌로 패킷을 전송한다. 하지만 전달지연이 길어지면 2회 이상의 충돌이 생긴다. CSMA/CD의 경우 1회의 충돌에는 짧은 지연으로 재전송에 성공할 수 있다. 하지만 2회, 3회의 충돌이 발생하면 전달 지연이 더욱 길어지고 하나의 패킷을 전송하는데 소요되는 시간은 매우 길게 된다.

제안된 방식은 의사충돌을 2가지로 변형하여 수행하였는데 의사충돌시간을 2T로 한 경우 좋은 성능을 보이는 것을 볼 수 있다. 결과에서와 같이 전달 지연이 짧은 경우 CSMA/CD와 유사한 성능을 보인다. 하지만 충돌이 발생하였을 때는 1회 충돌을 처리하는 시간이 CSMA/CD 보다 약간의 시간이 더 소요된다. 의사충돌시간을 3T로 한 경우는 충돌의 발생은 현저히 작아지지만 충돌의 처리에 소요되는 시간이 길어서 성능이 좋지 않은 것을 볼 수 있다. 따라서 다음의 실험은 의사충돌시간을 2T로 하여 수행하였다.

그림 6은 패킷을 지속적으로 발생하여 전달지연에 따른 채널의 활용도를 보여 준다. 실험은 제안된 방식과 기존의 CSMA/CD와 병행하여 실험하였으며 측정값은 [8,9] 등에서와 동일하게 정규화된 패킷 지연의 평균값과 채널활용도와와의 관계를 보였다. 매체접근 제어 방식에서는 패킷의 크기에 따라 성능이 크게 변하기 때문에 패킷크기에 따른 2개의 실험결과를 함께 보인다. 각 실험은 패킷의 크기 b를 슬롯타임의 5배와 50배로 하여 측정하였다. 그림에서와 같이 제안된 프로토콜은 동일하게 CSMA/CD 보다 나은 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 하지만 그림의 척도 때문에 알아보기 힘들지만 패킷 전송빈도가 낮을 경우 즉 채널활용도가 낮은 경우 CSMA/CD 방식이 제안된 방식보다 좋은 성능을 보이는데 이에 관한 실험은 그림 7과 그림 8에서 좀 더 자세히 확인할 수 있다.

그림 7은 충돌방식인 CSMA/CD와 예약방식인 Token Ring 방식을 함께 제안된 방식과 비교 하였

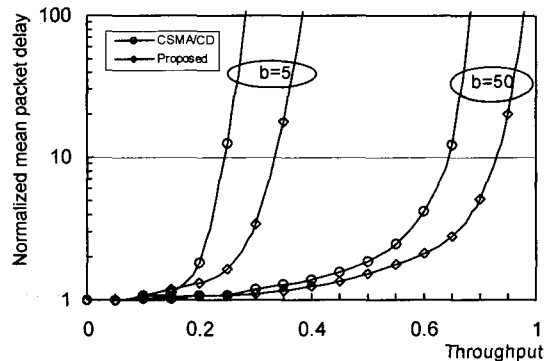


그림 6. 패킷크기에 따른 채널 활용도

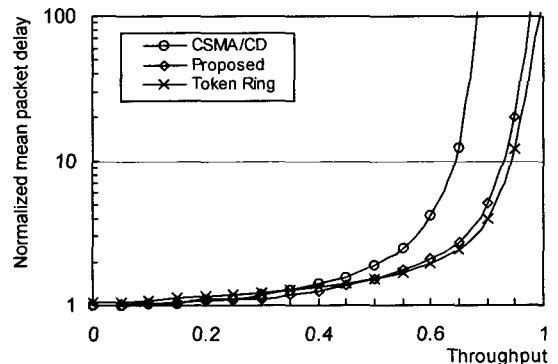


그림 7. 각 매체접속제어방식의 성능비교

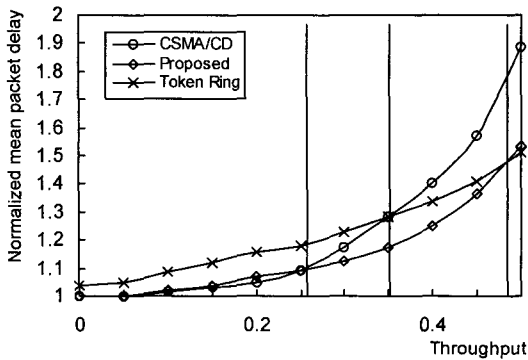


그림 8. 구간별 매체접속제어방식의 성능비교

다. 이때 사용된 패킷의 크기는 $b=50$ 으로 하였다. 이미 알려진 바와 같이 패킷지연이 크면 CSMA/CD 방식은 채널활용도는 급격히 감소한다. 하지만 Token Ring 방식은 충돌이 발생하지 않으므로 1에 근접하는 채널활용도를 얻는다. 제안된 방식은 Token Ring 방식에는 미치지 못하지만 패킷의 지연에도 불구하고 예약기능에 의하여 채널활용도가 CSMA/CD보다 좋은 결과를 얻을 수 있다.

충돌방식의 장점은 패킷지연시간이 낮을 경우 확연하게 드러난다. 예약에 필요한 성능감소를 보이지 않기 때문인데 그림 8에서 이경우의 결과를 볼 수 있다. 그림 8은 그림 7에서 채널활용도가 0.5 이하일 경우만을 확대하여 보여주는데 0.25 정도까지는 CSMA/CD가 패킷지연이 최소임을 알 수 있다. 하지만 이때부터 약 0.47정도의 구간에는 제안된 방식이 최소의 패킷지연을 보이는데 이 구간에서 충돌에 의한 손실과 예약에 의한 손실이 상충하는 것으로 제안된 방식의 강점을 확인할 수 있다.

5. 결 론

널리 알려진 CSMA/CD는 본질적으로 채널을 확보하기 위한 충돌 현상이 발생하게 되고 채널에 접속된 스테이션이 증가하면 충돌 현상도 빈번히 발생하므로 채널의 활용도는 나빠지게 된다. 본 논문에서는 경쟁방식의 다중매체 접속제어 방식인 CSMA/CD에 의사충돌 과정을 도입하여 다음경쟁에 참여하는 우선권을 배정하여 충돌횟수를 감소시켜 성능을 향상한 프로토콜을 제안하였다.

제안된 프로토콜은 허브를 통하여 연결된 각 스테이션이 데이터를 전송할 때 최초의 충돌 발생을 인지

하면 의사 충돌신호를 발생하고 이 구간을 측정하여 채널 예약을 하도록 하였다. 의사 충돌에 의한 손실이 발생하지만 이로 인하여 예약에 성공한 스테이션만 다음번 경쟁에 참여하므로 충돌발생의 확률은 현저하게 감소한다.

제안된 프로토콜은 채널 경쟁에 참여하는 스테이션의 수가 적을 때는 CSMA/CD와 동일한 동작을 수행한다. 하지만 스테이션이 증가하여 충돌이 자주 발생하는 경우에는 충돌 발생 시 예약 동작을 수행한다. 부가된 예약에 의하여 다음에 경쟁하는 스테이션의 수는 급격히 감소하여 다음에는 경쟁 없이 채널을 확보할 수 있으며 이때는 예약방식과 비슷한 동작을 보인다.

제안된 매체접근 제어 방식의 의사 충돌에 의한 성능을 확인하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 적절한 의사충돌의 시간은 성능에 매우 중요한 요인으로 작용한다는 것을 알 수 있다. 의사충돌 시간을 $2T$ 정도로 하여 실험한 시뮬레이션은 제안된 프로토콜이 부하가 적은 경우와 부하가 밀집되는 경우에도 좋은 성능을 볼 수 있다. 하지만 최적 성능을 보장하는 의사충돌 시간과 이를 발생하고 검출하는 회로는 지속적인 연구를 필요로 한다.

본 논문에서 충분히 고려되지 않은 사항 중 하나는 스테이션의 고장에 관한 문제이다. 분산 환경에서 동작하는 각 스테이션은 동작 중에 새로이 추가될 수도 있고 사용 중 고장이 발생하기도 한다. 예약을 완료한 스테이션에 장애가 발생하면 문제 해결에 따른 약간의 지연이 발생한다. 이 경우 1슬롯의 지연을 두어 예약스테이션이 자료를 전송하지 않으면 다시 전송을 개시하는 방법으로 해결 하였지만 보다 나은 성능을 얻기 위해서는 추후 보완이 필요한 사항이다. 무선 네트워크에 제안된 방식을 적용하는 것도 추후 과제로 남겨져 있다.

참 고 문 헌

- [1] R. Rom and M. Sidi, *Multiple Access Protocols*. New York: Springer Verlag, 1990.
- [2] Abramson, "Development of the ALOHANET," *IEEE Trans. on Information Theory*, vol.IT-31, pp.119-123, March 1985.
- [3] K. Sriram, et.al., "Performance of MAC proto-

cols for broad band HFC and wireless access networks." *Advanced Performance Analysis*, vol 1. no. 1, pp.1-37, Mar 1998

- [4] W. Crowther, R. Rettberg, D. Walden, S. Ornstein. and F. Heart, "A system for broadcast communication: Reservation ALOHA," in *Proc. 6th Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, Jan. 1994, pp.371-374
- [5] S.S.Lam, "A carrier sense multiple access protocol for local networks," *Computer Networks*, no. 4, pp.21-32
- [6] IEEE 802.11, Eds., "Wireless LAN medium access control(MAC) and physical layer (PHY) specifications," IEEE P802.11D5.0, July 1996
- [7] A.C.V. Gummalla and J.O.Limb, "Design of an access mechanism for a high speed distributed wireless LAN," *IEEE J. Select. Areas Commu.*, vol.18, pp.1740-1750, Sep.2000
- [8] Jason S. J. Chen and Victor O. K. Li, "Reservation CSMA/CD" A Multiple Access Protocol for LAN's", *IEEE J. Select. Areas Commu.*, vol.7, no.2 pp.202-210, Feb.1989
- [9] Chung Heng Foh, and Moshe Zukerman, "CSMA with reservations by Interruptions (CSMA/RI): A Novel Approach to reduce

Collisions in CSMA/CD," *IEEE J. Select. Areas Commu.*, vol.,18 no.9, pp.1572-1580, Sep. 2000

- [10] Meyer, R.A., PARSEC User Manual, August 1998.



이 석 주

2001년 2월 부경대학교 컴퓨터 멀티미디어공학부 컴퓨터공학전공 졸업(공학사)
2003년 2월 부경대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

2003년 3월 ~ 현재 부경대학교 컴퓨터공학과 박사과정

관심분야 : 분산처리 시스템, 네트워크 프로토콜, 무선 인터넷



서 경 통

1983년 2월 부산대학교 전기기계공학과(공학사)

1990년 2월 한국과학기술원(KAIST) 전자공학과(공학석사)

1995년 8월 한국과학기술원(KAIST) 전자공학과(공학박사)

1991년 ~ 현재 부경대학교 전자 컴퓨터 정보통신공학부 부교수

관심분야 : 분산시스템, 컴퓨터 네트워크