충돌감소를 통한 CSMA/CD 의 성능개선 알고리즘

이석주* · 서경룡**

* **부경대학교 전자,컴퓨터 정보통신 공학부

An Improved Algorithm of the CSMA/CD to reduce collisions

Suk-joo Lee* · kyungryong Seo**

* ** Division of Electronic, Computer and Telecommunication Eng.
Pukyong National University
Email: sjlee@ce.pknu.ac.kr* · krseo@pknu.ac.kr**

요 약

CSMA/CD 는 경쟁적 매체접근 제어방식으로 충돌현상은 필연적이다. 접속을 시도하는 스테이션의 수가 많아지면 충돌횟수도 증가하고 채널의 이용도가 저하된다. 본 논문에서는 CDMA/CD 방식에 충돌이 발생하였을 때 의도적으로 충돌현상을 지연하고 이를 활용하여 채널을 예약할 수 있는 기능을 포함하는 알고리즘을 제안한다. 예약된 채널에는 예약에 성공한 스테이션만 경쟁에 참여하게 되고 채널을 확보할 수 있다. 제안된 알고리즘은 실험결과 충돌이 반복적으로 발생하는 현상을 급격히 감소시키며 전체적으로 채널의 이용도가 향상되는 것을 확인하였다.

Ⅰ. 소개

방송 네트워크에서 채널사용을 제어하는 매체 접속제어(MAC) 문제는 오랫동안 중요한 연구분야로 인식되어 왔다[1,2,3,4]. 채널을 사용하고자 하는 스테이션들의 동작 형태가 매우 다양하기 때문에 효율적이고 단순하며 완벽한 제어를 보장하는 방식의 발견은 불가능하다 할 수 있다.

매체 접속제어 방식을 분류하는데 가장 중요한 관점으로는 충돌 현상에 있다. 충돌 회피 방식과 충돌 허용 방식으로 할 수 있는데 충돌 회피 방식은 채널자원을 나누어서 필요한 스테이션에 제공하는 방식으로 주파수 분할방식과 시분할 방식, 또 코드분할 방식 등이 있다[1].

이러한 충돌 회피방식은 충돌이 발생하지 않지만 보통 중앙집중의 관리가 필요하고 제어가 복잡하며 채널의 활용도가 낮을 때는 분할된 자원이 사용되지 않기 때문에 채널의 이용도가 저하된다.

이에 대하여 충돌 허용방식은 분산된 스테이션 각각이 접속제어에 참여하며 서로의 상태를 인지할 수 없기 때문에 충돌의 발생이 필연적이다. 따라서 충돌 발생 시 적절한 제어 기법을 활용하여 충돌이 발생하지 않는 경우에 채널을 할당받아 통신을 수행할 수 있도록 한다. 이 방식은 1970년대 하와이 대학에서 연구된 ALOHA 시스템에 적용된 방식으로 무선통신 시스템에서 단일채널을 여러 스테이션이 공유하여 사용하는 데이터 통신 시스템을 위하여 설계되었다. ALOHA 는 충돌현상이 발생하면 일정기간동안 채널을 사용할 수 없게되는데 이에 따라 채널의 활용도가 감소하게 된다. 충돌을 허용하는 매체 접속제어 방식은 충돌현상이 발생했을 때 최소한의 시간, 비용으로 채널을 사용가능 상태로 만들도록 하는 연구가 필수 적이다. 이러한 연구결과로 슬롯 ALOHA 가 개발되었으며 ALOHA에 대하여 2배의 채널 사용도를 얻을 수 있었다[2,3,4].

계속되는 연구의 결과로 캐리어인지 다중접속 프로토콜(CSMA) 방식이 유선망의 매체 접속 프로토콜로 개발되었으며 여기에 충돌현상을 탐지하는 기능을 추가하여 CSMA/CD 방식이 발표되었다. CSMA/CD 방식은 이더넷에서 채용되어 널리 알려졌으며 최근에 관심을 끌고있는 이동 데이터 통신을 위한 매체 접속제어 방식으로 적용되고 있다. CSMA/CD 방식은 성능과 비용 면에서 매우 훌륭하지만 채널을 사용하려는 스테이션의 수가 많아지면 충돌현상은 증가하고 따라서 채널의 활용도는 감소하게 된다[5,6,7].

최근에 CSMA/CD 방식을 더욱 보완하여 CSMA/CD 방식에 인터럽터 기능을 추가하여 채널을 예약할 수 있도록 하는 CSMA/RI 방식이 제안되었다[8]. CSMA/RI 방식은 채널이 사용중

일 때 채널 확보를 위하여 대기중인 스테이션이 특정한 시점에 인터럽터를 발생하고 이를 통하여 다음 번 채널의 사용권을 확보하는 방식이다. 연구결과로 충돌현상이 현저하게 감소하며 채널의 활용도가 높아졌음을 보였다. 하지만 인터럽터 발생문제와 인터럽터가 데이터 전송 중에 일어나기 때문에 전송데이터를 인터럽터 신호와 분리하는 문제 등이 이 제어 방식의 선택을 어렵게 한다.

본 논문은 CSMA/CD 방식에 의사충돌을 도입하여 채널을 예약할 수 있도록 설계된 접속제어 방식을 제안한다. 제안된 알고리즘은 II 장에서 설명하였다. III. 장에서는 알고리즘의 구현에 필요한 사항과 성능평가 결과를 보이고 IV. 장에서 결론을 맺는다.

II. 채널 예약 프로토콜

제안된 프로토콜은 CSMA/CD 방식을 개선한 것이므로 CSMA/CD 프로토콜을 우선 살펴보기로 한다.

본 논문에서 고려되는 CSMA/CD 방식은 일반적으로 많이 사용되는 슬롯 방식이다. 스테이션에서 전송되는 신호가 전달되는 최대 지연시간을 τ로 표시하는데 슬롯방식을 사용할 때 슬롯의 길이 T 는 2τ 정도로 사용된다. 전송을 시작하는 시점은 나누어진 슬롯의 시작점에서 수행된다.

CSMA/CD

R1. 채널이 사용중이지 않으면 즉시 패킷을 전송한다.

R2. 채널이 사용중이면 채널상태를 감시한다.
채널의 사용이 끝나면 즉시 패킷을 전송할 수 있도록 준비한다.

R3. 전송이 끝났음을 인지하면 1-지속 방식으로 패킷을 전송한다.
패킷이 성공적으로 전송되었으면 각 스테이션은 패킷의 목적지가 자신인지 확인하고 아니면 패킷을 폐기한다.

R4. 전송한 패킷에 충돌이 발생하였으면 잠시 후 알고리즘을 다시 시작한다.

이 알고리즘에 따르면 어떤 스테이션도 채널을 사용하지 않을 때 채널은 휴식상태에 있다. 이때는 어떠한 스테이션도 채널이 가용한 상태라고 인지하고 패킷을 전송한다. 만약 채널에 패킷을 전송한 스테이션이 2개 이상이라면 충돌이 발생하는데 알고리즘에 의하여 충돌이 발생하지 않을 때 까지 1-지속 방식으로 재 전송한다. 이때의 상태를 경쟁 상태라 하는데 1-지속 방식은 채널이 사용 가능이라 판단되면 1의 확률로 전송하는 방식으로 IEEE 802.3 의 표준으로 사용된다[6]. 경쟁에서 승리한, 즉 채널을 확보한 스테이션은 패킷을 전송하고 이때를 전송 상태라고 한다.

그림 1.은 CSMA/CD 의 각 상태 변화를 보여준다.

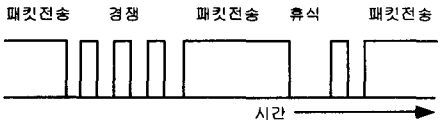

그림 1. CSMA/CD 의 3 가지 상태: 경쟁, 전송, 휴식

그림 1.에서 볼 수 있듯이 각 스테이션이 경쟁 상태에서 채널을 확보하기 위한 작업을 수행할 뿐이고 실제 전송은 이루어지지 않는다. 채널의 이용도를 증가시키기 위해서는 경쟁에 소요되는 시간을 최소화 시켜야 함은 자명하다.

본 논문에서 제안된 알고리즘은 그림1.에서 보인 경쟁 상태를 최소화하도록 설계되었다. 또한 목적의 달성을 위하여 알고리즘이 복잡하게 되지 않도록 하였다. 제안한 알고리즘의 핵심은 최초의 충돌발생은 어쩔 수 없는 것으로 생각하고 최초의 충돌이 발생하였을 때 각 전송 스테이션이 확률적으로 계산된 시간만큼 의사 충돌 신호를 발생하고 이 신호와 채널에서 감지된 충돌신호를 감지하여 최장의 의사 충돌 신호를 발생한 스테이션이 채널을 예약하게 하는 것이다.

다음은 제안된 알고리즘을 CSMA/CD 와 근사한 방식으로 표현한 것이다.

개선된 알고리즘

R1. 채널이 사용중이지 않으면 즉시 패킷을 전송한다.

R2. 채널이 사용중이면 채널상태를 감시한다.
채널의 사용이 끝나면 즉시 패킷을 전송할 수 있도록 준비한다.

R3. 전송이 끝났음을 인지하면 1-지속 방식으로 패킷을 전송한다.
패킷이 성공적으로 전송되었으면 각 스테이션은 패킷의 목적지가 자신인지 확인하고 아니면 패킷을 폐기한다.

R4. 전송한 패킷에 충돌이 발생하였으면 0 에서 2τ 까지의 시간을 확률로 계산하고 이 기간동안 의사충돌신호를 전송한다.
의사충돌 신호를 전송한 스테이션은 충돌신호의 길이가 자신이 전송한 신호와 같은 스테이션은 즉시 R1을 수행하고 그렇지 않은 스테이션은 1 슬롯을 지연한 후 R1을 수행한다.

이 알고리즘의 동작 상태를 그림으로 보인 것이 그림 2. 이다.

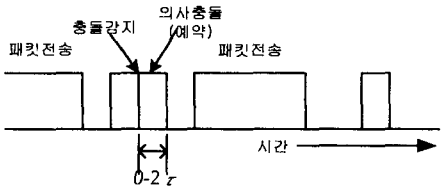

그림2. 개선된 알고리즘의 상태변화

제안된 알고리즘은 그림에서와 같이 여러 대의 스테이션이 동시에 채널을 사용하려고 할 때 충돌이 발생한다. 하지만 이때 각 스테이션은 각각 2τ 보다 작은 의사 충돌신호를 확률적으로 계산하여 전송한다. 이때 최고로 긴 충돌신호를 전송한 스테이션이 다음채널을 확보하고 나머지 채널은 일정시간 뒤에 다시 채널을 확보하기 위한 경쟁에 참여한다.

그림 2.에서 볼 수 있듯이 완벽하게 채널이 예약된 경우 충돌현상은 단 1번만 발생한다. 물론 예약에 필요한 시간이 부가되지만 이에 따른 손실이 여러 번 발생할 때 생기는 손실보다 작다면 이 알고리즘은 보다 효율적으로 될 것이다.

III. 고찰 과 성능

제안된 알고리즘은 기존의 CSMA/CD 방식에 몇 가지 부가 기능을 추가하여 구현할 수 있다.

우선 의사 충돌신호는 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/CD 에는 확률계산기능이 있으며 이를 활용한다. 의사충돌의 지연시간은 알고리즘의 효율과 밀접한 관계가 있을 것으로 생각된다. 여기서는 2τ 정도의 값을 사용하였는데 이를 크게 하면 예약능력을 향상시킬 수 있지만 예약에 필요한 시간이 증가하게 된다.

본 논문에서 충분히 고려되지 않은 사항 중 하나는 스테이션의 고장에 관한 문제이다. 분산환경에서 동작하는 각 스테이션은 동작 중에 새로이 추가될 수도 있고 사용 중 고장이 발생하기도 한다. 새로이 추가하는 스테이션은 기존의 CSMA/CD 경우와 같이 문제가 없지만 예약을 완료한 스테이션에 장애가 발생하면 문제 해결에 따른 약간의 지연이 발생한다. 여기서는 1슬롯의 지연을 두어 예약스테이션이 자료를 전송하지 않으면 다시 알고리즘을 개시하는 방법으로 해결하였다. 보다나은 성능을 얻기 위해서는 추후 보완이 필요한 사항이다.

제안된 알고리즘의 성능평가를 위하여 간단한 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션은 2가지 사항을 측정하였는데 일정기간동안 발생하는 총 충돌의 횟수와 채널의 활용도이다.

시뮬레이션에 사용된 각종 환경은 우선 단일 크기의 패킷을 가정하였으며 스테이션의 채널요구 성향은 포아손 분포를 따르는 것으로 하였다. 이때 스테이션의 수를 증가시키면서 전송에 성공한 패킷의 횟수에 따른 충돌회수의 비와 채널의 활용도를 기존의 CSMA/CD방식과 비교하였다.

시뮬레이션은 AMD 의 CPU를 사용하는 Linux 머신에서 수행하였으며 C 언어로 프로그램 되었다. 그림 3. 과 그림 4. 는 각각 충돌횟수와 채널 활용도를 나타낸다.

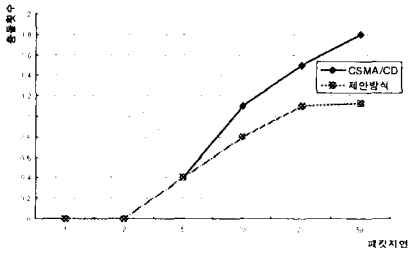

그림 3. 충돌횟수

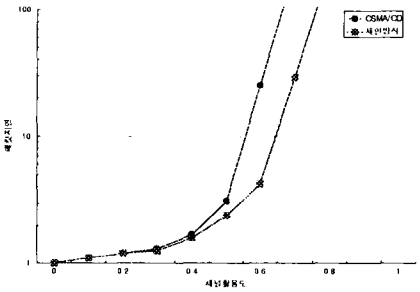

그림 4. 채널 활용도

시뮬레이션의 결과 패킷의 전송빈도가 낮을 경우는 제안된 알고리즘은 CSMA/CD 와 거의 같은 성능을 보인다. 하지만 스테이션이 증가하여 전송요구가 많아질 때 CSMA/CD 방식은 충돌횟수가 비례하여 증가 하지만 제안된 알고리즘에서는 아주 약간의 충돌 현상만 보인다. 이론적으로 완벽한 예약조건이 성립되면 1회의 패킷전송에 1번 이상의 충돌이 발생하지 않지만 전송지연으로 인하여 2대 이상이 예약을 한 것으로 판단하기 때문에 요구가 밀집될 때 1.2 회 정도의 충돌이 발생하는 것으로 분석된다.

IV. 결론

본 논문에서는 경쟁방식의 다중매체 접근제어 방식인 CSMA/CD를 개선하여 성능이 향상된 알고리즘을 제안하였다. CSMA/CD 는 본질적으로 채널을 확보하기 위한 충돌 현상이 발생하게 되고 채널에 접속된 스테이션이 증가하면 충돌 현상도 빈번히 발생하게되므로 채널의 활용도는 감소하게된다. 제안된 알고리즘은 최초의 충돌 발생시 스테이션은 의사 충돌신호를 발생하고 이를 활용하여 채널 예약을 하도록 하였다. 의사 충돌에 의한 손실이 발생하지만 이로 인하여 다음 번에는 충돌이 발생이 현저하게 감소한다. 의사 충돌에 의한 성능개선은 시뮬레이션으로 확인하였다.

참고문헌

[1]R. Rom and M. Sidi, *Multiple Access Protocols*. NewYork: 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 protocols 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]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