

전송예약을 통한 CSMA/CD 프로토콜 성능 개선방안

이병재⁰ 이지영 안순신
고려대학교 전자공학과
{ airman01, ljy, sunshin}@dsys.korea.ac.kr

The Method of Improving the Performance of CSMA/CD Protocol through Reservation

Byung-Jae Lee⁰ Ji-Young Lee SunShin An
Computer Network Lab. Dept. of Electronics Eng., Korea University

요 약

최근 인터넷의 급격한 성장의 일면에는 CSMA/CD 프로토콜에 기반을 둔 이더넷 네트워크 망의 중추적인 서비스 제공에 있다고 볼 수 있다. 사용자의 기하급수적 증가와 더불어 인터넷망의 복잡성은 이더넷 인터넷망에서의 각 호스트들간의 데이터 충돌을 급속하게 야기시켜, 전체적인 서비스 지연을 초래하는 경우가 발생되고 있다. 본 논문에서는 전송예약을 통해 기존 CSMA/CD 프로토콜에서의 프레임 충돌횟수를 줄이고 전송효율 또한 높이는 방안을 제시한다.

1. 서 론

최근 수년간 인터넷서비스의 폭발적 요구에 따른 이더넷 네트워크망에 연결되는 호스트들의 대폭적 증가로 인한 전체 인터넷망 트래픽의 급속한 저하현상이 발생되고 있다. 이는 기존의 이더넷 맥 계층에서 사용되고 있는 CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) 프로토콜 환경하에서 많은 호스트들간 상호 프레임 전송시 예기치 않은 충돌 발생으로 인한 지연발생이 주요원인이 될 수 있다. 따라서, 이러한 충돌에 의한 전송지연을 최소화시켜 전체적인 인터넷망의 트래픽 개선 필요성이 요구되고 있다.

2. 관련 연구

2.1 CSMA/CD 프로토콜의 개요^[1]

CSMA/CD 프로토콜은 기존 CSMA 방식에서의 호스트간 프레임이 충돌할 경우, 충돌된 프레임이 전송되는 동안의 불필요한 채널 낭비를 줄이기 위한 것이다.

네트워크망에서 모든 호스트들은 동일한 케이블에 접속되어 어느 순간 두 이상의 호스트간에 통신이 발생하여 다중접속 모드로 동작하게 되는데 이때 두 호스트가 동시에 프레임 전송을 시도하여 신호가 서로 충돌하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서, CSMA/CD 프로토콜에서는 이러한 가능성을 감소시키기 위해서 각 호스트는 프레임 전송전에 다른 프레임이 전송되고 있는지 감시하게 된다.

만약 전송되고있는 프레임이 없다면 자신의 프레임을 전송하며 그렇지 않을 경우에는 임의의 시간을 기다린다.

충돌이 감지되면 전송을 즉시 중지하고 일정기간동안 임의의 비트패턴을 모든 호스트들에 보내어 충돌경보를 알린다. 충돌을 인지한 호스트들은 서로 다른 임의의 시간을 대기한 후 재전송을 시도한다.

2.2 CSMA/CD 프로토콜의 동작 및 구성^[4]

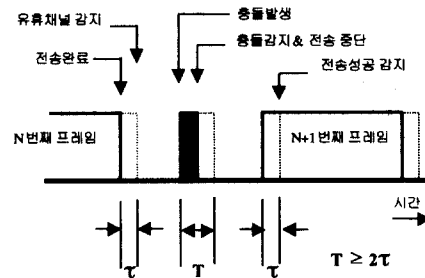


그림 1. CSMA/CD 브로드캐스트 채널

그림1 에서 N 번째 프레임 전송 완료 후 τ (두 호스트간 최대 전송지연 시간)가 지나게 되면 다른 호스트들이 채널 유틸상태를 감지하여 임의시간 기다린후 동시에 프레임을 전송할 수 있다. 이때 충돌이 발생되면 최소 τ 시간 경과 후 충돌감지가 되며 전송 호스트는 즉시 전송을 중지한다. 이후 다시 τ 시간이 경과하면 채널 유틸이 감지되며 이때 N+1 번째 프레임을 다시 전송하게 된다.

3. 예약정보를 기반으로 한 우선순위 제공방안

본 절에서는 기존의 CSMA/CD 프로토콜 방식에서의 예기치 않은 프레임 충돌을 최소화 하기 위한 방안을 제시한다. 기본 개념은 데이터 전송시 다음 번 보낼 데이터를 위한 예약 정보를 함께 실어서 보내는 것이다. 또한, 각 호스트들은 내부에 여러 호스트의 리스트와 각각의 시간정보 테이블로 구성된 호스트 유지정보를 갖는다. 이 정보를 기반으로 하여 다음 전송을 예약함으로써 호스트들간의 전송 프레임 충돌을 최소화 하도록 한다.

모든 호스트들은 자신에게 오는 프레임이 아니라고 할지라도, 현재 망에 전달되고 있는 모든 데이터들을 각각 버퍼링 한다고 가정한다. 각 호스트들은 상대방의 예약 정보가 실려오는 프레임을 버퍼링해서, 예약 정보를 수집한다.

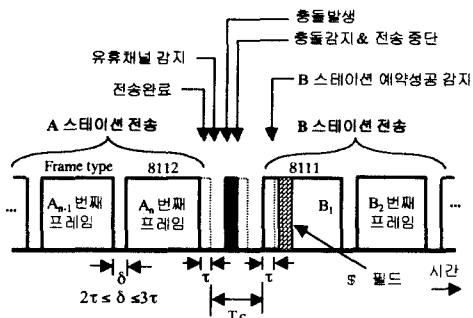


그림2. 예약정보를 기반으로 한 CSMA/CD 채널

3.1 기본 동작 방식

본 논문에서는 이러한 확률을 줄임으로써 이더넷의 속도를 높일 수 있는 방안에 대해 제시한다. 각 호스트들은 자신이 보내는 프레임에 예약정보를 함께 덧붙인다. 이 예약 시간 정보는 얼마후 데이터를 전송하겠다는 상대적인 시간정보이다. 이 데이터가 성공적으로 전송이 되면 다른 호스트들도 함께 이 정보를 수신하게 된다. 각 호스트들은 이 정보를 바탕으로 우선순위를 결정하여 자신이 데이터를 보낼 순위를 결정하게 된다. 즉, 수신된 데이터의 시간 정보를 기반으로 한 우선순위에 따라 데이터를 보내게 되면 상대적으로 충돌확률이 줄어들게 되어, 전송매체의 전송효율이 높아질 수 있고, 호스트 증가에 따른 급격한 성능 저하를 최소화 할 수 있다.

그림2 에서는 예약정보를 기반으로 하는 CSMA/CD 프로토콜의 브로드캐스트 채널에 대한 그림이다.

먼저 첫번째 우선순위의 스테이션 A가 프레임을 A_n 까지 전송한다. 이때 마지막 A_n 프레임 타입은 "8112"로서 다른 호스트에게 진행중인 예약전송이 완료된 것을 통보하는 역할을 한다. τ 시간이 지나면 모든 스테이션이 유휴상태를 감지하게 되고 이때 비로소 각 스테이션에서의 점유경쟁으로 충돌이 발생할 수 있으며 결국 어느 한 스테이션이 채널을 점유하게 된다.

그림2 에서와 같이 이후 스테이션 B가 프레임을 사전예약한다고 가정하면, 스테이션 B는 타입 "8111" 인 예약 프레임을 첫번째 전송하여 B_n개 프레임을 예약한다.

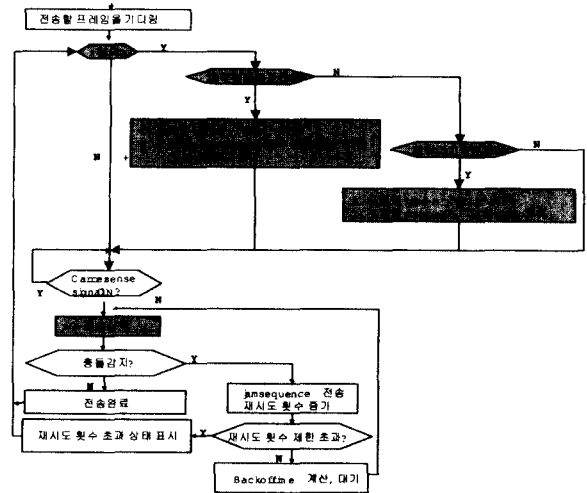


그림3. 송신 호스트의 내부 동작 순서

그림3은 프레임을 송신하고자 하는 호스트에서의 내부 동작 흐름을 나타내고 있다. 전송할 프레임이 준비되면 예약전송을 할 것인지 결정후 만약 예약전송이면 프레임 타입을 "8111"로 변경하고 Payload에 예약시간정보와 일반 데이터를 기록 한다. 만약 채널이 마지막 프레임에 도달하면 프레임 타입을 "8112"로 변경하고 Payload에 일반 data를 기록 후 전송대기 상태에 들어간다. 전송도중 충돌이 발생되면 jam sequence를 다른 호스트에 보내고 재시도 횟수를 증가한후 backoff 시간을 계산하여 대기한다.

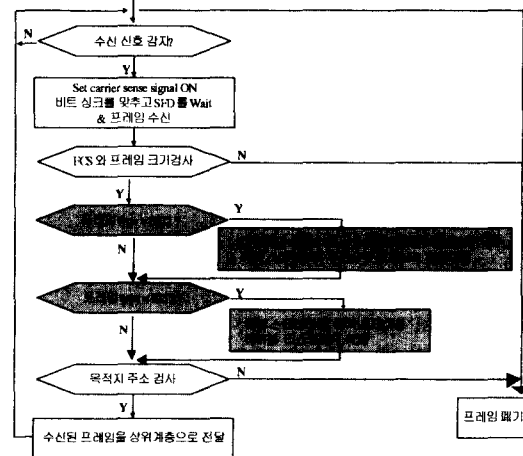


그림4. 수신 호스트의 내부 동작 순서

그림4는 수신 호스트의 내부 동작 흐름을 나타낸다. 수신 신호가 감지되면 비트싱크를 맞추어 프레임을 수신하고 FCS와 프레임 크기검사가 완료되면 프레임 타입을 조사한다.

만약 프레임 타입이 "8111"이면 프레임속에 포함된 예약정보를 추출하여 호스트 테이블에 기록후 기 예약된 호스트들의 우선순위를 재계산하여 각 호스트의 우선순위 업데이트를 실시한다. 이때 호스트별 전송 우선순위가 변경 될 수 있다. 우선순위 계산은 호스트 예약 테이블에 기록되어있는 Next transmission time과 전송할 Frame 갯수를 기준으로 산출한다. 만약 프레임 타입이 "8112"이면 해당 스테이션을 예약 테이블 리스트에서 삭제한다. 이후 목적지 주소검사를 하여 일치하면 수신된 프레임을 상위계층으로 전달한다.

3.2 시간정보 계산

자신이 보내는 데이터의 헤더에 덧붙이는 시간정보(TS:time stamp)는 다음과 같은 기준에 따라 결정된다.

- 현재점에서 얼마 후 데이터를 전송할 시간정보
- 연속해서 보낼 프레임의 갯수

이 시간 정보를 예측하기 위해서 현재 데이터를 보내는 시점에서 다음 번 보낼 데이터가 큐에 있다고 가정한다. 이런 경우에는 대부분 데이터를 바로 보내기 때문에 바로 처리가 가능하며, 시간 예측 또한 가능하다. 이때는 이미 데이터는 큐에 쌓여있기 때문에 어느 정도 확률로 데이터를 보내겠다는 부가 정보는 불필요하게 된다. 큐에 쌓이는 데이터를 모두 보낼 때까지 망을 선점하면 안되므로, 공정성을 위한 방안이 필요하게 된다. 즉, 일정 횟수를 보내면 다른 시스템에게도 기회를 주는 방식의 알고리즘이 필요하다. 큐 내에서 대기 중인 데이터들에 대한 정확한 대기 시간을 추출해내는 것이 필요하다.

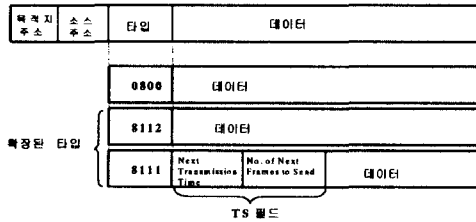


그림5. TS 정보 필드 구성

그림5는 프레임타입과 TS 정보 필드 구성을 나타내고 있다. 프레임 타입은 크게 3가지로 구분된다. Type "0800"은 일반 data 전송시 사용된다. Type "8111"은 예약 프레임으로서 Next transmission time, Frame 갯수 2개 필드로 구성되어 있으며 이값을 기준으로 예약 우선순위를 계산한다. Type "8112"는 예약 전송 완료를 알려주기 위해 사용되며 Payload에는 일반 데이터가 기록되어 전송된다. Next transmission time 시간단위는 uS, 프레임 크기 단위는 바이트를 기본으로 하며, 단 최대 1500 바이트를 넘을 수 없다.

3.3 호스트 내부 정보 테이블

3.3.1 내부 정보 테이블

- 현재까지의 예약 횟수 및 예약 후 전송 성공 횟수
- 현재 전송을 위해 큐에 쌓여있는 프레임들의 수 및 총 데이터 양

테이블은 각 호스트들이 보내는 예약 정보를 바탕으로 구성되며, 예약정보 수신시마다 업데이트 된다. 또한 각 호스트들은 내부에 정보를 유지하게 된다. 기본 원칙은 각 호스트들은 데이터전송시 다른 시스템들이 예약한 시간은 되도록 피해서 전송해야 한다.

3.3.2 외부 정보 테이블

- 호스트명: 프레임을 전송한 소스 어드레스
- 전송예약시간: 해당 호스트의 다음 데이터 예약시간
- 연속적으로 보낼 프레임의 갯수
- 예약후 전송 성공 횟수: 예약 한후 성공한 누적횟수
- 현재까지의 예약 횟수 및 예약 후 전송성공 횟수
- 전송할 큐에 쌓여있는 프레임의 수

3.4 공정성 (Fairness) 를 위한 방안

하나의 시스템이 성공한 후에, 그 예약된 것을 기준으로 만약 계속해서 프레임을 보낼 경우 다른 시스템들은 프레임을 보낼 수 없게 된다. 따라서, 특정 호스트가 전송매체를 선점하는 일이 없도록 서로간의 공정성 확보가 필수적이다. 이를 위한 방안으로는 특정 호스트에서 프레임 전송시 한번에 최대 보낼 수 있는 프레임갯수를 한정한다.

최대 프레임갯수를 N 라고 하면 아래와같이 산출한다.

$$N_{max} = \left\lfloor \frac{c}{m} \right\rfloor$$

여기서 c 는 임의의 상수를 나타내며, m 은 네트워크 호스트 수를 나타낸다. 따라서 N 값은 네트워크 호스트수에 반비례하여 작아진다. 즉 호스트 수가 많아지면 트래픽이 동시에 증가될 확률이 커지므로 한 호스트가 전송매체를 점유하는 시간을 상대적으로 줄인다.

4. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 기존 CSMA/CD 프로토콜의 취약점인 채널상에서의 프레임 충돌발생을 최소화 할수 있는 방안을 제시 하였으며 네트워크망의 채널상의 트래픽 개선에 중점을 두고 있다. 본 방안은 예약정보 비트들의 추가로 인한 호스트상에서의 로드(load)는 다소 증가되나 미디어 채널 상에서의 프레임 충돌을 최소화하여 전체적인 CSMA/CD 네트워크망의 성능향상을 개선할 수 있다.

향후연구 과제로서는 새로운 호스트의 Power Up시 처리할 방안이 필요하다. 기존 동작중인 채널상에 새로운 호스트가 power up 하는 경우, 기존의 정보들을 알지 못하므로 이를 처리하기 위한 루틴이 필요하다. 이경우 기존의 우선순위가 높은 호스트가 정보를 나눠주거나, 일정 시간(데이터 수집 기간)동안은 새로 power up 된 호스트가 데이터 수신만을 하도록 함으로써 정보를 수집하게 하면 된다.

5. 참고 문헌

- [1] Carrier sense multiple access with collision detection(CSMA/CD) access method and physical layer specifications, IEEE Std 802.3, 2000 Edition
- [2] C.H.Foh, M.Zukerman, "CSMA with Reservation by Interruptions (CSMA/RI): A Novel Approach to Reduce Collisions in CSMA/CD ",IEEE Select.Area Commun.,vol.18, no.9,pp.1572-1580,Sep.2000
- [3] Andrew S. Tanenbaum, Computer Networks Third Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458
- [4] Simon S. Lam, "A Carrier Sense Multiple Access Protocol for Local Networks, " Computer Networks,Vol.4, Feb 1980, pp.21-32