

동적 네트워크에서 CSMA 다중접속을 위한 적응형 Persistence 방법

이왕중^{0*} 김병부^{*} 이승형^{*}
 광운대학교 전자공학과^{*}

woorihope@explore.kw.ac.kr⁰, cavalier@ke.ac.kr, shrhee@daisy.kw.ac.kr

An Adaptive Persistence Strategy for the CSMA in Dynamic Networks

Wangjong Lee^{0*}, Byungboo Kim^{*}, Seung Hyong Rhee^{*}
 Dept. of Radio Science & Engineering, Kwangwoon University^{*}

요 약

통신 기술의 발달로 많은 통신기들이 하나의 채널을 공유하여 사용하게 되었다. 여러 통신기기가 채널을 공유하여 사용하므로 동시에 데이터를 전송하여 발생하는 충돌 가능성이 증가하였다. 이러한 충돌로 인한 네트워크 성능의 저하를 방지하기 위하여 다양한 다중 접속(Multiple Access) 기술이 연구되고 있다. CSMA(Carrier Sense Multiple Access)는 다양한 다중 접속 기술의 기반이 되는 기술이다. CSMA는 nonpersistence, 1-persistence, p-persistence와 같이 다양한 전송 방식을 지원하기 때문에 여러 네트워크 환경에 널리 적용된다. 그러나 CSMA가 다양한 네트워크 환경에 적용이 가능하지만 네트워크의 빈번한 상태 변화를 고려하여 최적의 성능을 유지하지는 못한다. CSMA의 전송 방식들은 네트워크 환경에 따라 그 성능의 변화가 심하다. 본 논문에서는 동적 네트워크 환경을 고려하여 성능을 향상시키기 위한 적응형 persistence 방법을 제안한다.

1. 서 론

통신 기술이 발달하면서 많은 통신기들이 채널을 공유하여 사용하게 되었다. 통신기기의 증가와 더불어 여러 통신기들이 공통 채널(Common Channel)을 사용하기 위해 다양한 다중 접속 프로토콜(Multiple Access Protocol)이 연구되고 있다. CSMA(Carrier Sense Multiple Access) 기술은 대표적인 다중 접속 기술로 Ethernet 전송 프로토콜로 표준화된 CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect)와 무선통신에 사용되는 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)의 기반이 되는 기술이다. 이러한 다중접속 기술들은 여러 통신기들이 동시에 데이터를 전송하므로 발생할 수 있는 충돌의 가능성을 줄이므로 네트워크의 성능이 저하되는 것을 방지한다.

CSMA는 채널 감지(carrier sensing) 방식과 채널 점유 후 전송 방식에 따라 세 가지로 분류된다. 각 전송 방식은 네트워크 환경에 따라 채널의 효율성과 성능에 큰 차이를 보인다. 그러므로 네트워크 환경을 고려하여 전송 방식을 적용해야 한다. 이러한 CSMA를 기반으로 다중접속 기술과 흐름제어 기술에 대한 여러 가지 연구가 진행되었다[1, 2, 3].

본 논문에서는 p-persistence 방식을 기반으로 네트워크 환경에 따라 지능적으로 전송 확률 p를 변화시켜 전송 성능을 향상시키는 방법을 제안한다. 기존의 p-persistence 방식과 적응형 persistence 방법의 성능 비교를 통하여 제안한 적응형 persistence 방법이 변화하는 네트워크 상황에서 우수한 성능을 보임을 검증한다.

2. CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

여러 노드가 채널을 공유하는 네트워크에서 충돌없이 효율적으로 데이터를 전송하는 방법은 먼저 다른 노드가 채널을 사용하는지의 여부를 확인하는 것이다. 데이터를 전송하려는 노드는 먼저 대기 상태에서 채널이 다른 노드에 의해 사용되는지 여부를 확인 한 후 데이터 전송을 시도하여야 한다. 이러한 통신 방법이 CSMA(Carrier Sense Multiple Access)이다. CSMA에서 데이터 전송의 충돌을 피하기 위한 2가지 전송방식을 이용한다.

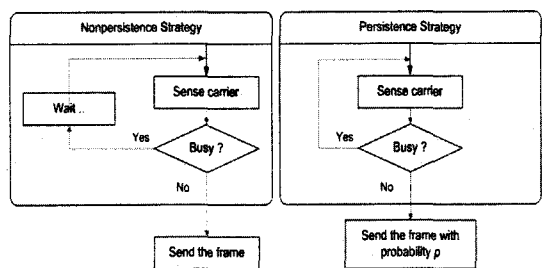


그림 1 2개의 CSMA 전송 방식

Non-persistence 방법은 데이터를 전송하고자 하는 노드가 이미 채널이 사용되고 있는 것을 감지하면, 임의의 시간이 지난 후 다시 채널 감지를 시작한다. 채널이 사용되지 않는 경우 노드는 채널을 점유하고 데이터를 전송한다. 채널 감지와 임의의 지연 시간을 통하여 여러 노드가 동시에 데이터를 전송하여 발생하는 충돌 가능성을 감소시킨다. 그러나 임의의 시간을 지연하게 되므로 지연시간 내에 채널이 사용되지 않는 경우가 발생하더라도 채널 감

*본 결과물은 2006년도 「서울시 산학연 협력사업」의 「나노IP/SoC설계기술혁신사업단」의 지원으로 이루어졌습니다.

지를 통한 데이터 전송을 시작하지 않는다. 이로 인해 채널의 효율성이 낮아지게 된다.

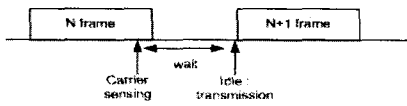


그림 2 Non-persistence 방법

그림 2는 Non-persistence 방법을 보여준다. 이 경우에 노드마다 임의의 시간동안 지연이 발생하기 때문에 여러 노드들이 동시에 채널을 감지하여 데이터를 전송하는 충돌 가능성이 낮아지게 된다. 그러므로 non-persistence 방법에서는 충돌로 인한 성능 저하를 방지할 수 있다. 이러한 임의의 지연 시간은 너무 작을 경우에는 잦은 채널 감지가 발생하고, 긴 시간으로 주어질 경우에는 채널의 효율성이 급격히 낮아지게 된다.

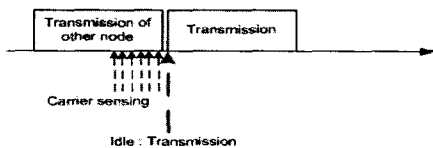


그림 3 Persistence 방법

Persistence 방법은 non-persistence가 임의의 시간을 지연하여 발생하는 채널의 효율성 저하를 보완하는 방법이다. 이 방법은 채널이 사용되고 있는 경우, 채널이 사용되지 않음을 감지할 때까지 지속적으로 채널 감지를 반복한다. 지속적인 채널 감지를 통하여 채널이 사용되지 않는 것을 즉각적으로 인식하여 데이터를 전송할 수 있다. 채널이 사용되지 않는 경우 바로 노드가 데이터를 전송을 시도하기 때문에 채널이 비어있는 상태로 유지되는 상황이 발생하지 않는다. 이를 통하여 채널의 효율성이 높아진다. Persistence 방법은 채널 점유시 데이터 전송을 결정하는 방법에 따라 1-persistence 방식과 p-persistence 방식으로 나뉜다.

1-persistence 방법은 채널이 사용되지 않아 채널을 점유하게 되면 무조건 전송을 시작한다. 이 경우에 지속적으로 채널을 감지하고 있던 다른 노드 역시 채널이 비었음을 감지하고 데이터 전송을 시작하는 경우가 발생할 수 있다. 이 경우에 두 노드의 데이터는 채널에서 충돌을 일으킨다. 이러한 충돌 가능성은 채널을 공유하여 데이터를 전송하고자 하는 노드의 수가 많을수록 높아지게 된다. 그러므로 채널의 효율성은 높아지지만 충돌로 인한 성능 저하가 발생할 수 있다.

p-persistence 방법은 1-persistent와 같이 채널을 지속적으로 감지한다. 그러나 채널이 사용되지 않음을 감지하면 무조건 데이터를 전송하는 대신에 p의 전송 확률을 가지고 데이터 전송을 수행한다. 전송 확률 p가 0.2일 경우 채널이 사용되지 않을 경우라도 20%의 비율로 데이터를 전송한다. 이 방법은 채널이 사용되지 않는 것을 감지한 여러 노드들이 무조건 동시에 데이터를 전송하는

1-persistence 방법에 비하여 충돌 가능성이 감소한다. 그러나 데이터를 전송하고자 하는 노드의 수가 적어 충돌 가능성이 낮은 경우에는 데이터 전송이 가능한 경우에도 전송 확률로 인하여 데이터 전송을 수행하지 않으므로 채널의 효율성과 성능이 낮아지게 된다.

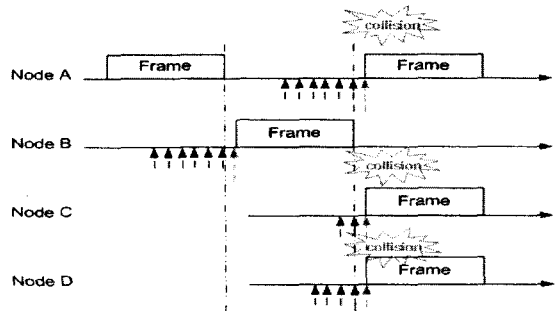


그림 4 노드 증가로 인한 충돌 발생 확률 증가

3. 적응형 persistence 방법

네트워크에서 전송되는 트래픽의 수는 동적으로 변화한다. 이러한 변화는 앞에서 살펴본 CSMA 기술의 성능에 큰 영향을 끼친다. 네트워크에 트래픽이 적은 경우에는 충돌 가능성이 낮아져 가능한 많은 데이터를 전송하면 성능을 향상시킬 수 있다. 그러나 네트워크 트래픽이 많은 경우에는 오히려 많은 데이터 전송은 충돌 가능성을 증가시켜 오히려 성능을 감소시킨다. 이러한 네트워크 환경에서는 전송 확률을 감소시켜 충돌 가능성을 줄임으로 성능을 향상시킬 수 있다. 그러나 CSMA 기술은 네트워크 환경에 따라 유연하게 대처하지 못한다. 1-persistence 방법은 트래픽의 수가 증가에 따라 급격한 성능 저하를 보여주고, p-persistence 방법은 전송 확률과 네트워크 환경에 따라 성능에 큰 변화가 일어난다. 따라서 기존의 CSMA 전송 방식으로는 동적인 네트워크 환경에서 성능의 저하가 발생할 수밖에 없다. 이러한 동적인 네트워크 환경에 유연하지 못한 문제점을 보완하기 위하여 기존의 persistence 방법을 기반으로 적응형 persistence 방법을 제안한다.

적응형 persistence 방법은 네트워크의 환경에 따라 유동적으로 전송 확률 p를 (식 1)과 같이 설정한다. 네트워크에 존재하는 트래픽이 많아 충돌 가능성이 높은 경우에는 p1의 확률로 전송이 이루어진다. 이와 반대로 충돌 가능성이 낮은 경우에는 p2의 확률로 데이터를 전송하여 많은 데이터가 전송되도록 한다.

$$0 < p_1 < p_2 < 1 \quad (\text{식 1})$$

적응형 persistence 방법은 주기적으로 네트워크 환경을 검사하여 전송 확률을 p1과 p2로 변화시킨다. 네트워크에 데이터를 전송하고자 하는 노드의 수가 증가할수록 데이터 전송을 위한 채널 경쟁이 치열해지게 된다. 채널

상에서 많은 데이터가 전송되고 있는 경우 채널이 사용되고 있는 시간이 길어지게 된다. 이로 인하여 새롭게 데이터를 전송하고자 하는 노드가 채널이 사용되지 않음을 감지하기 위한 채널 감지 시간도 증가하게 된다.

적응형 persistence 방법은 채널 감지를 통하여 네트워크의 환경을 판단한다. 트래픽의 증가로 채널 감지 횟수 (RT_n)가 임계치(M)를 넘어서는 경우 많은 데이터의 전송으로 충돌 가능성이 높아졌다는 판단 아래 충돌 가능성을 낮추기 위해 전송 확률을 $p1$ 로 낮춘다. 이와 반대로 채널에서 전송되는 트래픽의 수가 감소하여 채널 감지 횟수가 낮아지는 경우 충돌 가능성이 감소하였다고 판단하여 전송 확률을 $p2$ 로 높인다. 아래의 (식 2)는 채널 감지 횟수와 임계치에 따른 전송 확률의 변화를 보여준다.

$$p = \begin{cases} p1 & (RT_n \geq M) \\ p2 & (RT_n < M) \end{cases} \quad (\text{식 2})$$

(식 2)에서 전송 확률의 변화를 결정하는 임계치(M)로 네트워크 환경에 대한 민감성이 결정된다. 임계치가 작을수록 네트워크 트래픽 수의 변화에 민감해진다. 그러나 임계치가 너무 작은 경우에는 전송 확률의 변화가 잦아진다. 이와 반대로 임계치가 너무 큰 경우에는 적응형 persistence 방법은 네트워크의 트래픽 수의 변화를 거의 고려하지 않는다. $p1$, $p2$ 의 변화가 거의 발생하지 않아 p -persistence와 유사한 동작을 한다.

그림 5는 제안한 적응형 persistence 방법을 보여준다. 노드는 주기적으로 (식 2)를 이용하여 전송 확률을 변화한다. 네트워크 환경을 검사하는 주기가 짧을수록 네트워크의 환경 변화를 잘 반영할 수 있다.

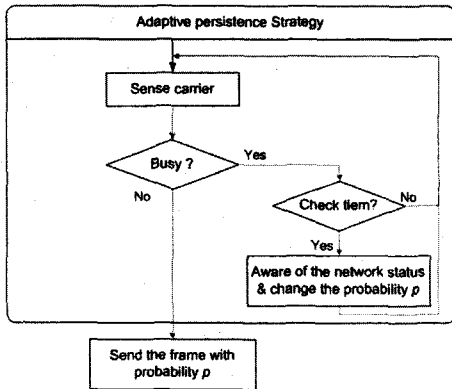


그림 5 적응형 persistence 방법

아래 그림 6은 지능형 persistence에서의 전송 확률 변화와 이로 인한 데이터 전송시 충돌 감소를 보여준다. 그림 4에서와는 달리 네트워크에 데이터를 전송하고자 하는 노드가 증가하면 전송 확률을 $p1$ 로 낮춤으로 채널이 비었음 경우 동시에 데이터를 전송하여 발생하는 충돌 가능성을 줄일 수 있다.

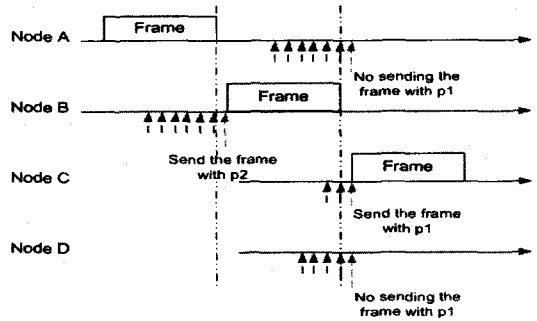


그림 6 적응형 persistent를 이용한 충돌발생 확률 감소

여러 노드들이 동시에 채널이 비었음을 감지하더라도 낮은 전송 확률 $p1$ 로 전송이 이루어지므로 동시에 채널 상에 데이터를 전송하는 노드가 감소한다. 이러한 충돌 방지는 네트워크에 존재하는 트래픽이 증가할수록 성능에 심각한 변화를 가져온다.

4. 시뮬레이션

본 논문에서는 ns2 시뮬레이터 [4]를 이용하여 기존의 p -persistence 방법과 본 논문에서 제안한 적응형 persistence 방법의 시뮬레이션을 수행하였다.

표 1 시뮬레이션 환경

Attribute	Value
Number of flows	1 or 20 flows
Probabilities of transmission	$p1 = 0.3 / p2=0.8$
Critical value of status	5
Persistent time	0.0015 s
Simulation time	150 or 270 s
Bandwidth	100 Mbps
Traffic type	CBR traffic

본 시뮬레이션에서는 성능 향상을 비교하기 위하여 전송 확률 p 가 0.3이나 0.8로 고정되어진 경우와 네트워크 상황에 따라 전송 확률이 $p1$ 과 $p2$ 로 변화하는 적응형 persistence 방법의 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 7은 네트워크에 1개의 트래픽만이 존재하는 경우에 p -persistence 방법으로 데이터를 전송하는 경우와 적응형 persistence 방법으로 전송하는 경우의 성능을 비교하여 보여준다. 1개의 트래픽만 존재하는 경우 채널의 사용도 낮아지므로 높은 전송 확률 $p2$ 로 데이터를 전송하는 경우 우수한 성능을 보인다. 적응형 persistence 방법은 네트워크 환경이 우수하다고 판단하여 $p2$ 의 값으로 데이터를 전송하므로 고정된 0.8의 확률로 데이터를 전송하는 p -persistence 방법과 유사한 성능을 보인다. 이에 반하여 낮은 전송 확률 $p1$ 로 전송하는 경우는 채널 사용빈도가 낮아 충돌 가능성이 낮음에도 불구하고 잦은 전송 포기로 인하여 성능이 저하된다.

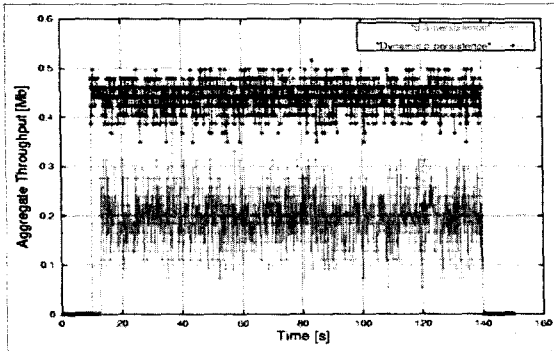


그림 7 1개의 트래픽이 존재하는 경우의 Aggregate Throughput

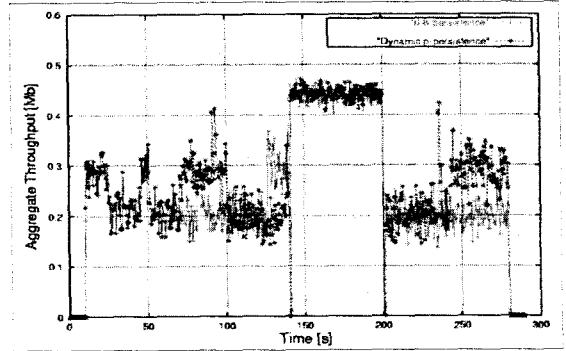


그림 9 트래픽 변화에 따른 Aggregate Throughput

그림 8은 20개의 트래픽이 존재하는 경우 시뮬레이션 수행한 결과를 보여준다. 트래픽이 증가하면서 충돌 확률이 높아진다. 이 경우 0.3의 확률로 데이터가 전송되므로 충돌 가능성이 감소하고, 0.8로 전송할 때보다 우수한 성능을 보인다. 적응형 persistence 방법은 초기에는 p2로 전송을 시작하기 때문에 0.8의 확률로 데이터를 전송하는 경우와 비슷한 성능을 나타낸다. 그러나 시간이 흐르면서 네트워크 환경이 좋지 않은 것을 파악한 후에는 p1로 데이터를 전송한다. 그러므로 계속 낮은 성능을 보이는 0.8의 확률로 데이터를 전송하는 경우와는 달리 시간이 흐르면서 0.3의 확률로 데이터를 전송하는 경우와 유사하게 성능이 향상되는 것을 보여준다.

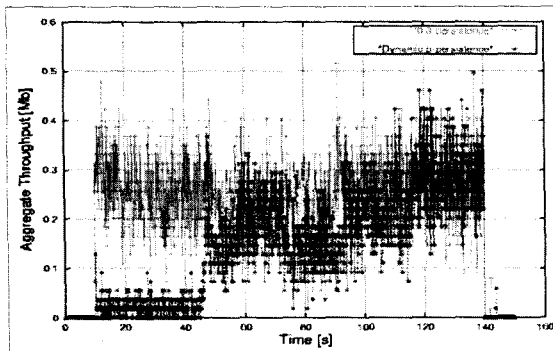


그림 8 10개의 트래픽이 존재하는 경우의 Aggregate Throughput

그림 9와 그림 10은 네트워크 환경에 따른 성능의 변화를 보여준다. 네트워크는 초기에 10개의 트래픽이 존재하다 140초부터 200초까지 1개의 트래픽으로 감소한다. 이후 200초부터 다시 10개의 트래픽이 존재한다. 두 결과는 네트워크 상황에 따라 유동적으로 변화하는 적응형 persistence 방법의 동작을 잘 보여준다. 고정된 전송 확률을 적용하는 경우에는 네트워크 상황에 따라 성능이 현저하게 낮아지는 것을 볼 수 있다. 그러나 적응형 persistence 방법은 네트워크 환경에 따라 유동적으로 전송 확률을 적용시켜 고정된 전송 확률을 이용하는 경우보다 우수한 성능 향상을 보인다.

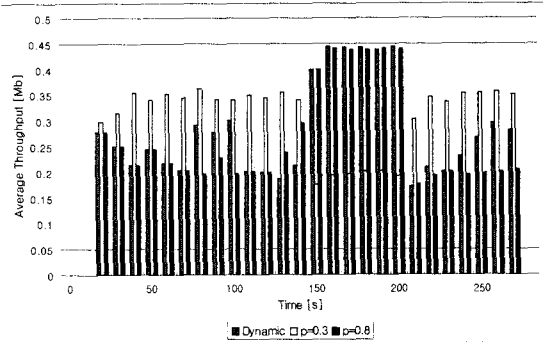


그림 10 트래픽 수에 따른 Average Throughput

5. 결 론

본 논문에서는 대표적인 다중 접속 기술인 CSMA의 p-persistence 방법을 기반으로 동적 네트워크 환경에서 성능을 향상시키는 적응형 persistence 방법을 제안하였다. 네트워크의 변화에 따라 전송 확률을 변화시키는 적응형 persistence 방법을 통하여 채널의 효율성을 높이면서 충돌 가능성을 감소할 수 있다. 이를 통하여 동적 네트워크에 CSMA를 적용하는 경우 발생하는 성능 저하를 개선함으로써 더 다양한 네트워크 환경에 CSMA를 적용할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] H. TAKAGI and L. KLEINROCK, Throughput Analysis for Persistent CSMA Systems, *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM_33, no. 7, Jul. 1985.
- [2] S. G. Glisic, R. Rao, and L. B. Milstein, The effect of imperfect carrier sensing on nonpersistent carrier sense multiple access, in *Proc. IEEE ICC*, vol. 39, pp. 1266-1299, Apr. 1990.
- [3] S. G. Glisic, 1-persistent carrier sense multiple access in radio channels with imperfect carrier sensing, *IEEE Trans. Commun.*, vol. 39, pp. 458-464, Mar. 1991.
- [4] The ns Manual (formerly ns Notes and Documentation), <http://www.isi.edu/nsnam/ns>