

IEEE 802.11e 무선LAN의 차별화된 성능강화기법

윤종원 윤상기 김효곤 고정길^o
고려대학교

{yoonyj, lockdown99, hyogon, jgko^o}@korea.ac.kr

Maximizing Differentiated Throughput in IEEE 802.11e Wireless LANs

Jongwon Yoon, Sangki Yun Hyogon Kim Jeong-Gil Ko^o
Korea University

요 약

IEEE 802.11e 무선LAN 매체접근제어(MAC) 통신규약의 분산조정함수(DCF)의 성능은 경쟁노드수가 증가할수록 급격히 떨어진다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 채널의 유휴슬롯시간(Idle Time)을 측정해서 최소 경쟁원도(CW_{min})를 조절하는 방식이 제시되었다. 이러한 방식을 각 부류별로 서비스 품질이 보장되는 IEEE 802.11e 네트워크로 확장하여 성능을 최대화하는 기법을 이 논문에서 다루겠다. 각 부류별로 서비스 품질은 유지하면서 네트워크 전체의 성능을 높일 수 있는 최적의 경쟁원도 크기를 찾아내는 기법을 보이도록 하겠다.

1. 서 론

IEEE 802.11e 무선LAN 분산조정함수(DCF)의 성능은 경쟁노드수가 증가할수록 급격히 떨어진다는 것은 이미 잘 알려져 있다[1]. 이러한 경쟁해결방식의 비효율성이 지금껏 많은 연구의 대상이 되었고 두 가지 방식의 연구가 행해졌다. 첫째는 전송 성공과 실패 시 최소경쟁원도(CW_{min}) 크기를 조절하는 방식이고[2],[3], 두 번째는 최적의 최소경쟁원도 크기를 시스템의 상황에 맞게 분석적으로 변화시키는 방식이다[4],[5]. 802.11 네트워크의 성능강화를 위한 알고리즘과 분석적인 방식 모두 최소 경쟁원도 크기의 조절에 초점을 맞추고 있다. 이는 여러 가지 802.11 무선LAN 매체접근제어(MAC) 변수들 중에서 최소경쟁원도 크기의 조절이 가장 예측 가능한 다양성을 지니고 있기 때문이다[6]. 그러나 이전의 연구결과들은 802.11 무선LAN의 통신규약 상세규정이외의 최소 경쟁원도 크기를 조절하는 것이다. 이러한 기능은 새로운 802.11e 무선LAN의 표준에서도 가능하다[7].

비록 IEEE 802.11e 무선LAN도 최소경쟁원도 크기의 조절이 가능하지만, 매체접근제어계층의 성능을 최대화하는 방식을 직접적으로 적용할 수 없다. 왜냐하면 802.11e 무선LAN에는 서로 다른 4개의 접근부류(Class)가 있기 때문이다. 이 4개의 접근부류는 서비스 품질을 위해서 각기 다른 최소경쟁원도 크기의 값을 갖는다[7]. 따라서 서비스 품질을 유지하면서 어떻게 802.11회선의 전체 성능을 최대화할 수 있는가 하는 문제가 제기된다. 이 논문에서 우리는 이 문제를 해결하고 성능구별을 유지하면서 각 부류별로 최소경쟁원도 크기를 조절해서 각 부류별로 다르게 설정하는 방법을 보이고자 한다.

우리는 전체 성능을 최대화 시키면서 동시에 차별화된 부류의 성능구별을 유지하기 위해서 최소경쟁원도 크기

만을 조절하는 방식을 사용한다. 802.11e 무선LAN의 성능강화를 위해서 최소경쟁원도 이외에 강화된 분산채널 접근(EDCA)변수, 최대 경쟁원도크기(CW_{max}), 전송기회제한(TXOPlimit), 프레임 간 조정순서(AIFS's)들이 있는데 802.11e 무선LAN 전체의 성능에 끼치는 영향을 정량적으로 구별하기 어렵다. 따라서 우리는 이 논문에서 각 부류별로 최소 경쟁원도 크기를 조절해서 차별화된 성능을 얻는데 목적이 있으므로 각 부류에 대한 이러한 변수들의 영향을 동일하게 설정하도록 하겠다.

2. 각 부류별 최적의 최소경쟁원도 크기 결정

이 장에서 우리는 각기 다른 부류의 노드사이에서 이미 정해진 처리율의 비율을 그대로 유지하면서 802.11e 회선 전체의 처리율 성능을 최대로 할 수 있는 2가지 목적을 함께 충족시키는 각 부류별 최소경쟁원도 크기를 어떻게 얻을 수 있는지에 대해서 논의 하겠다. 이러한 목적들을 위해서 우리는 다음과 같은 방법을 사용하겠다. 먼저 각 부류 간 최소경쟁원도 크기의 역 비율이 각 부류간의 처리량의 비율과 같다는 것을 보이겠다. 각 부류 $i, j (1 \leq i, j \leq K)$ 에 대해서 수식(1)이 성립한다.

$$\frac{CW_{min}^{(i)}}{CW_{min}^{(j)}} = \frac{\theta^{(j)}}{\theta^{(i)}} \quad (1)$$

수식(1)에서 $\theta^{(i)}$ 는 부류*i*에서 노드의 처리량을 의미한다. 또한 시스템 전체의 처리량은 각 부류의 노드수의 처리량의 총 합과 같다. ($\theta = \sum \theta^{(i)} n^{(i)}$) 두 번째로 802.11e 무선LAN의 총 처리량을 최대화 할 수 있는 각 부류별 최소경쟁원도(CW_{min}) 크기 벡터 $W^* = (CW_{min}^{(1)}, CW_{min}^{(2)}, CW_{min}^{(3)}, \dots, CW_{min}^{(K)})$ 를 구해야 한다. 우리가 시스템의 성능을 최대화하기 위해서 필요한 벡터 W^* 는 다음과 같이 수식(2)로 나타낼 수 있다.

$$\forall W' \in W \quad \Theta(W') \leq \Theta(W^*) \quad (2)$$

여기서 W는 802.11e 부류에 할당된 실행가능 한 최소경쟁원도 크기의 집합을 나타낸다.

앞의 수식(1)에서 나타 낸 최소경쟁원도 크기의 비율만으로 802.11e 무선LAN 전체의 처리량을 최대화 시키지 못하므로 수식(2)의 벡터 W*가 필요하다. 예를 들어 W₁ = (1, 2, 4, 8)의 벡터의 경우 W₂ = (32, 64, 128, 256)의 벡터와 동일한 대역폭 분배를 가지지만 두 개의 최소경쟁원도 벡터의 총 처리량은 다르다. 따라서 우리는 이 논문을 통해서 수식(1)과 수식(2)을 동시에 만족시키는 최소경쟁원도 벡터를 어떻게 얻을 수 있는가에 대해서 밝히고자 한다. 또한 앞으로 우리가 사용하게 될 방법은 최소경쟁원도 벡터 W*를 알아내기 위해서 각 부류별 노드의수 n⁽ⁱ⁾을 알지 못하더라도 쉽게 찾아낼 수 있는 방법이다. 실제 802.11e 무선LAN 연결에서 각 부류별 노드의수 n⁽ⁱ⁾는 알아내기 힘든 정보이므로 우리의 방법은 매우 효율적이라고 할 수 있다.

2.1 각 부류간의 처리량 비율

두 부류간의 최소경쟁원도 크기의 역 비율이 총 처리량의 비율과 같다는 것은 이미 이전의 연구에서 밝혀졌다[6],[9]. 우리의 이전연구[9]에 대해서 간단히 다시 살펴보기로 한다. 각 부류간의 동일한 크기의 패킷E[P]를 전송한다고 하면 각 부류의 처리량의 비율은 수식(3)과 같이 정의 할 수 있다.

$$\frac{\Theta^{(j)}}{\Theta^{(i)}} = \frac{E[P]}{T^{(j)}} = \frac{T^{(i)}}{T^{(j)}} \quad (3)$$

위의 수식에서 T⁽ⁱ⁾는 부류 i에서 패킷을 성공적으로 전송하는데 걸리는 시간을 나타낸다. 이 시간은 충돌, 성공적인 전송, 유희시간 그리고 다른 노드의 전송에 의해서 채널이 사용 중인 시간을 의미한다[9]. 다음과 같이 나타낼 수 있는데

$$T^{(i)} = c^{(i)}E[T_c^{(i)}] + T_s^{(i)} + (c^{(i)} + 1)E[T_i^{(i)}] + \sum_{k \neq i}^M \frac{P_s^{(k)}}{P_s^{(i)}} (T_s^{(k)} + c^{(k)}E[T_c^{(k)}])$$

c⁽ⁱ⁾는 부류 i의 노드에서 발생하는 평균 충돌횟수, P_s⁽ⁱ⁾는 전송성공 확률, T_c⁽ⁱ⁾, T_s⁽ⁱ⁾, T_i⁽ⁱ⁾는 각각 충돌, 전송성공, 유희시간을 의미한다. CW_{min}⁽ⁱ⁾=CW_{min}⁽⁰⁾s_j/i라 하고 수식(3)에서 T⁽ⁱ⁾의 값에 대입한 뒤 근사치를 이용하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{\Theta^{(i)}}{\Theta^{(j)}} &\approx \frac{i}{j} \frac{j(C + T_s^{(j)}) + i(C + T_s^{(i)}) + jD^{(j)}}{i(C + T_s^{(i)}) + j(C + T_s^{(j)}) + jD^{(j)}} \\ &= \frac{i}{j} = \frac{CW_{min}^{(j)}}{CW_{min}^{(i)}} \end{aligned}$$

여기서 C=c⁽ⁱ⁾E[T_c⁽ⁱ⁾], D=(c⁽ⁱ⁾+1)E[T_i⁽ⁱ⁾]이다.

2.2 최적의 최소경쟁원도 벡터 구하기

최적의 벡터W*를 구하기 위해서 다음과 같이 진행한다. 먼저 802.11e 무선 LAN채널의 유희시간(Idle Time)을 이용해서 경쟁 노드개수 n을 알아낸다[5]. 경쟁노드 수를 알게 되면 이를 바탕으로 총 처리량을 최대화 시킬 수 있는 최적의 최소경쟁원도를 알아낼 수 있다[10]. 그러나 여기서 언급하는 경쟁 노드개수 n은 802.11e 무선 LAN의 실제 노드개수가 아니고 하나의 부류가 존재하는 경우의 노드개수가 된다. 따라서 하나의 부류의 최소경쟁원도 크기에서부터 최적의 벡터W*를 이끌어 내는 방법에 대해서 앞으로 논의 하겠다.

먼저 802.11e 부류에서 측정된 유희시간으로부터 가상의 노드개수 n을 이끌어 낸다. 알아낸 노드개수로부터 최소경쟁원도를 알아낸다. 802.11 통신망에서 유희시간이 존재할 확률은 다음과 같다.

$$P_i = (1 - \tau)^n$$

여기서 τ는 가상의 노드개수 n에서 전송을 시도할 확률을 나타낸다. 또한 유희시간은 다음과 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned} T_i &= \frac{1}{1 - P_i} - 1 \\ &= \frac{1}{1 - (1 - \tau)^n} - 1 \end{aligned}$$

전송확률과 충돌확률이 다음의 수식(4), (5)이므로

$$\tau = 1 - (1 - p)^{\frac{1}{n-1}}, \quad (4)$$

$$p = 1 - (1 - \tau)^{n-1} \quad (5)$$

유희시간은 n과 p의 함수로 나타낼 수 있다.

$$T_i = \frac{1}{1 - (1 - p)^{\frac{1}{n-1}}} - 1. \quad (6)$$

여기서 충돌확률 p를 n의 함수로 나타낼 수 있다.

$$n = 1 + \frac{\log(1 - p)}{\log(1 - \frac{2(1-2p)}{(1-2p)(w+1)+p \cdot w(1-(2p)^m)})} \quad (7)$$

수식(7)에서 w=CW_{min}이고 m은 최대 백 오프 단계를 나타낸다. 수식(6)과 (7)을 이용해서 p를 소거하게 되면 노드개수n을 T_i의 함수로 표현할 수 있다. 그림1에서 ns-2 시뮬레이터[11]를 이용하여 IEEE 802.11 무선LAN에서 CW_{min}=31(IEEE 802.11b 무선LAN의 디폴트 값)일 경우 n과 T_i의 관계를 표현하였다. 수식적인 분석과 실험의 결과가 매우 근접하게 일치함을 알 수 있다.

802.11e 무선LAN에서 T_i로부터 얻은 가상 노드(Virtual Population)개수 n은 각 부류 노드수와 전송률의 곱의 합으로 수식(8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$n = \sum_k n^{(k)} \cdot \frac{\tau^{(k)}}{\tau^{(l)}} \quad (8)$$

여기서 $n^{(k)}$ 는 노드개수, $\tau^{(k)}$ 는 부류k에서 전송률을 나타낸다. 가상 노드개수는 802.11e 무선LAN에서 여러 부류의 각기 다른 전송률과 노드개수를 하나의 기준부류(Reference Class) 전송률에 대한 노드개수로 나타낸 가상의 노드개수이다. 모든 부류는 기준부류가 될 수 있고 이 논문에서 우리는 처리량이 가장낮은 부류를 기준부류로 하겠다.

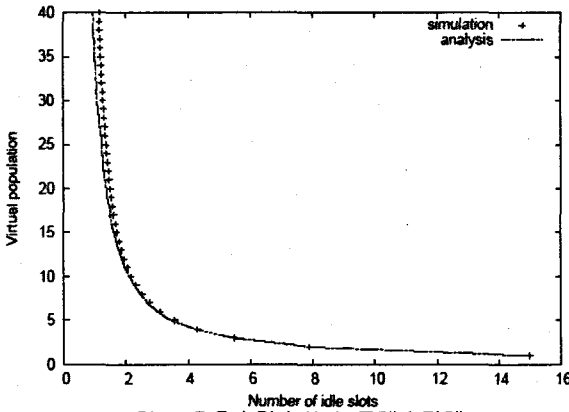


그림1. 유휴슬롯수와 노드개수관계

수식(1)의 비례성질을 이용해서 각 부류간의 전송률 τ 와 최소경쟁원도 비율을 다음과 같이 나타낸다.

$$\frac{\tau^{(l)}}{\tau^{(k)}} \approx \frac{CW_{min}^{(k)}}{CW_{min}^{(l)}}$$

802.11 무선LAN에서 τ 를 다음과 같이 나타낸다[12]:

$$\tau = \frac{2}{1 + CW_{min} + p \cdot CW_{min} \cdot \sum_{i=0}^{m-1} (2p)^i}$$

τ 는 충돌확률 p 의 함수이고 802.11e 무선LAN에서 τ 의 비율을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\tau^{(l)}}{\tau^{(k)}} = \frac{1 + CW_{min}^{(k)} + p^{(k)} \cdot CW_{min}^{(k)} \sum_{i=0}^m (2p^{(k)})^i}{1 + CW_{min}^{(l)} + p^{(l)} \cdot CW_{min}^{(l)} \sum_{i=0}^m (2p^{(l)})^i}$$

위의 수식에서 $l \neq k$ 인 부류에서 $p^{(l)} \approx p^{(k)}$ 임을 보이겠다.

$$\begin{aligned} p^{(l)} &= 1 - (1 - \tau^{(l)})^{n^{(l)} - 1} \prod_{k \neq l} (1 - \tau^{(k)})^{n^{(k)}} \\ &\approx 1 - (1 - \tau^{(l)})^{n^{(l)}} + \tau^{(l)} \prod_{k \neq l} (1 - \tau^{(k)})^{n^{(k)}} \\ &\approx 1 - \prod_k (1 - \tau^{(k)})^{n^{(k)}} \end{aligned}$$

$n^{(k)}$ 이 매우 크고 $\tau^{(k)} \ll 1$ 이라고 가정한다면 위의 근사치가 성립한다. 위의 결과를 이용해서 모든 k 에 대해서 $p = p^{(k)}$ 라고 한다면 다음의 수식을 이끌어낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{\tau^{(l)}}{\tau^{(k)}} &\approx \frac{1 + CW_{min}^{(k)} + p \cdot CW_{min}^{(k)} \cdot \frac{1}{1-2p}}{1 + CW_{min}^{(l)} + p \cdot CW_{min}^{(l)} \cdot \frac{1}{1-2p}} \\ &= \frac{\frac{1-2p}{1-p} + CW_{min}^{(k)}}{\frac{1-2p}{1-p} + CW_{min}^{(l)}} \\ &\approx \frac{CW_{min}^{(k)}}{CW_{min}^{(l)}} \end{aligned}$$

τ 를 802.11e 무선LAN의 모든 전송률 이라고 한다면 수식(10)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\tau = \sum_k n^{(k)} \cdot \tau^{(k)} \quad (10)$$

또한 총 전송률 θ 는 다음과 같이 나타낸다[12].

$$\theta = \frac{P_s P_{tr} E[P]}{(1 - P_{tr})\delta + P_{tr} P_s T_s + P_{tr}(1 - P_s)T_c}$$

$E[P]$ 는 평균 패킷의 크기, P_s 는 전송성공확률, P_{tr} 는 최소한 하나의 노드는 전송을 시도할 확률을 나타낸다.

$$\begin{aligned} P_{tr} &= 1 - (1 - \tau)^n, \\ P_s &= n\tau(1 - \tau)^n. \end{aligned}$$

T_s , T_c , δ 는 각각 전송성공시간, 충돌로 채널이 사용 중인 시간, 채널유류시간을 각각 나타낸다. 따라서 전송률 θ 는 n 과 τ 의 함수임을 알 수 있다. θ 를 최대화할 수 있는 최적의 τ 를 찾아내기 위해서 수식(11)이 필요하다.

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = 0. \quad (11)$$

수식(11)의 τ 대신 수식(10)을 대입하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \theta}{\partial \tau} &= \frac{\partial \theta}{\partial \sum_k n^{(k)} \cdot \tau^{(k)}} \\ &= \frac{\partial \theta}{\partial \sum_k n^{(k)} \cdot \frac{CW_{min}^{(l)}}{CW_{min}^{(k)}} \cdot \tau^{(l)}} \end{aligned}$$

$$\sum_k n^{(k)} \cdot \frac{CW_{min}^{(l)}}{CW_{min}^{(k)}}$$

위의 값은 $\tau^{(l)}$ 에 독립이므로 수식에 아무런 영향을 주지 않으므로 생략가능하다. 따라서 수식(11)은 다음의 수식(12)과 같이 축약될 수 있다.

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau^{(l)}} = 0 \quad (12)$$

수식(12)를 풀게 되면 총 처리량을 최대화 시킬 수 있는 최적의 전송률 $\tau^{*(l)}$ 를 얻을 수 있다. 지금의 과정에서 n 과 $\tau^{*(l)}$ 를 얻었고 또한 수식(5)를 이용하여 $p^{*(l)}$ 를 얻을 수 있다. 수식(13)에 $\tau^{*(l)}$, $p^{*(l)}$ 를 대입하여 최적의 최소경쟁원도 $CW_{min}^{*(l)}$ 값을 얻을 수 있다.

$$CW_{min}^{*(l)} = \frac{2(1 - 2p^{*(l)}) - (1 - 2p^{*(l)})\tau^{*(l)}}{(1 - 2p^{*(l)} + p^{*(l)}(1 - (2p^{*(l)})^m))\tau^{*(l)}} \quad (13)$$

그림2는 최적의 $CW_{min}^{*(i)}$ 와 T_i 의 관계를 나타내고 있다.

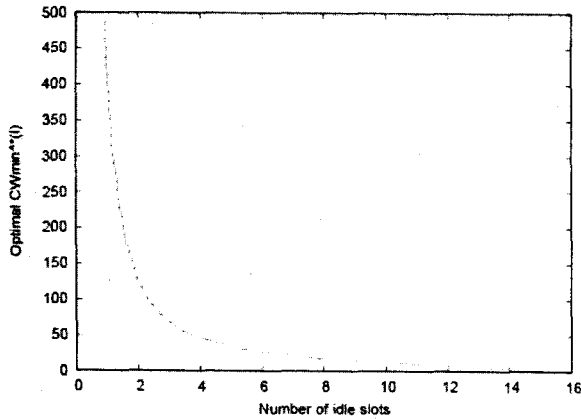


그림2. 기준부류 I의 $CW_{min}^{*(i)}$ 값과 유휴슬롯의 관계

마지막단계로 수식(1)을 이용하여 나머지의 최적의 벡터 W^* 를 구한다. 간단하게 정리하면 수식(14)와 같다.

$$CW_{min}^{*(j)} = \frac{\Theta^{*(i)}}{\Theta^{*(j)}} \cdot CW_{min}^{*(i)} \quad (14)$$

유휴시간은 모든 노드에서 Clear Channel Assessment (CCA)를 통해서 관측가능하다. 유휴시간을 이용하여 기준부류의 $CW_{min}^{*(i)}$ 값을 알 수 있고, 수식(14)를 이용하여 기준부류이외의 부류에서 각각의 $CW_{min}^{*(k)}$ 값을 얻을 수 있다. 이런 방식은 802.11e 무선LAN에서 중앙제어나 노드들 간의 조정이 필요 없기 때문에 획기적이라 할 수 있다. 비록 몇몇 수치들의 계산이 복잡하지만 $CW_{min}^{*(i)}$ 값에 대한 유휴시간을 802.11 무선LAN 매체접근제어 (MAC)필웨어에 테이블로 저장하면 CCA를 통해 얻은 유휴시간을 통해서 간단하게 $CW_{min}^{*(i)}$ 값을 얻을 수 있다. 테이블에서 정보를 읽는 데는 간단한 메모리 연산만 필요하므로 복잡한 계산을 피할 수 있는 장점이 있다.

3. 성능평가

시뮬레이션을 통해서 우리의 분석과 방법의 타당성을 평가하겠다. IEEE 802.11 무선LAN ns-2[11] 시뮬레이터의 모뎀을 802.11e에 맞게 변경시키고 UDP 패킷을 이용하여 시뮬레이션을 하였다. UDP 패킷은 각 부류별로 전송되므로 각 부류의 서비스품질을 보장할 수 있다. 모든 노드들은 AP로부터 동일한 거리에 있고 AP의 데이터 전송가능거리 안에 있다.

UDP패킷은 11Mbps를 지원하는 802.11b+e 무선LAN에서 전송되는데 평균 1,880μsec이 걸리는데 이유는 다음과 같다. DIFS(50μs) + 경쟁(310μs) + 802.11 데이터(1,308μs) + SIFS(10μs) + 802.11 긍정응답(202μs) = 1,880μs이다. 802.11 데이터 프레임은 UDP의 경우 평균 1500byte의 데이터를 전송하는 것으로 한다. 따라서 일반적으로 얻을 수 있는 평균 전송 처리량은 6.383Mbps가 된다. 이 값보다 높은 처리량은 노드의 수가 증가하였을때 다른 메커니즘을 사용하여 경쟁을 줄여

서 얻어진다. 모든 시뮬레이션은 1000sec동안 진행되었고 정확도를 높이기 위해서 동일하게 10번씩 반복했다.

3.1 벡터 W^* 의 최적화

이 장에서 수식(14)를 통해서 얻은 벡터 W^* 를 이용해서 총 처리량 θ^* 을 최대화 할 수 있다는 것을 시뮬레이션을 통해서 보이겠다. 이를 위해서 세 개의 시나리오를 만들었고 시나리오는 테이블 I에 기술하였다.

Scenario	Population in classes (A:B:C)	Throughput ratio target between classes (A:B:C)
I	1:1:1	1:2:4
II	1:2:0	1:2:0
III	1:2:1	1:2:4

테이블 I. 시나리오

시나리오의 경우 총 노드의 수는 3개이지만 수식(8)에 의하면 가상 노드개수는 7개가 된다. 가상 노드개수 7에 맞는 최적의 최소경쟁윈도 크기는 부류A가 기준 부류인 경우 수식(13)에 의해 $CW_{min}^{*(A)}=68$ 이 된다. 모든 시나리오에 대한 부류A의 $CW_{min}^{*(A)}$ 값은 테이블 II에 기술하였다. 수식(14)를 이용하면 A이외의 다른 부류(B,C)의 $CW_{min}^{*(B)}$, $CW_{min}^{*(C)}$ 를 쉽게 구할 수 있다.

Scenario	Virtual population n	$CW_{min}^{*(A)}$
I	7	68
II	5	50
III	9	102

테이블 II. n과 $CW_{min}^{*(A)}$

그림3에서는 $CW_{min}^{*(A)}$ 값을 변경시키면서 총 처리량이 최대화 되는 지점이 우리가 분석을 통해 얻은 최적의 $CW_{min}^{*(A)}$ 값과 얼마나 일치하는지를 살펴보는 실험을 하였다. $CW_{min}^{*(A)}$ 값을 변경시키면서 각 부류의 차별화된 처리량을 위해서 각 부류의 CW_{min} 값을 4:2:1로 유지하였다. 예를 들어 $CW_{min}^{*(A)}=68$ 인 경우 $CW_{min}^{*(B)}=24$, $CW_{min}^{*(C)}=17$ 로 설정하였다. 그림3에서 화살표는 수식분석을 통해서 얻은 최적의 $CW_{min}^{*(A)}$ 값을 표시하였다. 분석의 결과가 최적의 최소윈도크기를 약간 크게 측정하였지만 실험을 통한 결과와 거의 정확하다는 것을 알 수 있다.

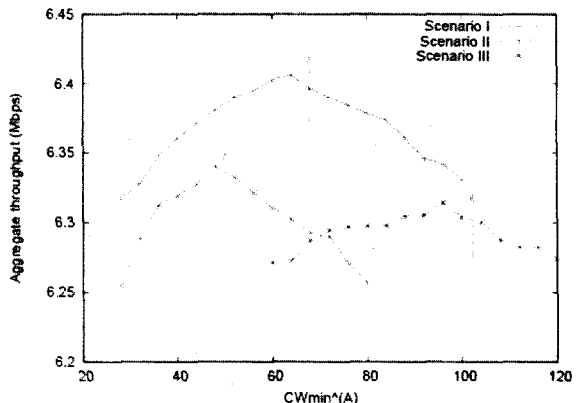


그림3. 각 시나리오의 총 처리량

3.2 차별화된 처리량

최소경쟁원도 크기가 작은 노드의 경우 큰 노드의 경우와 비교했을 때 높은 처리량을 갖는다. 왜냐하면 작은 최소경쟁원도 크기는 전송을 시도하기 전에 백 오프 시간을 줄여서 채널을 획득할 확률이 높아지기 때문이다. 수식(1)에서 나오는 결과를 여기서 증명하고자 한다. 테이블 1에 있는 시나리오 1과 같이 전송률 비율을 1:2:4로 유지한 채 각 부류별 노드수를 1에서 10으로 변경하면서 시뮬레이션을 진행하였다. 각 부류의 노드개수가 10개가 되면 전체 노드개수는 30개가 되는데 일반적으로 802.11b의 적정 노드개수는 20~30개가 된다. 만일 우리의 방법이 적절하게 작동한다면 이 시뮬레이션의 최소경쟁원도 크기의 비율은 상수를 유지해야 한다. 또한 전송률의 비율도 상수 (1:2:4)를 유지해야 한다.

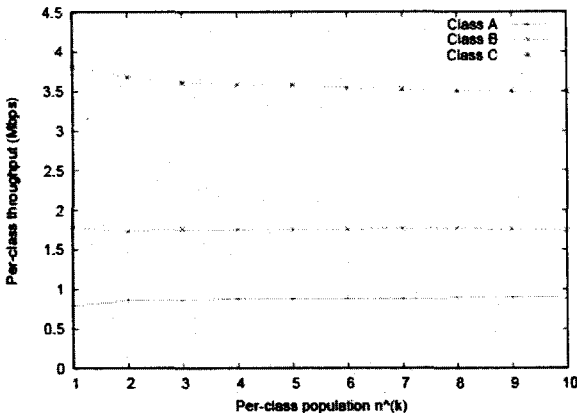


그림4. 각 부류별 처리량

그림4는 각 부류의 처리량을 나타낸다. 이 결과에서 각 부류의 전송률 비율은 $\theta^{(A)}:\theta^{(B)}:\theta^{(C)}=1:2:4$ 가 됨을 알 수 있다. 이는 우리의 이전의 연구에서 [6],[9] 얻어낸 결과와 동일하다. 그러나 각 부류의 노드개수가 증가할수록 최대 전송량의 부류의 비율이 약간 떨어짐을 알 수 있다. 이는 유희시간을 통해서 노드개수 n 을 측정하는데서 노드개수가 많아져서 경쟁이 심해지는 경우 약간의 오차가 발생하는데서 기인한다(그림1참고). 이 문제는 계속 연구 중에 있으며 앞으로의 과제에 이어질 것이다.

3.3 총 처리량

그림4에서 총 처리량이 노드개수의 증가에도 불구하고 상대적으로 높게 유지되고 있음을 확인 할 수 있다. 이 결과는 유희시간 측정을 통해서 얻은 최적의 최소경쟁원도 크기의 변화에 기인한 것이다. 이 장에서 우리는 최소경쟁원도의 변화를 통한 총 처리량을 알아보려고 한다. 이 시뮬레이션에서도 앞에서와 마찬가지로 차별화된 처리량을 위해서 각 부류의 최소경쟁원도의 크기비율을 $CW_{min}^{(A)}:CW_{min}^{(B)}:CW_{min}^{(C)}=4:2:1$ 로 유지하고 모든 부류의 총 처리량에 대해서 알아보았다. 시뮬레이션을 통해서 우리의 방식과 최소경쟁원도 크기를 고정시키는 두 가지

방식의 결과를 비교하였다. 차별화된 처리량을 위해서 두 가지 방식 모두 각 부류별 최소경쟁원도 크기는 일정한 비율(4:2:1)을 유지한다. 그림5는 노드개수의 증가에 따른 우리의 방식과 기존의 최소경쟁원도 고정방식의 총 처리량의 비교를 나타낸 결과이다. 우리의 최소경쟁원도 크기 조절방식이 고정방식보다 총 처리량이 크게 나타남을 알 수 있고 이는 노드개수가 증가 할수록 차이가 많이 난다.

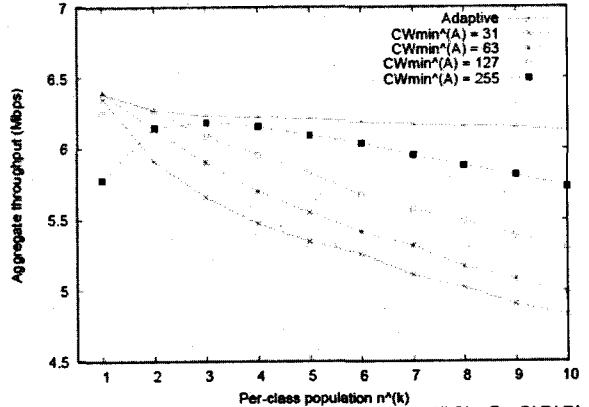


그림5. 최소경쟁원도크기 조절과 고정에 대한 총 처리량

4. 결론

각 부류별 최적의 최소경쟁원도 크기 조절을 통해서 서비스 품질의 차별화와 총 처리량 최대화를 동시에 얻을 수 있는 방법에 대해서 알아보았다. IEEE 802.11 무선LAN의 CCA방식을 이용하여 유희시간 관측을 통해서 가상의 노드개수를 알아낼 수 있다. 이 결과를 이용하여 각 부류의 전송확률을 최대화 할 수 있는 기준부류의 최적의 최소경쟁원도 크기를 얻어 낼 수 있다. 비 기준부류의 최소경쟁원도 크기는 기준부류의 최소경쟁원도 크기를 이용하여 처리량의 역 비율에 대한 값으로 설정할 수 있다. 이런 방법을 이용하여 최소경쟁원도를 조절한 뒤 IEEE 802.11e 무선LAN의 총 처리량을 최대화 할 수 있고, 차별된 처리량을 얻을 수 있다.

5. Acknowledgements

본 논문은 산업자원부에서 시행한 성장동력기술개발사업(과제번호: 10016756)에 의해 지원되었음.

참조문헌

- [1] IEEE, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications. IEEE Std 802.11-1999, Aug.1999.
- [2] Q. Pang, S. C. Liu, J. Lee and S. H. Chan, "A TCP-like Adaptive Contention Window Scheme for WLAN", in proceedings of ICC 2004.
- [3] Z. Haas and J. Deng, "On Optimizing the Backoff Interval for Random Access Schemes", IEEE

- Transactions on Communications, 51(12), Dec. 2003.
- [4] F. Cali, M. Conti and E. Gregori, "Dynamic Tuning of the IEEE 802.11 Protocol", ACM/IEEE Transactions on Networking, 8(6), 2000
- [5] M. Heusse, F. Rousseau, R. Guillier and A. Duda, "Idle Sense: An Optimal Access Method for High Throughput and Fairness in Rate Diverse Wireless LANs", in proceedings of ACM Sigcomm, 2005.
- [6] Y. Yand, J.Wang and R. Kravates, "Distributed Optimal Contention Window Control for Elastic Traffic in Wireless LANs", in proceedings of IEEE Infocom, 2005.
- [7] ANSI/IEEE, "802.11e: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications: Medium Access Control(MAC) Enhancements for Quality of Service(QoS)", Nov. 2002.
- [8] I. Aad and C. Castelluccia, "Differentiation Mechanism for IEEE 802.11", in proceedings of IEEE Infocom, 2001.
- [9] H. Kim, S. Yun and I. Kang, "Resolving 802.11 Performance Anomalies Through QoS Differentiation", IEEE Communications Letters, 9(7), Jul. 2005.
- [10] G. Bianchi and I. Tinnirello, "Kalman Filter Estimation of the Number of Competing Terminals in an IEEE 802.11 Network" in proceedings of IEEE Infocom, 2003.
- [11] The ns-2 Simulator. Available at <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.
- [12] G. Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 18(3), pp. 535-547, Mar. 2000.