

IEEE 802.16 환경에서 비실시간 서비스를 위한 효율적인 대역폭 요구 기법

김상진^o, 김우재, 서영주
포항공과대학교 컴퓨터공학과
{ksjsc^o, hades15, yjsuh}@postech.ac.kr

Efficient Bandwidth Request Mechanism for Non-real-time Service
in IEEE 802.16 system

Sang-Jin Kim^o, Woo-Jae Kim, and Young-Joo Suh
Department of Computer Science & Engineering, POSTECH

요 약

IEEE 802.16은 높은 성능의 광대역 무선 통신을 제공해 주기 위해 개발된 자원 예약 방식의 MAC 프로토콜이다. 전송할 데이터를 가지고 있는 SS들은 BS에게 대역폭 요청 메시지를 전송하여 자신이 필요한 대역폭을 요구하게 된다. BS에서는 이러한 대역폭 요구 정보를 기반으로 대역폭을 할당해 주게 된다. 그러나, nrtPS와 BE 트래픽과 같은 비실시간 서비스들이 경쟁 기반으로 대역폭을 요구하는 경우 경쟁하는 SS의 수가 증가할수록 대역폭 요청 메시지의 충돌 확률이 증가하므로 이로 인해 대역폭 요구를 실패하는 횟수가 증가한다. 최악의 경우, 충분한 대역폭이 남아 있음에도 불구하고 대역폭 요구 과정의 실패로 인해 할당해 주지 못하는 대역폭을 낭비하는 현상이 발생하게 된다. 본 논문에서는 네트워크 상황에 따라 경쟁 기반과 비경쟁 기반의 대역폭 요구 방법을 적절히 사용하는 효율적인 대역폭 요청 기법을 제안하고, 실험을 통해 높은 성능 향상을 입증한다.

1. 서 론

최근 초고속 인터넷과 멀티미디어 서비스에 대한 수요가 급증하고 있다. 이러한 사용자들의 수요를 충족시켜주기 위해서 광대역 무선 통신 (Broadband Wireless Access) 시스템이 개발되고 있다. 광대역 무선 통신 시스템은 기존의 유선 통신 시스템에 비해 저렴한 비용으로 빠르게 구축할 수 있고 유지 보수와 확장이 쉬운 이점을 가지고 있다.

IEEE 802.16은 대도시에서 높은 성능의 광대역 무선 통신을 제공해 주기 위해 개발되었다. IEEE 802.16 표준[1][2]에서는 이러한 기능을 제공해 주기 위해 물리계층과 링크계층의 기술들을 정의하고 있다. IEEE 802.16은 하나의 Base Station (BS)이 다수의 Subscriber Station (SS)들과 통신하는 point-to-multipoint 구조와 SS들간에 직접 통신하는 mesh 구조를 지원한다.

IEEE 802.16은 자원 예약 방식을 사용하는 MAC 프로토콜이다. 전송할 데이터를 가지고 있는 SS들은 대역폭 요청 메시지를 BS에게 전송하여 필요한 대역폭을 요구한다. 그리고, QoS (Quality of Service)를 보장해 주기 위해 서비스 플로우의 특성에 따라 네 가지 서비스 클래스 (UGS, rtPS, nrtPS, BE)로 분류하고 있고, 각 서비스 클래스마다 자원 예약 방법을 정의하고 있다.

IEEE 802.16 표준[1][2]에 따르면 nrtPS (non-real-time Polling Service) 트래픽과 BE (Best Effort) 트래픽은 경쟁을 통한 대역폭 요구와 비경쟁 (unicast polling)을 통한 대역폭 요구 방법을 모두 사용할 수 있다고 정의되어 있다. 그러나, 어떤 시점에 경쟁 기반의 대역폭 요구 방법을 사용하고 어떤 시점에 비경쟁기반의 대역폭 요구 방법을 사용하게 될 것인지를 결정하는 기준과 이를 제공해 줄 수 있는 기법을 정의하고 있지 않다. 따라서, 기존의 연구들[3][6][7]에서는 경쟁을 기반으로 한 대역폭 요구 방법만을 가정하고 있다.

경쟁을 기반으로 대역폭을 요구할 경우 경쟁하는 SS의 수가 많아질수록 대역폭 요청 메시지의 충돌 확률이 증가하게 되므로 성공적으로 대역폭을 요구하지 못하는 상황이 빈번하게 발생한다[5][6][7]. IEEE 802.16 MAC 프로토콜의 특성상 자원을 성공적으로 예약하지 못했다면, 서비스 해 줄 수 있는 충분한 대역폭을 가지고 있음에도 불구하고 BS는 SS들에게 대역폭을 할당해 주지 못하는 현상이 발생한다. 이로 인해, 대역폭 낭비가 발생하여 시스템 성능이 떨어지게 된다. 또한, IEEE 802.16에서는 대역폭 요청 메시지들의 충돌을 해소하기 위해 binary exponential backoff 알고리즘을 사용한다. 따라서, 충돌이 발생할 경우 backoff 절차로 인해 서비스 지연 시간이 증가하게 된다.

이전 연구[4][5][7]에서는 대역폭 요청 메시지의 충돌로 인한 시스템 성능 감소를 줄이기 위해 경쟁 구간의 크

기를 SS의 수에 따라 적절히 조절하는 기법을 제안하였다. [5]의 연구에서는 경쟁하는 SS의 수에 대해 두 배만큼의 경쟁 구간을 할당하는 것이 최적의 값이라고 주장하고 있고, [4][7]의 연구에서는 경쟁하는 SS의 수만큼 경쟁 구간을 할당하는 것이 최적의 값이라고 주장하고 있다. [6]의 연구에서는 실험을 통해 경쟁 구간의 크기가 SS의 수에 대해 1/2 일 때 최적의 값이라고 주장하고 있다. 그러나, 이 둘이 제안하는 내용에 따르면 서비스를 요구하는 SS들의 수가 많아질수록 경쟁 구간의 크기가 커지게 되므로 상대적으로 데이터를 전송할 수 있는 구간이 줄어들게 되므로 데이터 전송률을 떨어뜨리는 결과를 가져온다.

그러므로, nrtPS 트래픽과 BE 트래픽과 같이 경쟁 기반의 대역폭 요구 방식과 비경쟁 기반의 대역폭 요구 방식을 모두 허용하는 경우, 성공적인 자원 예약을 보장하기 위해 네트워크 상황에 따라 이러한 기법들을 적절히 혼용할 필요가 있다. 본 논문에서는 네트워크 상황을 충분히 반영하여 경쟁 기반과 비경쟁 기반의 대역폭 요구 방식을 적절히 사용하는 방법 및 적용 기준을 제안하고, 실험을 통해 높은 성능 향상을 입증한다.

본 논문의 2장에서 IEEE 802.16 MAC 프로토콜에 관한 내용을 간단히 살펴보고, 3장에서 경쟁 기반을 통한 대역폭 요구 방식의 문제점을 분석하고, 4장에서 제안하는 기법을 살펴보고, 5장에서 실험을 통한 결과를 분석하고, 6장에서 결론을 맺는다.

2. IEEE 802.16 MAC 프로토콜

2.1 IEEE 802.16의 물리계층

IEEE 802.16은 다양한 종류의 물리계층을 지원해 주는 연결 지향형 MAC 프로토콜이다. 10~66GHz 주파수 대역에서 동작하는 Wireless MAN-SC PHY의 경우, 28MHz의 대역폭으로 최대 134Mbps의 데이터 전송률을 제공해 준다. IEEE 802.16은 프레임단위로 처리하고, 프레임 구조는 그림 1과 같다[1]. 하나의 프레임은 n 개의 Physical Slot (PS) 으로 나누어 지고 각 프레임은 하향 프레임과 상향 프레임으로 나누어진다. 하향 프레임에서 BS는 여러 SS들에게 데이터와 제어 메시지를 전송하게 되고 상향 프레임에서 SS들은 BS에게 대역폭 요청 메시지나 데이터를 전송하게 된다. 하향 프레임과 상향 프레임상의 대역폭 할당 방법은 TDD (Time Division Duplexing) 방식과 FDD (Frequency Division Duplexing) 방식이 있다.

하향 프레임은 BS가 TDM (Time Division Multiplexing) 방식으로 SS들에게 데이터를 전송하고 상향 프레임은 SS들이 Demand Assigned Multiple Access TDMA (DAMA-TDMA) 방식으로 BS에게 데이터를 전송하게 된다. IEEE 802.16의 중요한 특징은 BS가 SS들이 상향 데이터를 전송하기 위해 필요한 대역폭을 요청할 수 있도록 대역폭 요청 메시지 전송을 위한 대역폭을 먼저 할당해 준다. SS들은 이를 통해 대역

폭을 요청하고 BS는 SS들의 대역폭 요구량에 따라 SS들의 상향 데이터 전송을 위해 각 SS에게 적절한 수의 physical slot을 할당해 준다. 이러한 정보는 UL-MAP을 통해 모든 SS들에게 알려지게 된다.

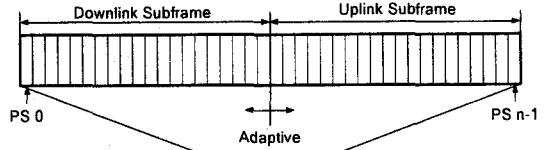


그림 1. IEEE 802.16 TDD 프레임

2.2 상향 프레임 구조

IEEE 802.16의 상향 프레임은 그림 2와 같은 구조를 갖는다. Initial Ranging 구간에서 네트워크에 처음 접속하는 SS들이 레인징 과정을 통해 정확한 timing offset을 얻고 적절한 신호의 세기를 알 수 있도록 해 준다. 그리고, request contention 구간에서 다수의 SS들이 대역폭 요청 메시지를 전송하여 대역폭 요구를 할 수 있는 기회를 제공해 준다. 이 때, initial ranging 구간과 request contention 구간에서 모든 SS들은 경쟁을 기반으로 접근하게 된다. 만약, 두 개 이상의 SS들이 동시에 BS에게 메시지를 전송하면 충돌이 발생하게 된다. BS에게 메시지를 전송한 SS들은 특정 시간 동안 BS로부터 응답을 받지 못할 경우 메시지의 충돌로 간주하고 충돌을 해소하기 위해 binary exponential backoff 알고리즘에 따라 backoff 후에 재전송하게 된다. Data transmission 구간에서 BS로부터 대역폭을 할당 받은 SS들이 실제 데이터를 전송하게 된다. 이 때, SS들이 데이터를 전송하는 구간간에는 SS Transition Gap을 두고, 상향 프레임의 마지막에는 Tx/Rx Transition Gap을 두어 processing 과정을 수행한다.

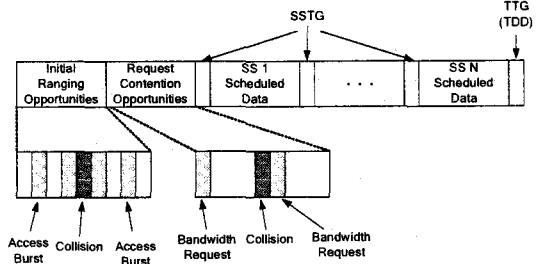


그림 2. 상향 프레임 구조

2.3 대역폭 요구 방식

IEEE 802.16에서 대역폭을 요구하는 방식은 크게 경쟁기반과 비경쟁기반 (unicast polling)으로 나눌 수 있다. 경쟁기반은 SS가 상향 프레임의 경쟁 구간 동안 경쟁을 통하여 대역폭 요청 메시지를 전송하는 방법이다. 비경쟁 기반에서는 BS가 SS에게 대역폭 요청 메시지를

전송할 수 있을 만큼의 충분한 대역폭을 할당해 주게 되고 SS는 이를 통해 경쟁 없이 대역폭 요청 메시지를 전송한다. 따라서, 비경쟁 기반은 대역폭 요청 메시지의 성공적인 전송을 보장해 준다.

2.4 상황 스케줄링 서비스

IEEE 802.16 MAC 프로토콜은 각 어플리케이션들의 QoS 요구조건을 만족시켜 주기 위해서 네 가지 서비스 클래스를 정의하고 있다.

- Unsolicited Grant Service (UGS) : UGS는 일정한 주기로 고정된 크기의 데이터를 발생시키고 엄격한 지연시간 요구조건을 가지는 실시간 서비스를 지원하기 위해 디자인되었다. 이러한 서비스의 예로 T1/E1, VoIP without silence suppression 등이 있다. BS는 대역폭 요청 과정에 의한 오버헤드와 지연시간을 줄이기 위해 명시적인 대역폭 요청 없이 주기적으로 일정한 양의 대역폭을 제공해 준다. 이 때, 할당해 주는 대역폭의 크기는 minimum reserved traffic rate에 기반을 두고 BS에 의해 계산된다.

- Real-time Polling Service (rtPS) : rtPS는 MPEG video와 같이 주기적으로 다양한 크기의 데이터를 발생시키는 실시간 서비스를 지원하기 위해 디자인되었다. 이는 지연에 민감한 실시간 서비스의 요구조건을 만족시켜주기 위해 경쟁 기반으로 대역폭을 요구할 수 없다. 따라서, BS에서 비경쟁을 통한 대역폭 요구를 할 수 있도록 적당한 크기의 대역폭을 주기적으로 할당해 준다.

- Non-real-time Polling Service (nrtPS) : nrtPS는 주기적으로 다양한 크기의 대역폭 할당이 필요한 FTP와 같은 비실시간 서비스를 제공해 주기 위해 디자인되었다. 이는 대역폭을 요구하기 위해 경쟁기반이나 비경쟁기반을 적절하게 사용할 수 있다.

- Best Effort (BE) : 이 서비스는 특별한 QoS 요구조건을 가지고 있지 않고 HTTP 트래픽과 같은 best effort 어플리케이션을 지원해 주기 위해 디자인되었다. 표준[1][2]에 따르면 이 서비스는 경쟁기반이나 비경쟁기반을 통해 대역폭을 요구할 수 있다고 정의되어 있다.

3. 경쟁을 통한 대역폭 요구 방식의 문제점

IEEE 802.16은 자원 예약 방식의 MAC 프로토콜이므로 보낸 데이터가 있는 SS는 BS에게 대역폭 요청 메시지를 전송하여 대역폭을 요구하게 되고 BS는 SS들이 보낸 대역폭 요청 메시지를 통해 서비스 해주어야 할 대역폭의 양을 알게 되므로 이를 기반으로 SS들에게 대역폭을 할당해 준다. 경쟁 기반을 통한 대역폭 요구 방식을 사용할 경우 그림 3과 같은 문제가 발생한다.

문제점을 분석하기 위해서 다음과 같이 가정한다.

- 매 프레임마다 여분의 대역폭이 남아 있다.
- SS들은 대역폭을 요청한 후 바로 다음 프레임에 대

역폭을 할당 받지 못하면 대역폭 요청 실패로 간주한다.

- 그림 3에서 RP 는 레인지구간 (Ranging Period)을 의미하고 CP는 경쟁 구간 (Contention Period)을 의미하며, DTP는 데이터 전송 구간 (Data Transmission Period)을 의미한다.

그림 3에서 i번째 프레임에 두 개의 SS가 같은 backoff 값을 선택하여 같은 시점에 대역폭 요청 메시지를 전송함에 따라 충돌이 발생한다. 따라서, i+1번째 프레임에 대역폭을 할당 받지 못하여 backoff 절차를 수행하여 contention window의 크기를 두 배로 증가시키고 다시 backoff 값을 선택하게 된다. 두 SS가 선택한 backoff counter의 값에 의해 i+2번째 프레임에 대역폭 요청 메시지를 보내게 된다. 이러한 상황에서 SS들은 i+3번째 프레임 이후에 대역폭을 할당 받게 된다.

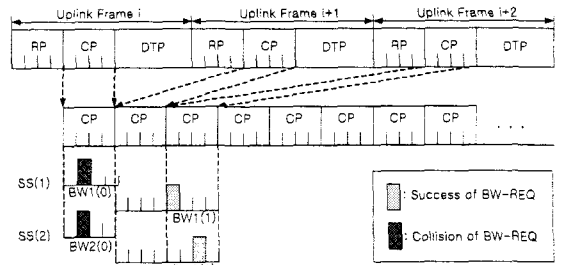


그림 3. 경쟁 기반의 대역폭 요구 과정

이와 같은 경우 경쟁을 기반으로 한 대역폭 요청 방법을 사용하여 대역폭 요청의 실패로 인해 두 프레임 동안 남아 있는 대역폭을 낭비하게 된다. 이러한 문제는 경쟁하는 SS의 수가 증가할수록 대역폭 요청 메시지의 충돌 확률이 증가하여 더욱 많이 발생한다.

4. 비실시간 서비스를 위한 동적인 대역폭 요구 기법

경쟁기반 대역폭 요청방법에서 발생할 수 있는 문제점을 해결하기 위해 비실시간 서비스에 속하는 nrtPS 트래픽과 BE 트래픽을 위한 효율적인 대역폭요구 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서 nrtPS와 BE 트래픽은 네트워크 상황에 따라 경쟁 방식과 비경쟁 방식의 대역폭 요청을 적절하게 혼용한다. 이때, SS가 BS에게 대역폭을 요청하는 방법은 대역폭 요청 메시지를 통해서만 가능한 것으로 가정한다. SS에서 대역폭을 요구하는 방법을 결정하는 기준은 그림 4와 같다.

BS에서 i번째 프레임에 대역폭 요구 정보를 기반으로 스케줄링 한 다음 하나 이상의 대역폭 요청 메시지를 보낼 수 있을 만큼의 time 슬롯이 남아 있는 경우 적어도 하나 이상의 SS에 대해 비경쟁기반의 대역폭 요구를 들어 줄 수 있다. 따라서, 남은 time 슬롯은 선택된 SS들이 비경쟁기반으로 대역폭을 요청할 수 있도록 할당해 준다. BS는 상황 프레임에 대한 스케줄링 결과를 UL-MAP 메시지를 통해 SS들에게 알려주고 UL-MAP 메시지는 매 프레임의 시작부분에 broadcast 되므로 SS

들은 이를 통해 자신이 비경쟁기반의 대역폭 요청 기회를 할당 받았는지 알 수 있다. 그러나, 충분한 대역폭이 남아 있지 않는 경우에는 경쟁 기반으로 대역폭 요청을 수행하도록 한다.

```
Select method of BW-REQ
if No. unallocated slots ≥ No. slots of transmitting a BW-REQ
  Non-Contention-based BW-REQ
else
  Contention-based BW-REQ
```

그림 4. 대역폭 요청 기법 선택 알고리즘

BS에서 비경쟁기반의 대역폭 요청 기회를 할당해 줄 때 모든 SS에게 비경쟁기반의 대역폭 요청 기회를 할당해 줄 만큼의 충분한 대역폭이 남아 있지 않다면 어떤 SS에게 우선적으로 기회를 제공해 줄지 결정하는 것이 중요하다. 그러므로, BS에서는 우선적으로 처리할 SS를 선택하기 위해 SS의 상태를 알 필요가 있다. 그러나, BS와 SS는 분리되어 있으므로 BS에서 SS의 상태를 알 수 없다. 그러므로, SS들은 자신의 상태를 BS에 알려줘야 한다. IEEE 802.16에서 대역폭 요청 메시지를 제외한 모든 메시지는 Generic MAC 헤더(그림4)가 붙어서 전송된다. 따라서, 전송하기 위해 큐에 남아 있는 데이터가 있다는 것을 BS에 알려주기 위해 Generic MAC 헤더에 있는 reserved field를 사용한다. SS들은 자신이 할당 받은 대역폭이 충분하지 못할 경우 전송되는 패킷의 Generic MAC 헤더의 reserved field를 "1"로 설정하여 BS에 전송함에 따라 보내야 할 데이터가 더 있다는 것을 알려준다. 그렇지 않을 경우 "0"으로 설정하여 전송한다. 이를 통해, BS에서 각 SS의 상태를 파악할 수 있다.

HT (1)	EC (1)	Type (6)	ESF (1)	CI (1)	EKS (2)	Rsv (1)	LEN MSB (3)
LEN LSB (8)			CID MSB(8)				
CID LSB (8)		HCS (8)					

그림 5. Generic MAC 헤더 구조

우리는 이러한 기법을 통해 알게 된 SS의 상태를 기반으로 하여 다음과 같은 3가지 우선순위를 정의한다.

- 1순위 : Backlogged SS{nrtPS > BE}
- 2순위 : Expected SS{nrtPS > BE}
- 3순위 : Unbacklogged SS{nrtPS > BE}

가장 먼저, BS에서는 백로그 된 데이터를 가지고 있는 SS들에 대해 우선적으로 비경쟁기반의 대역폭 요청 기회를 제공해 준다. 다음으로 이전 프레임에 데이터를

전송하지 않아서 상태를 알 수 없는 SS들에게 기회를 제공해 준다. 마지막으로 이전 프레임에 전송한 데이터를 통해 백로그 된 데이터가 없다는 것을 알린 SS들을 서비스해 준다. 왜냐하면 하향 프레임 동안 보낼 새로운 데이터가 발생했을 가능성이 있기 때문이다. 이 때, nrtPS 트래픽과 BE 트래픽이 혼재할 경우 nrtPS 트래픽이 더 높은 우선순위를 가지게 되므로 먼저 서비스해 준다.

이상 기술한 내용에 대한 이해를 돕기 위해 예를 들면 그림 6과 같다. i번째 프레임에 SS1은 할당 받은 대역폭이 부족하여 generic MAC 헤더의 reserved field를 "1"로 설정한 데이터를 전송함으로써 BS에 추가적인 대역폭 요구과정이 필요함을 알려 주고, SS2는 할당 받은 대역폭이 자신이 보내야 할 데이터를 보내기에 충분하므로 reserved field를 "0"으로 설정하여 전송한다. BS에서 i+1번째 프레임을 스케줄링 할 때, 대역폭 요구를 모두 들어주고 비경쟁을 통한 대역폭 요구 기회를 한 번 제공해 줄 수 있는 대역폭이 남아 있다면, 이전 프레임의 통해 SS1의 추가적인 대역폭 요구 과정이 필요하다는 것을 알게 되었으므로 SS1에게 대역폭 요구 기회를 보장하기 위해 비경쟁기반의 대역폭 요청 기회를 우선적으로 제공해 준다. SS1은 UL-MAP 메시지를 통해 BS로부터 비경쟁 기반의 대역폭 요청 기회를 할당 받았다는 것을 알게 되고 할당 받은 대역폭을 통해 비경쟁기반으로 대역폭 요청 메시지를 보낸다. 따라서, 성공적인 대역폭 요청을 보장받게 된다. 만약, SS2가 갑자기 발생한 데이터로 인해 대역폭 요청을 해야 한다면, 충분한 대역폭이 남아 있지 않으므로 경쟁 기반의 대역폭 요청을 수행하게 된다. 그리고 i+2번째 프레임에 BS가 SS1이 요청한 대역폭 중에서 할당 가능한 양의 대역폭을 할당하고, SS1은 할당 받은 대역폭을 사용하여 데이터를 전송하게 된다.

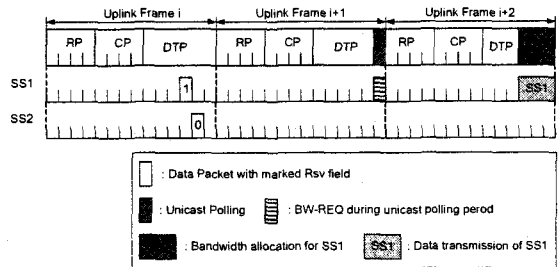


그림 6. 제안하는 기법을 통한 대역폭 요구 과정

5. 성능 평가

본 장에서는 실험을 통해 경쟁 기반의 대역폭 요구 기법과 제안하는 기법의 성능을 비교 분석한다. 성능 비교를 위해 네트워크 시뮬레이터인 NS-2에 IEEE 802.16 MAC 프로토콜을 구현하여 실험하였다.

제안하는 기법은 상황 대역폭 할당에 초점을 맞추기 때문에 실험 환경은 SS가 BS로 데이터를 전송하는 상황 트래픽만 존재하는 상황을 가정한다.

물리계층은 IEEE 802.16의 single carrier를 사용하고 프레임 길이는 1ms이다. 하향 프레임과 상향 프레임간의 비율은 1:1이고, 변조기법으로 QAM-16을 사용하며 coding rate는 3/4 이다. 그리고 하나의 프레임은 5000개의 physical slot으로 나누어진 환경을 가정하였다.

먼저, TCP 프로토콜을 사용하여 경쟁기반의 대역폭 요구 기법과 제안하는 대역폭 요구 기법의 성능을 비교하였다. 우리는 contention window의 크기를 다양하게 변화시켜가면서 실험한 결과 경쟁 기반의 기법은 최소 contention window 크기가 8, 최대 contention window 크기가 64일 때 평균적으로 가장 좋은 성능을 보였다. 따라서, 본 실험에서 backoff window의 범위는 8 ~ 64를 사용하였고 한 프레임 안에 경쟁 구간을 통한 대역폭 요구는 8번 가능하도록 32개의 slot을 할당하여 실험하였다. 그리고, 하나의 SS는 하나의 TCP 플로우를 가지고 있고 스케줄링 알고리즘은 구현이 간편하고 fairness를 보장할 수 있는 round-robin 알고리즘을 사용한다.

그림 7은 SS의 수가 증가함에 따라 발생하는 대역폭 요청 메시지의 충돌 확률을 나타낸다. 경쟁기반을 통한 대역폭 요구 기법이 제안하는 기법에 비해 더 높은 충돌 확률을 보임을 알 수 있다. 왜냐하면 제안하는 기법은 네트워크 상황에 따라 경쟁 기반의 대역폭 요구 방식과 비경쟁 기반의 대역폭 요구 방식을 적절히 사용하므로 동시에 경쟁하는 SS의 수가 경쟁 기반만을 사용하는 방식에 비해 적게 되므로 대역폭 요청 메시지의 충돌 확률이 떨어지게 된다.

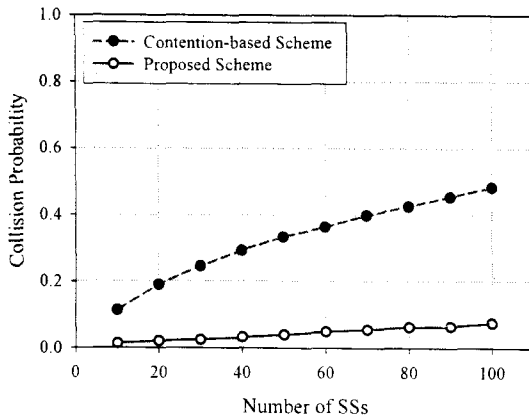


그림 7. 대역폭 요청 메시지의 충돌 확률

그림 8은 대역폭 사용률을 나타낸다. SS의 수가 10일 때는 전송할 데이터의 양이 적어서 경쟁기반의 대역폭 요구 기법과 제안하는 기법은 대역폭을 모두 사용하지 않는 것을 볼 수 있다. 그러나, SS의 수가 증가함에 따라 전송할 데이터의 양이 증가하여, 제안하는 기법은 거의 전체 대역폭을 사용하지만 경쟁 기반의 대역폭 요구 기법은 그렇지 못한 상황을 발견할 수 있다. 이는 SS의 수가 증가함에 따라 대역폭 요청 메시지의 충돌 증가로

인해 BS에서 여분의 대역폭이 있음에도 불구하고 SS들에게 대역폭을 할당해 주지 못하는 상황을 보여준다. 그러나, 제안하는 기법은 네트워크 상황에 따라 적절히 대역폭을 요청하여 대역폭 낭비를 줄이게 된다.

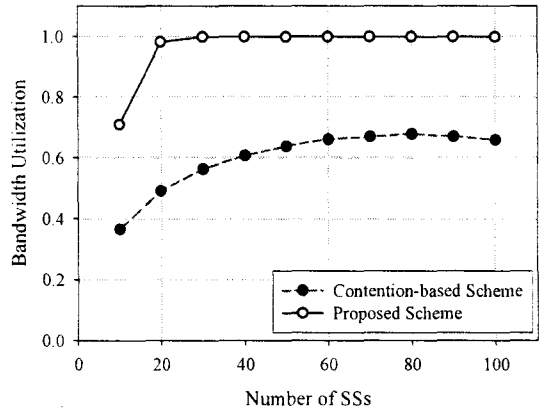


그림 8. 대역폭 사용률

그림 9는 SS의 수가 증가함에 따라 변화하는 처리율을 나타낸다. 경쟁을 기반으로 하는 기법은 SS의 수가 증가하여 보내야 할 데이터의 양이 많아져도 요청 메시지의 충돌로 인해 SS의 수가 70개 이후부터는 더 이상 증가하지 않는 것을 볼 수 있다. 즉, BS에서 성공적으로 대역폭 요청 메시지를 받지 못하여 여분의 대역폭이 있음에도 불구하고 대역폭을 할당해 주지 못하는 경우가 발생하게 된다. 따라서, 제안하는 기법이 경쟁기반으로만 대역폭을 요청하는 기법에 비해 더 높은 처리율을 보인다는 것을 알 수 있다.

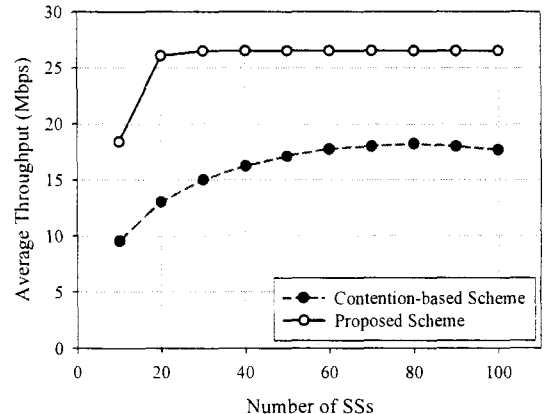


그림 9. 평균 처리율의 변화

그림 10과 11은 네 가지 서비스 클래스의 트래픽이 혼재하는 상황에서 SS의 수에 따른 처리율의 변화를 나타낸다. UGS 트래픽은 80 bytes 크기의 패킷이 20msec 간격으로 일정하게 생성되고 rtPS 트래픽은 40 bytes 크기의 패킷이 지수분포로 생성되고 nrtPS 트래픽은 TCP프로토콜을 사용하여 128 bytes 크기의 패

킷이 생성되고, BE 트래픽은 128 bytes 크기의 패킷이 지수분포로 생성된다. 그리고, SS들은 UGS, rtPS, nrtPS, BE 트래픽에 대한 서비스 플로우를 하나씩 가지고 있다. Strict priority 기법을 사용하여 서비스 클래스별로 UGS, rtPS, nrtPS, BE의 순서로 서비스되고 높은 우선 순위를 가진 서비스 클래스가 사용하고 남은 대역폭을 낮은 우선 순위를 가진 서비스 클래스가 사용하게 된다. 동일한 서비스 클래스들간에는 round-robin 알고리즘을 사용하여 서비스한다. 또한, UGS 트래픽을 위해 20msec 간격으로 대역폭을 할당해 주고 rtPS 트래픽에 대해서는 20msec 간격으로 폴링 해 준다.

그림 10은 경쟁 기반의 기법을 사용한 경우이고 그림 11은 제안하는 기법을 사용하였을 때의 처리율 변화를 나타낸다. 결과를 통해 제안하는 기법은 실시간 서비스인 UGS와 rtPS 트래픽의 서비스에 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다. 그리고 제안하는 기법을 통해 비실시간 서비스인 nrtPS 트래픽과 BE 트래픽이 대역폭을 효율적으로 사용하게 되어 경쟁 기반만을 사용하였을 때 보다 향상된 성능을 보임을 알 수 있다.

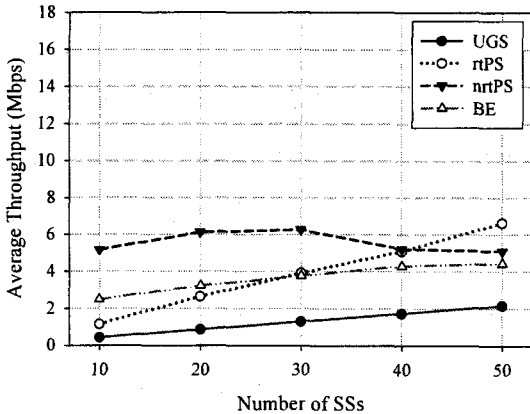


그림 10. 다양한 트래픽이 혼재된 상황의 처리율 변화 (경쟁 기반의 대역폭 요구 방법의 경우)

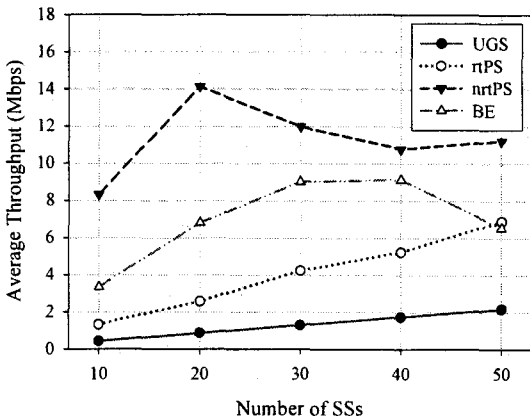


그림 11. 다양한 트래픽이 혼재된 상황의 처리율 변화 (제안하는 기법의 경우)

6. 결론

IEEE 802.16 MAC 프로토콜은 자원 예약 방식을 사용한다. 따라서, 전송할 데이터를 가지고 있는 SS들을 BS에게 대역폭 요청 메시지를 성공적으로 전송하여 요구량을 알려주어야 한다. 그러나, 경쟁하는 SS의 수가 증가함에 따라 대역폭 요청 메시지의 충돌로 인해 대역폭 요구 과정의 실패가 빈번하게 발생한다. 최악의 경우 BS에서 여분의 대역폭이 남아 있음에도 불구하고 대역폭 요청 메시지를 성공적으로 수신하지 못하여 대역폭을 할당해 주지 못하게 되어 대역폭 낭비가 발생하게 된다. 본 논문에서는 비실시간 서비스인 nrtPS 트래픽과 BE 트래픽을 전송하고자 하는 SS들이 네트워크 상황에 따라 경쟁 기반의 요청과 비경쟁 기반의 요청 기법을 적절히 혼용하여 사용함으로써 높은 시스템 효율을 제공해 줄 수 있는 기법을 제안하였다. 그리고, 실험을 통해 제안하는 기법이 경쟁 기반의 기법보다 향상된 성능을 보임을 증명하였다. 본 논문에서 제안한 기법은 이동성을 지원하는 IEEE 802.16e 프로토콜과 DOCSIS 등과 같은 통신 프로토콜에도 적용 가능하다.

7. Acknowledgement

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2005-C1090-0501-0018)

8. 참고 문헌

- [1] IEEE 802.16-2004, "IEEE standard for Local and Metropolitan Area Networks - Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," Oct. 2004.
- [2] IEEE 802.16-2006, "IEEE standard for Local and Metropolitan Area Networks - Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems," Feb. 2006.
- [3] Kitti Wongthavarawat and Aura Ganz, "Packet scheduling for QoS support in IEEE 802.16 broadband wireless access systems," Int. J. Commun. Syst 2003
- [4] Dong-Hoon Cho, Jung-Hoon Song, Min-Su Kim, and Ki-Jun Han, "Performance Analysis of the IEEE 802.16 Wireless Metropolitan Area Network," DFMA 2005
- [5] Sung-Min Oh and Jae-Hyun Kim, "The Analysis of the Optimal Contention Period for Broadband Wireless Access Network," PerCom 2005
- [6] Claudio Cicconetti, Luciano Lenzini, and Enzo Mingozzi, "Quality of Service Support in IEEE 802.16 Networks," IEEE Networks 2006
- [7] Juanjuan Yan and Geng-Sheng Kuo, "Cross-layer Design of Optimal Contention Period for IEEE 802.16 BWA Systems," ICC 2006