

IEEE 802.16/WiBro 시스템에서의 UGS 클래스 대역폭 할당 주기 조정 알고리즘

백주영^{0*}, 윤종필^{**}, 이정윤^{*}, 서영주^{*}

^{*}포항공대, ^{**}LG전자

{nalsunia, feeling7, jylee9, yjsuh}@postech.ac.kr

Adjustment algorithm for bandwidth grant interval of UGS Class in IEEE 802.16/WiBro system

Joo-Young Baek^{0*}, Jong-Pil Yoon^{**}, Jeong-Yoon Lee^{*} and Young-Joo Suh^{*}

^{*}Pohang University of Science and Technology, ^{**}LG Electronics

본 논문에서는 IEEE 802.16 OFDMA 시스템에서 QoS를 제공 해 주기 위해서 표준에서 정의 해 놓은 서비스 클래스 별 대역폭 할당 기법 중에서 UGS 클래스의 대역폭 할당 기법에서의 문제점을 지적 하고 이를 해결 하기 위한 알고리즘을 제시한다. 802.16 시스템에서는 다섯 가지 트래픽 클래스를 정의 하고 이 중에서 UGS 클래스의 서비스 우선 순위를 가장 높게 처리하고 있다. 하지만, 기존의 UGS 클래스를 위한 대역폭 할당 방식에서는 다수개의 UGS 클래스가 존재 할 때의 대역폭 할당 주기가 겹치는 문제에 대한 고려를 하고 있지 않다. 이로 인해서 오히려 UGS 클래스의 QoS 서비스를 제공 해 줄 수 없는 상황이 발생 하게 된다. 본 논문에서는 이런 문제점의 발생을 성능 측정을 통해서 보여 주고 이를 해결 하기 위한 알고리즘을 제시한다. 또한, 성능 비교를 통해서 제안 하는 알고리즘 적용 시에 성능 향상이 있음을 보여 주고자 한다. 본 알고리즘의 적용을 통해서 실제 시스템 적용 시에 발생 할 수 있는 문제점을 해결 함으로써 보다 안정적인 QoS 서비스를 제공 할 수 있는 시스템이 되리라 기대 한다.

IEEE 802.16 OFDMA의 BS에서 서비스 되는 UGS 플로우의 수가 많아지게 되는 상황을 생각해 보면, 동일한 주기의 동일한 양의 대역폭 할당 서비스를 제공 할 수 없는 상황이 발생 된다. 구체적으로 살펴 보면, UGS 플로우들이 처음 플로우를 생성 할 때에는 해당 시점에서 BS의 가용 할 수 있는 자원을 넘지 않는 범위 내에서는 플로우 생성 및 서비스를 제공 해 줄 수 있는지의 여부를 결정 하였다. 하지만, 이 때 UGS 플로우들의 대역폭 할당 주기에 대한 고려는 반영 되지 않았다. 따라서, BS에서 점차적으로 UGS 플로우들의 수가 증가 하면서 UGS 플로우들의 대역폭 할당 주기가 서로 겹쳐지는 플로우들의 수가 늘어나게 되고 이로 인해서 BS에서 UGS 플로우들에 대한 서비스를 제대로 제공 해 주지 못하는 경우가 발생 하게 된다. 즉, UGS 플로우들의 대역폭 할당 주기가 서로 만나게 되는 최소 공배수 시점 (LCM point)에서의 프레임에서는 과부하가 생기는 상황이 발생 된다. 이는 UGS 플로우 만이 아니라 UGS 보다 우선 순위가 낮은 클래스의 플로우들의 서비스에 까지 영향을 주기 때문에 이를 고려한 서비스 방식이 필요하다. 이런 상황은 UGS 플로우 수가 증가 할수록 점점 더 심해 지게 되며 특히, 모두 동일한 시점에 시작 되는 UGS 플로우들이 많은 경우 예를 들어 다수의 사용자들간의 VoIP 응용 프로그램을 사용 해서 서비스를 받고자 하는 경우는 빈번히 발생 할 수 있는 상황이며 이 때, UGS 클래스의 플로우에 대한 서비스 보장이 힘들 뿐만 아니라 전체적인 자원을 효율적으로 사용하지 못하게 됨으로써 시스템의 성능 저하에도 영향을 미친다.

본 논문에서는 UGS 서비스 클래스의 대역폭 할당 주기로 인해 발생 할 수 있는 문제를 해결 하기 위한 2 가지 알고리즘을 제시 하고자 한다. 우선, 첫 번째는 플로우를 생성 하는 시점에서의 특정 프레임에서 과부하 되는 상황을 방지하기 위한 기법이다. 802.16 시스템에서는 플로우를 생성 시에 connection-oriented 매커니즘을 제공하는 802.16 에서 DSA-REQ/RSP 메시지를 BS와 SS간의 주고 받음으로 해서 플로우 서비스에 대한 정보 및 제공 가능 여부를 결정 하도록 되어 있다. 이 때, 특정 프레임에 대역폭 할당 주기가 물리는 상황을 대비 하기 위해서 대역폭 할당 주기를 스프레딩 시키고자 한다. BS에서는 자신이 서비스 해 주는 UGS 플로우들의 대역폭 할당 주기 정보와 할당 해 주는 대역폭 양에 대해서 매트릭스로 유지 하고 있게 된다. 이를 바탕으로 해서, 새로운 UGS 플로우에 대해서 서비스 개시 요청이 왔을 때 BS에서는 자신의 가용한 자원량을 통한 서비스 가능 여부만이 아닌 매트릭스에서의 최소한 겹치는 주기가 적은 시점을 찾아서 해당 시점에 플로우를 개시 하도록 함으로써 LCM point의 발생 주기를 줄이도록 한다. 본 방식의 경우에는 플로우 시작 시에 과부하를 피할 수 있도록 고려 하기 때문에 시스템의 과부하로 인한 성능 저하가 발생 할 수 있는 부분을 사전에 막을 수 있다. 하지만, 별도의 자신이 서비스 해 주고 있는 UGS 클래스 플로우들의 정보를 매트릭스로 유지 해야 하는 오버헤드가 발생 할 수 있으며 플로우 시작 시기가 늦춰질 수 있기 때문에 응용 프로그램에 따라서는 문제가 될 수 있다.

두 번째 방식의 경우에는 그림 2와 같은 상황에서는 대역폭 할당 주기가 겹치는 플로우들은 비슷한 주기로 서비스가 과부하 되는 상황을 겪게 되는 점을 고려 하여, 다른 플로우들의 서비스 주기에 전혀 영향을 미치지 않고 서비스를 받는 플로우들의 그룹인 Regular group과 다른 플로우들의 서비스 주기에 영향을 받는 플로우들로 자신이 서비스 받아야 하는 프레임 내에서 대역폭

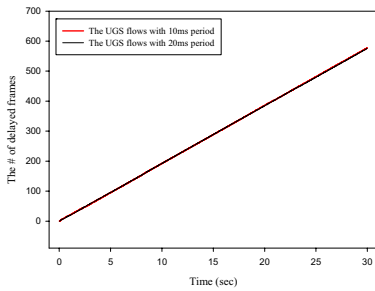


그림 1. 기존 UGS 클래스 서비스 방식

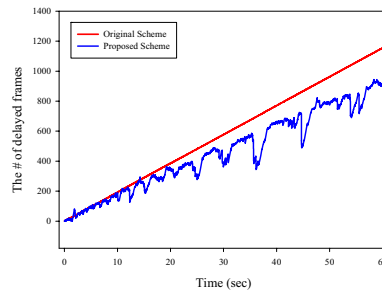


그림 2. 제안하는 알고리즘 적용시 성능

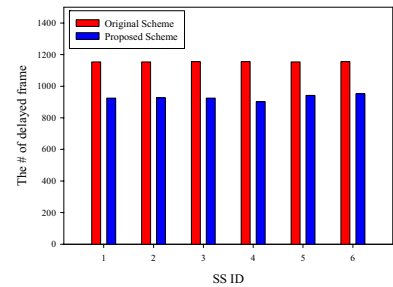


그림 3. 단말별 성능 비교

할당 주기가 다른 플로우들과 겹치게 되면서 자신이 서비스 받아야 하는 프레임 보다 N번째 프레임 뒤에 서비스 받게 된 플로우들의 그룹인 N-th delayed group으로 그룹화 한다. 각각의 그룹에 속하는 플로우들이 동일한 지연을 겪게 됨을 의미한다. 따라서, 대역폭 할당 주기가 겹치는 지점을 LCM point로 정의 하였을 때, 같은 그룹에 속하는 플로우들은 다음 LCM point 시점에서 자신이 속해 있는 delayed group에 따라 반복적인 서비스 지연을 겪게 된다. 따라서, 본 알고리즘에서는 UGS 클래스에 대해서 위의 정의한 그룹마다 겪는 지연 시간과 연관된 weight factor인 WD_i 를 유지하게 되고 이를 통해서 해당 그룹의 플로우들이 어느 정도의 서비스 지연시간을 겪었는지를 알 수 있게 된다. LCM point마다 각 그룹의 WD factor를 계속 업데이트 하게 되며 다음 번 LCM point에서는 WD factor 값이 가장 큰 그룹의 UGS 플로우들을 먼저 서비스 해 주도록 조정 하게 된다. 즉, LCM point 마다 UGS 클래스의 플로우 그룹들을 WD factor를 가지고 서비스 순서를 변경 해 주게 됨으로써 서비스 지연에 따른 같은 UGS 클래스 플로우들 간의 서비스 차별화 문제를 해결 할 수 있게 된다.

본 제안하는 알고리즘의 성능 평가를 위해서 국내외에서 IEEE 802.16 OFDMA 시스템의 시뮬레이터 톨로써 가장 인정받고 있는 OPNET 시뮬레이터의 WiMax 모델러를 사용 하였다. 그림 1에서는 기존의 802.16 시스템에서의 UGS 클래스의 주기적인 대역폭 할당 방식에서 나타날 수 있는 문제점을 보여 주고 있다. 본 결과는 기존의 UGS 클래스의 주기적인 대역폭 할당 방식을 사용 했을 때의 결과로 총 40개의 UGS 플로우를 가지고 30초 동안 시뮬레이션을 수행했을 때, 10 ms와 20 ms 대역폭 할당 주기를 가지는 플로우들의 지연되는 프레임의 수를 나타낸다. 그림에서 보여 주는 바와 같이 시간이 지남에 따라 지연되는 프레임의 수는 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 그림 2는 그림 1에서와 같은 문제점을 해결하기 위해서 제안 한 알고리즘 중에 두 번째 알고리즘을 적용 했을 때의 성능을 기존의 UGS 클래스 서비스 방식과의 성능 비교 결과를 보여 주고 있다. 그림 2를 보면, 기존의 방식과 제안한 방식을 동일한 환경에서 적용 했을 때 제안하는 방식이 지속적으로 각 그룹마다의 지연시간을 체크해서 서비스 순서를 변경 해 주기 때문에 시간이 지남에 따라서 지연 되는 프레임의 수가 작아짐을 알 수 있다. 전체적으로 각 SS들 별로 제안 하는 알고리즘과 기존 방식을 비교 해 보면 그림 3과 같다. 동일한 상황에서 제안 하는 알고리즘에서와 같이 UGS 클래스 플로우들의 서비스 지연 시간에 대해서 그룹으로 나누어서 그룹들간의 보정을 해 주기 때문에 SS들끼리 비교해 보았을 때 약 19~21% 정도의 성능 향상을 보이고 있음을 확인 할 수 있다.

결론적으로 정리 해 보면 다음과 같다. 802.16 시스템에서 다양한 응용 프로그램들에 대한 효율적인 QoS 서비스를 제공 해 주기 위해서 서비스 클래스를 정의와 더불어 각 서비스 클래스 별로 대역폭 할당 방식에 대해서 표준에 정의 해 놓았다. 하지만, UGS 서비스 클래스의 경우 플로우들의 수가 증가 할수록 대역폭 할당 주기가 겹침으로 인해서 오히려 전체적인 시스템의 성능저하와 서비스 클래스의 QoS를 보장 해 줄 수 없는 문제가 발생 함을 알 수 있었다. 본 논문에서는 이런 문제점이 발생 할 수 있음을 보여 주었으며 이를 해결 하기 위한 두 가지 알고리즘을 제시 하고 성능 평가를 통해서 기존의 방식에 비해서 성능 향상을 가져 올 수 있음을 확인 할 수 있었다. 따라서, 본 알고리즘을 802.16 시스템에 적용 시에 보다 나은 시스템 활용도를 가지고 UGS 서비스 클래스에 대해서 안정적인 QoS 서비스를 제공 할 수 있으리라 생각 된다.

* 참고문헌

[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] Mohammed Hawa and David W.Petr, Quality of Service Scheduling in Cable and Broadband Wireless Access System, IEEE International Workshop on Quality of Service, pp. 247-255, 2002.
 [4] G.Nair, J.Chou, T.Madejski, K.Perycz, D.Putzolu and J.Sydir, IEEE 802.16 medium access control and service provisioning, Intel Technology Journal, vol. 8, no. 3, pp. 213-228, 2004
 [5] Alexander Sayeko, Olli Alanen, Juha Karhla, and Timo Hamalainen, "Ensuring QoS requirements in 802.16 Scheduling.", MSWIM, 2006.
 [6] Xiaofeng Bai, Abdallah Shami, and Yinghua Ye, "Robust QoS Control for Single Carrier PMP Mode IEEE 802.16 Systems." Vol. 7, No. 4, IEEE Transaction on Mobile Computing, April. 2008.