

IEEE 802.16/WiBro 시스템에서의 UGS 클래스 대역폭 할당 주기 조정 알고리즘 (An Adjustment Algorithm for Bandwidth Grant Interval of UGS Class in IEEE 802.16/WiBro Systems)

백 주영^{*} 윤종필^{**}
(Joo-Young Baek) (Jong-Pil Yoon)
이정윤^{*} 서영주^{***}
(Jeong-Yoon Lee) (Young-Joo Suh)

요약 본 논문에서는 IEEE 802.16 OFDMA 시스템에서 QoS를 제공해 주기 위해서 표준에서 정의해 놓은 서비스 클래스 별 대역폭 할당 기법 중에서 UGS 클래스의 대역폭 할당 기법에서의 문제점을 지적하고 이를 해결하기 위한 알고리즘을 제시한다. 802.16 시스템에서는 다섯 가지 트래픽 클래스를 정의하고 이 중에서 UGS 클래스의 서비스 우선 순위를 가장 높게 처리하고 있다. 하지만, 기존의 UGS 클래스를 위한 대역폭 할당 방식에서는 다수개의 UGS 클래스가 존재할 때의 대역폭 할당 주기가 겹치는 문

본 연구는 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원 (No.R01-2007-000-20154-0)과 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구 결과로 수행되었음(IITA-2009-C1090-0902-0045). 이 논문은 2008 한국컴퓨터종합학술대회에서 'IEEE 802.16/WiBro 시스템에서의 UGS 클래스 대역폭 할당 주기 조정 알고리즘'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

* 학생회원 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과
nalsunia@postech.ac.kr
jylee9@postech.ac.kr

** 정회원 : LG 전자
feeling7@postech.ac.kr

*** 종신회원 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과 교수
yisuh@postech.ac.kr

논문접수 : 2008년 8월 27일
심사완료 : 2009년 3월 4일

Copyright©2009 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지 : 컴퓨팅의 실제 및 레터 제15권 제5호(2009.5)

제에 대한 고려를 하고 있지 않다. 이로 인해서 오히려 UGS 클래스의 QoS 서비스를 제공해 줄 수 없는 상황이 발생하게 된다. 본 논문에서는 이런 문제점의 발생을 성능 측정을 통해서 보여 주고 이를 해결하기 위한 알고리즘을 제시한다. 또한, 성능 비교를 통해서 제안하는 알고리즘 적용 시에 성능 향상이 있음을 보여 주고자 한다. 본 알고리즘의 적용을 통해서 실제 시스템 적용 시에 발생할 수 있는 문제점을 해결함으로써 보다 안정적인 QoS 서비스를 제공할 수 있는 802.16 시스템이 되리라 기대한다.

키워드 : IEEE 802.16/WiBro 시스템, UGS 클래스, 대역폭 할당 주기, QoS

Abstract In this paper we propose an adjustment algorithm for bandwidth grant interval of UGS class flows the overload status of certain frames occurs due to the pre-defined grant interval mechanism of UGS class. In IEEE 802.16/WiBro systems, UGS class is the highest priority to guaranteed QoS parameters. However, existing grant interval mechanisms of UGS class do not consider the condition that the grant interval of multiple UGS class flows overlaps with certain frames, and thus it causes the overload status in the system. Therefore, the system cannot be guaranteed QoS for UGS class flows. In this paper, we show the occurrence of the problem through simulation studies and propose an adjustment algorithm to solve the problem. Our simulation results show that there is performance improvement in the proposed algorithm. We expect that the real system in which the proposed scheme is applied can provide more stable QoS services by reducing the delay problem that occurs due to the occurrence of the existing grant interval problem of UGS class.

Key words : IEEE 802.16/WiBro system, UGS class, Bandwidth Grant Interval, QoS

1. 서 론

최근 무선 네트워크에 대한 연구가 활발히 진행됨에 따라 보다 높은 데이터 전송률을 통해서 언제 어디서나 서비스를 제공받고자 하는 사용자의 요구가 증가하고 있다. 이런 사용자의 욕구를 충족시켜 줄 수 있는 광대역 무선 네트워크 기술 중에 최근 각광받고 있는 기술이 IEEE 802.16이다. 기존의 무선랜 시스템보다 넓은 전송 영역을 가지고 사용자에게 보다 많은 대역폭 서비스가 가능한 802.16 시스템은 Institute of Electrical and Electronics Engineers(IEEE) 산하의 802.16 워킹 그룹(WG)에서 표준화[1,2]가 활발히 진행 중에 있다. 국내에서는 WiBro로 잘 알려져 있으며 현재 상용화가 진행 중에 있다.

광대역 무선 네트워크 기술 중에 IEEE 802.16 시스템이 주목을 받는 주된 이유 중의 하나는 바로 QoS 제

공 능력이다. 802.16 시스템에서는 효율적인 QoS 제공을 위한 커넥션 중심(connection-oriented) 매크로네임을 제공하고 있다. 즉, 802.16 시스템에서는 응용프로그램을 서비스 하자 할 때, 기지국(BS)과 단말(SS) 사이에서 해당 응용 프로그램에 대한 QoS 정보를 서로 주고받고 기지국에서 해당 QoS 조건을 제공 가능한 경우에만 서비스 제공을 허락하게 된다. 이런 과정은 802.16 시스템에서 정의하고 있는 컨트롤 메시지(DSA-REQ와 DSA-RSP)를 기반으로 해서 이루어지게 된다.

또한, 802.16 시스템에서는 응용 프로그램에 대한 효율적인 QoS 지원을 위해서 서비스 클래스를 지정하고 있으며, 이를 바탕으로 응용 프로그램에 대한 클래스별 서비스 제공을 하자 한다. 표준에서는 UGS rtPS, ertPS, nrtPS 그리고 BE의 다섯 가지 서비스 클래스를 정의하고 있다. 하지만, 802.16 시스템에서는 다섯 가지 서비스 클래스들의 구체적인 서비스 방식에 대한 정의는 되어 있지 않기 때문에 이와 관련하여 많은 연구가 진행되어 왔다. 기존의 연구들은 서비스 클래스들이 혼재하는 상황에서 각 클래스 별로 차별화된 서비스를 제공하는 방식에 대해 초점을 맞추어서 진행되어 왔으며, 이는 기존의 유선망에서 진행되어 온 많은 연구 결과들을 IEEE 802.16의 환경에 적합하도록 알고리즘 및 구조를 개선 적용하는 연구[3,4]가 위주가 되어 왔다. 하지만, 표준[1,2]에서 기본적으로 명시되고 있는 서비스 클래스들의 요구 조건을 만족시켜 주기 위한 대역폭 할당 방식에서 발생되는 문제들에 대해서는 최근 들어 연구가 진행되고 있는 상황이다. 본 논문에서는 UGS 클래스들의 대역폭 할당 방식에서 발생할 수 있는 문제점을 제기하고 이에 대한 해결책을 제시하고자 한다. 즉, 802.16 시스템에서 UGS 클래스의 경우 항상 QoS 조건을 만족시켜 주도록 표준에 명시하고 있기 때문에 주기적으로 일정량의 대역폭을 할당해 준다. 하지만, 이런 UGS 클래스 플로우들의 주기적인 대역폭 할당 주기가 특정 시점에 몰릴 수 있으며 이 상황은 오히려 UGS 사용자들에 대한 서비스를 제대로 해 줄 수 없는 문제점을 가지고 있다. 따라서 이를 위해서 UGS 클래스에 속한 플로우들의 대역폭 할당 주기를 고려하여 동적으로 할당 주기를 조정하도록 하는 알고리즘을 제시하고자 한다.

본 논문의 2장에서는 초점을 맞추고 있는 IEEE 802.16 시스템에 대해서 살펴본 후 3장에서 기존 방식의 문제점을 설명하고 4장에서는 문제점을 해결하기 위한 알고리즘을 제시한다. 5장에서는 실험을 통해 제안하는 알고리즘의 성능 향상을 살펴본 후, 마지막으로 6장에서는 본 논문을 마무리한다.

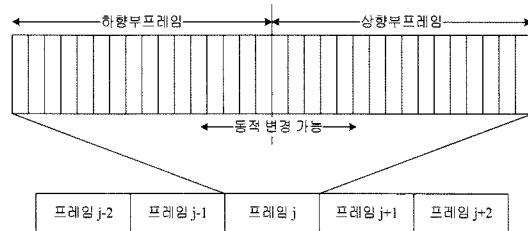


그림 1 802.16 TDD 방식의 프레임 구조

2. 시스템 모델

본 논문에서는 IEEE 802.16 시스템[1,2]의 OFDMA-TDD 방식을 가정한다. 802.16 시스템은 하나의 기지국과 다수의 단말들로 구성되며 프레임 단위로 서비스를 제공한다. 그림 1에서 보는 바와 같이 하나의 프레임은 하향링크 부프레임과 상향링크 부프레임으로 구성되며 5 msec 단위로 서비스를 제공하게 된다. 하향링크 부프레임을 이용해서 기지국은 단말들에게 트래픽을 전달하고 상향링크 부프레임을 통해서 단말은 기지국으로 트래픽을 전달하는 방식으로 서비스가 제공된다.

플로우에 대한 QoS 제공을 위한 커넥션 중심 매크로네임을 통해서 상향 트래픽의 경우, 하나의 단말이 응용 프로그램을 서비스 받기 위해서 기지국에게 응용 프로그램에 해당되는 서비스 클래스의 QoS 요구 사항을 DSA-REQ 컨트롤 메시지를 통해서 전달한다. 이를 전달받은 기지국에서 자신이 사용할 수 있는 자원과 비교해서 자신이 서비스를 제공해 줄 수 있는지 체크한 후 서비스 허락 유무에 대한 정보를 담아서 DSA-RSP 메시지를 단말에게 전달한다. 하향 트래픽의 경우도 이와 마찬가지로 기지국과 단말 간의 QoS 정보를 공유하는 절차를 거친 후에 진행된다.

802.16 시스템에서는 응용 프로그램들에 대한 효율적인 QoS 서비스를 위해서 서비스 클래스의 정의와 각각의 요구되는 QoS 조건 항목들을 명시하고 있다. 또한, 각 서비스 클래스들에 대해서 기지국의 대역폭 할당과 관련하여 표준에서는 아래와 같이 명시하고 있다.

- **UGS 클래스:** 플로우들에 대해서 일정 주기로 일정량의 대역폭을 할당해 주어야 한다.
- **ertPS 클래스:** 플로우들에 대해서 일정 주기로 일정량의 대역폭을 할당하며, 컨트롤 메시지를 통해 대역폭 할당량의 변경이 가능하다.
- **rtPS 클래스:** 주기적인 폴링(polling)을 통해서 플로우가 필요한 대역폭 양을 요청할 수 있도록 해 준다.
- **nrtPS 클래스:** 경쟁을 통해 단말이 대역폭 요청 정보를 기지국으로 전달해서 서비스를 받는다.
- **BE 클래스:** 특정 대역폭 할당 방식이 존재하지 않는다.

본 논문에서는 위의 서비스 클래스 중에서 UGS 클래스의 주기적으로 대역폭을 할당하는 방식에서 발생할 수 있는 문제점을 해결하고자 하며, 자세한 사항은 다음 절에서 설명하겠다.

3. 기존 방안 및 문제점

기지국에서는 클래스 특성에 맞춰서 플로우를 서비스한다. UGS는 T1/E1, 그리고 침묵 주기(silence-period)가 없는 Voice over IP 트래픽과 같은 주기적으로 고정된 크기의 데이터를 전송하는 실시간 상향 트래픽을 지원한다. 따라서 기지국은 UGS 트래픽의 요구사항을 만족시키기 위해서, 최소 보장 대역폭(Minimum Reserved Traffic Rate), 최대 지연 시간(Maximum Latency), 그리고 견딜 수 있는 지터(Tolerated Jitter) 등과 같은 파라미터에 의해 대역폭을 주기적으로 할당해 주어야 한다. 그러나 기지국에서 서비스 되는 UGS 플로우의 수가 많아지게 되는 상황을 생각해 보면, 동일한 주기의 동일한 양의 대역폭 할당 서비스를 제공할 수 없는 상황이 발생된다.

그림 2는 총 40개의 UGS 플로우들이 존재하는 상황에서 각 프레임에서 기지국에 의해 할당되는 대역폭 양을 나타낸 그림이다. 여기서 프레임 주기는 5ms이며, 각 플로우들의 대역폭 할당 주기가 다를 때, 플로우의 QoS 요구사항을 만족시킬 수 있다고 가정한다. 위의 그림에서 볼 수 있듯이 플로우 수가 증가할수록 해당 프레임에서 서비스를 받아야 하는 플로우가 시스템에서 서비스해 줄 수 있는 자원의 부족으로 다음 또는 몇 프레임 이상 지연되어 서비스를 받게 된다(그림 2에서 팔호 안의 숫자는 지연된 프레임의 수를 나타낸다). 이러한 현상은 플로우의 수가 더 증가될수록 심각해지며, 결국 기지국에서 플로우들의 QoS를 더 이상 만족시켜 줄 수 없는 상황을 야기한다.

구체적으로 살펴 보면, UGS 플로우들이 처음 플로우를 생성할 때에는 해당 시점에서 기지국의 가능할 수 있는 자원을 넘지 않는 범위 내에서는 플로우 생성 및 서비스를 제공해 줄 수 있는지의 여부를 결정하였다. 하지만, 이 때 UGS 플로우들의 대역폭 할당 주기에 대한 고려는 반영되지 않았다. 따라서 기지국에서 점차적으로 UGS 플로우들의 수가 증가하면서 UGS 플로우들의 대역폭 할당 주기가 서로 겹쳐지는 플로우들의 수가 늘어나게 되고 이로 인해서 기지국에서 UGS 플로우들에 대한

서비스를 제대로 제공해 주지 못하는 경우가 발생하게 된다. 즉, UGS 플로우들의 대역폭 할당 주기가 서로 만나게 되는 최소 공배수 시점(LCM point)의 프레임에서 과부하가 생기는 상황이 발생된다. 이는 UGS 플로우만이 아니라 우선순위가 낮은 클래스의 플로우들의 서비스에까지 영향을 주기 때문에 이를 고려한 서비스 방식이 필요하다. 이런 상황은 UGS 플로우 수가 증가할수록 점점 더 심해지게 되며 전체적인 자원을 효율적으로 사용하지 못하게 됨으로써 시스템의 성능 저하에도 영향을 미치게 된다.

4. 제안하는 방안

본 논문에서는 UGS 서비스 클래스의 대역폭 할당 주기로 인해 발생할 수 있는 문제를 해결하기 위한 2 가지 알고리즘을 제시하고자 한다.

우선, 첫 번째 알고리즘은 플로우를 생성하는 시점에서의 특정 프레임에서 과부하되는 상황을 방지하기 위한 기법이다. 802.16 시스템에서는 플로우를 생성 시에 DSA-REQ/RSP 메시지를 기지국과 단말 간의 주고받음으로써 플로우 서비스에 대한 정보 및 제공 가능 여부를 결정하도록 되어 있다. 이 때, 특정 프레임에 대역폭 할당 주기가 몰리는 상황을 대비하기 위해서 대역폭 주기 시점을 스프레딩 시키고자 한다.

기지국에서는 자신이 서비스해 주는 UGS 플로우들의 대역폭 할당 주기 정보와 할당해 주는 대역폭 양에 대해서 표 1과 같이 매트릭스로 유지한다. 해당 매트릭스에서 행은 플로우 식별자를 의미하며 열은 대역폭 할당 주기를 의미한다. 따라서 (1:2)의 값 50이 의미하는 바는 첫 번째 플로우는 대역폭 할당 주기가 2 프레임 단위로 서비스되며 이 때 요구되는 서비스 양은 50 kbits라는 것을 의미한다. 이를 바탕으로 해서, 새로운 UGS 플

표 1 UGS 플로우를 위한 대역폭 할당 주기

주기 \ 플로우	1	2	3	4	...
1		50		50	...
2			100		...
3				...	
4	10			10	
...					

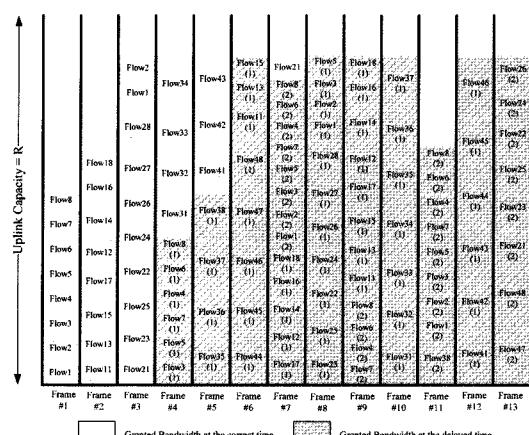


그림 2 UGS 플로우의 주기적인 대역폭 할당 방식의 문제점

로우에 대해서 서비스 개시 요청이 왔을 때 기지국에서는 자신의 가능한 자원량을 통한 서비스 가능 여부만이 아닌 매트릭스에서의 최소한 겹치는 주기가 적은 시점을 찾아서 해당 시점에 플로우를 개시하도록 함으로써 최소 공배수 시점의 발생 주기를 줄이도록 한다. 본 방식의 경우에는 플로우 시작 시에 과부하를 피할 수 있도록 고려하기 때문에 시스템의 과부하로 인한 성능 저하가 발생할 수 있는 부분을 사전에 막을 수 있다. 본 알고리즘은 별도의 자신이 서비스해 주고 있는 UGS 클래스 플로우들의 정보를 매트릭스로 유지해야 하는 오버헤드가 존재할 수 있다.

두 번째 알고리즘의 경우에는 그림 2와 같은 상황에서 대역폭 할당 주기가 겹치는 플로우들이 비슷한 주기로 서비스가 과부되는 상황을 겪게 되는 점을 고려하여, 아래와 같이 플로우들을 그룹화 한다.

- 일반 그룹: 다른 플로우들의 서비스 주기에 전혀 영향을 미치지 않고 서비스를 받는 플로우들의 그룹
- N 번째 지연 그룹: 다른 플로우들의 서비스 주기에 영향을 받는 플로우들로 자신이 서비스 받아야 하는 프레임 내에서 대역폭 할당 주기가 다른 플로우들과 겹치게 되면서 자신이 서비스 받아야 하는 프레임보다 N번째 프레임 뒤에 서비스 받게 된 플로우 그룹
위와 같이 플로우들에 대해서 그룹화할 수 있는 이유는 UGS 플로우들이 모두 일정한 주기로 대역폭 할당을 받기 때문에 매번 발생하는 과부하 상황에서 플로우들이 매번 동일한 그룹에 속하는 상황이 발생하게 되기 때문이다. 이는 각각의 그룹에 속하는 플로우들이 동일한 지연을 겪게 됨을 의미한다. 따라서 대역폭 할당 주기가 겹치는 지점을 최소 공배수 시점으로 정의하였을 때, 같은 그룹에 속하는 플로우들은 다음 최소 공배수 시점에서 자신이 속해 있는 지연 그룹에 따라 반복적인 서비스 지연을 겪게 된다. 따라서 본 알고리즘에서는 UGS 클래스에 대해서 위의 정의한 그룹마다 겹는 지연 시간과 연관된 가중치 요소인 WDi를 유지하게 되고 이를 통해서 해당 그룹의 플로우들이 어느 정도의 서비스 지연 시간을 겪었는지를 알 수 있게 된다. n번째 프레임의 i번째 그룹에서의 WDi는 아래와 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} \text{WDi}(\text{Current LCM_point}) &= \text{WDi}(\text{Previous LCM_point}) - (n - \text{Current Service Order}) \end{aligned}$$

위와 같이 최소 공배수 시점마다 각 그룹의 WD 값을 계속 업데이트하게 되며 다음 최소 공배수 시점에서는 WD 값이 가장 큰 그룹의 UGS 클래스 플로우들을 먼저 서비스해 주도록 조정하게 된다. 즉, 최소 공배수 시점마다 UGS 클래스의 플로우 그룹들을 WD 값을 가지고 서비스 순서를 변경해 주게 됨으로써 그림 2와 같이 UGS 클래스 플로우들의 대역폭 할당 주기가 겹치게 됨으로써 발생하는 서비스 지연 문제를 완화할 수 있게 된다.

표 2 시뮬레이션 파라미터

프레임 주기	5 ms
부반송파의 수	1024
심볼 주기	115.2 μs
상향링크	크기 12 symbols
부프레임	주기 1.3824 ms
상향링크 전체 심볼 수	7904
플로우 정보	총 개수 40 클래스 UGS 클래스

5. 성능 평가

본 제안하는 알고리즘의 성능 평가를 위해서 OPNET 시뮬레이터의 WiMax 모듈을 사용하였다. 표 2는 성능 평가에 사용된 시뮬레이션 파라미터를 나타낸다. 본 논문에서 제안한 두 가지 알고리즘 중에 첫 번째 알고리즘의 경우에는 UGS 플로우 생성 과정에서부터 대역폭 할당 주기를 고려하여 대역폭 할당 주기가 겹치지 않도록 하기 때문에 본 논문에서 제기하고 있는 문제를 사전에 예방할 수 있다. 따라서 본 성능 평가에서는 두 번째 알고리즘과 기존 UGS 클래스들의 주기적인 대역폭 할당 방식의 성능 비교에 초점을 두고자 한다.

그림 3에서는 기존의 802.16 시스템에서의 UGS 클래스 플로우들의 주기적인 대역폭 할당 방식을 통해서 서비스를 제공했을 때 나타날 수 있는 문제점을 보여주고 있다. 본 결과는 30초 동안 총 40개의 UGS 플로우들을 가지고 시뮬레이션을 수행했을 때의 결과로, 10 ms와 20 ms 대역폭 할당 주기를 가지는 플로우들의 시간에 따른 지연 프레임 수를 나타낸다. 그림에서 보여주는 바와 같이 시간이 지남에 따라서 기존 방식으로 대역폭을 할당했을 때에 대역폭 할당을 받는데 걸리는 지연 시간은 선형적으로 증가함을 알 수 있다.

그림 4에서는 그림 3과 동일한 환경에서 두 번째 알고리즘을 적용했을 때의 성능을 기존의 UGS 클래스의 대역폭 할당 방식과 비교한 결과를 보여주고 있다. 제안하는 알고리즘은 각 UGS 클래스 플로우들이 겹는 지연

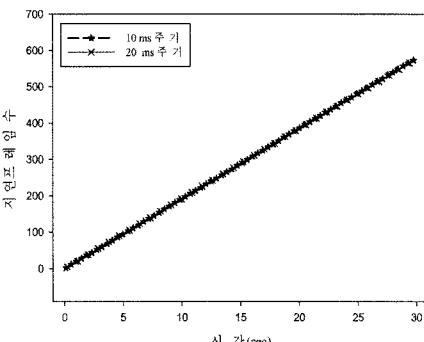


그림 3 기존 UGS 클래스 서비스 방식

시간에 따라 그룹을 나누게 된다. 각 그룹마다 지연 시간을 나타내는 가중치 요소인 WD를 유지하고 있기 때문에 현재 시점에서 WD 값을 통해서 해당 그룹에 존재하는 UGS 클래스 플로우들이 어느 정도의 서비스 지연율을 겪었는지를 알 수 있다. 이를 기반으로 하여 UGS 클래스 플로우들의 대역폭 할당 주기가 겹치는 시점에서 WD 값이 가장 큰 그룹에 존재하는 플로우들에게 대역폭을 우선적으로 할당해 주고 WD 값을 조정해 주게 된다. 즉, 제안 기법에서는 각 그룹마다 지연 시간을 체크하여 대역폭 할당 순서를 변경해 줌으로써 대역폭 할당 주기가 겹쳐지는 문제와 그룹 간에 서로 다른 지연 시간을 겪게 되는 문제를 완화시킬 수 있게 된다. 따라서 그림 4에서 보는 바와 같이 기존 기법은 시간이 지남에 따라서 선형적으로 지연 프레임 수가 증가하는데 반해서 제안 기법에서는 지연 프레임 수를 줄임으로써 문제를 완화하는 것을 확인할 수 있으며 또한 시간이 지남에 따라서 점차 기존 기법과 지연 프레임 수에 있어서 차이가 있음을 보여주고 있다.

그림 5에서는 각 단말 별로 제안 하는 알고리즘과 기존 방식을 적용했을 때 지연 프레임 수를 보여주고 있다. 본 결과는 단말들이 겪은 지연 프레임 수로써 기존 방식에서는 UGS 클래스 플로우들의 대역폭 할당 주기가 겹치는 데에 대해서 고려를 하고 있지 않기 때문에 지연 프레임 수가 제안하는 기법에 비해서 높음을 알 수 있다. 또한, 이런 지연 프레임 수는 UGS 클래스 플로우 수가 많아지게 되면 더 심해지게 된다. 따라서 이와 같은 상황에서는 표준에서 명시된 UGS 클래스 플로우들의 서비스 조건을 만족시켜 줄 수 있는 서비스를 시스템에서 제공하기 힘들게 된다. 하지만, 제안 기법을 적용 시에 지연 시간을 기반으로 해서 그룹을 나누고 그룹들 간의 서비스 순서를 변경해서 대역폭을 할당해 주는 방식으로 UGS 클래스 플로우들에게 서비스를 제공하기 때문에 각각의 단말 별 성능을 비교해 보면 기존 방식에 비해 약 19~21% 정도의 성능 향상을 보이고 있음을 확인할 수 있다.

6. 결 론

802.16 시스템에서 효율적인 QoS 서비스를 제공해 주기 위해서 서비스 클래스를 정의와 각 서비스 클래스 별로 대역폭 할당 방식을 지원한다. 하지만, UGS 서비스 클래스의 경우 플로우들의 수가 증가할수록 대역폭 할당 주기가 겹침으로 인해서 오히려 전체적인 시스템의 성능저하와 서비스 클래스의 QoS를 보장해 줄 수 없는 문제가 발생 한다. 본 논문에서는 이런 문제점이 발생할 수 있음을 실험을 통해서 보여 주었으며 이를 해결하기 위한 두 가지 알고리즘을 제시하고 성능 평가

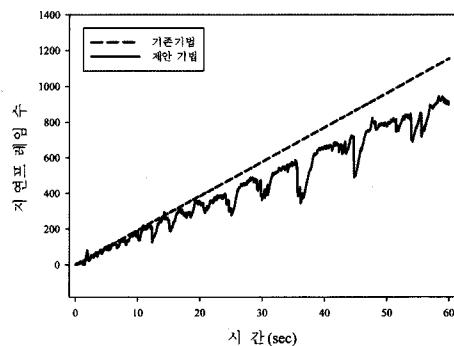


그림 4 제안하는 알고리즘 적용 시 성능

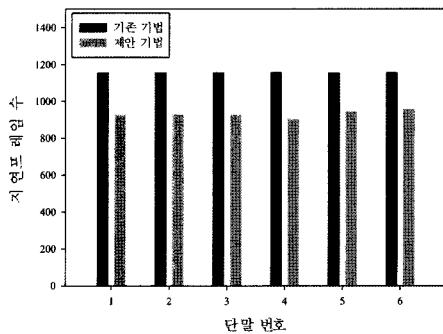


그림 5 단말별 성능 비교

를 통해서 기존의 방식에 비해서 성능 향상을 가져 올 수 있음을 확인하였다. 따라서 본 알고리즘을 802.16 시스템에 적용 시에 보다 나은 시스템 활용도를 가지고 UGS 서비스 클래스에 대해서 안정적인 QoS 서비스를 제공할 수 있으리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [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] Alexander Sayeko, Olli Alelanen, Juha Karhla, and Timo Hamalainen, "Ensuring QoS requirements in 802.16 Scheduling," ACM International Conference on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems, Oct. 2006.
- [4] Xiaofeng Bai, Abdallah Shami, and Yinghua Ye, "Robust QoS Control for Single Carrier PMP Mode IEEE 802.16 Systems," IEEE Transaction on Mobile Computing, Vol.7, No.4, pp. 416-429, 2008.