고속 멀티미디어 무선망에서 적응적 대역폭 예약을 이용한 우선순위 기반의 호 수락 제어

김미희, 채기준
컴퓨터학과, 이화여자대학교

A Prioritization-Based Call Admission Control Using Adaptive Bandwidth Reservation in High-Speed Multimedia Wireless Networks

Mi-Hee Kim, Ki-Joon Chae
Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

요 약

차세대 고속 무선망에서는 신뢰성이 높고 광전송로를 근간으로 하는 유선망의 멀티미디어 응용 지원의 확장으로 유무선 종합 정보 통신망의 구현을 목표로 하고 있다. 현재 기존의 유선망에서는 멀티미디어 응용 지원을 위해 QoS Provisioning에 관한 많은 연구가 되어 있으나 무선망에서의 이동성과 무선 전파의 열악한 전송으로 인해 새로운 QoS Provisioning 방법에 관한 연구가 필수적이다 본 논문에서는 지연에 민감한 실시간 트래픽의 QoS 보장을 위하여 이동 터미널의 속도에 따라 이웃 셀의 대역폭을 예약함으로써 핸드오프를 대비하고, 효율적인 무선 자원의 사용을 위해 적응적으로 예약된 대역폭의 양을 조절하는 방법을 제안한다. 또한 트래픽의 종류와 호의 종류, 터미널의 속도에 따라 다른 우선순위를 부여하여 우선순위에 기반한 호 수락 제어 방법을 제안한다. 실험을 통하여 기존에 제안된 방법과 성능 비교한다

1. 서 론

최근 개인 휴대 통신의 관심도가 증가하면서 B-ISDN과 같은 기존의 유선망에서 제공된 다양한 멀티미디어 응용 지원을 무선망으로 확장시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 무선 ATM, IMT-2000 (International Mobile Telecommunications by the year 2000)등으로 대표되는 차세대 고속 무선망에서는 신뢰성이 높고 고속의 광전송로를 근간으로 하는 유선망의 능력과 용량들을 가능한 투명하고 자연스러우면서도 효과적인 방법으로 무선 영역까지 확장 적용할 수 있는 유무선 통합의 종합 정보 통신망 서비스의 구현을 목표로 하고 있다[1].

그러나 무선망에서의 열악한 전송 특성과 이동성이라는 특수성을 고려할 때 미래의 무선 시스템에서 제공하는 서비스는 양과 질적인 면에서 유선망과 많은 차이가 예상되며, 이를 해결하기 위한 다방면의 연구가 필수적이다. 또한 더 많은 무선 자원의 제공과 향상된 성능 제공을 위하여 현재 고려되고 있는 무선망의 셀 구조는 마이크로/피코 셀과 같이 점차 작아짐에 따라 잦은 핸드오프 처리와 빠른 트래픽 상황 변화가 예상되며 이로 인하여 QoS 보장 문제는 더욱 어렵게 되었고 해결해야 할 과제로 대두되었다[2].

본 논문에서는 고속 무선망에서 멀티미디어 응용을 효과적으로 지원하고 한정된 무선 자원을 효율적으로 사용하기 위하여 이동 터미널의 속도와 트래픽 클래스 기반의 적응적 대역폭 예약을 사용하고 호의 종류에 따라 우선순위를 부여하여 우선순위 기반의 호 수락 제어 방법을 제안하고자 한다

본 논문의 2장에서는 기존의 연구 동향을 설명하고, 3장에서는 기존의 방법들의 단점을 보완하기 위한 새로운 호 수락 제어 방법을 제안한다 4장에서는 실험을 통하여 제안된 방법과 기존의 방법을 성능 비교, 분석을 하며 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 기존의 연구 동향

무선망 자원의 한계에 의한 서비스 질 저하를 줄이기 위하여 다음과 같은 연구가 수행되었다 이미 수락된 호에 대한 지속적인 서비스 제공을 위하여 핸드오프 호를 위한 채널 예약 방법 및 핸드오프 요청에 대한 큐잉 방법이 제안되었다[3][4]. 그러나 고정된 예약 채널은 채널의 낭비를 초래할 수 있고, 큐잉 방법은 큐잉에 의한 지연과 강제종료율 사이에 적절한 균형이 요구된다.

또한 데이타 트래픽의 잦은 핸드오프 시에도 요구된 QoS를 보장해 주기 위하여 몇 개의 이웃 셀들의 집합으로 구성된 셀 클러스터(cell cluster) 기반의 호 수락 제어 기법이 제안되었다[5]. 이 방법은 일단 연결이 수락되면 연결이 수락된 셀 클러스터 내에서 네트워크 상황 변화에 영향받지 않고 요구된 QoS를 지원해 주는 방법이다 그러나 [5]에서는 한 가지 데이타 타입만을 고려하였고, 연결 수락을 결정할 때 단지 기존에 연결된 호의 수만을 고려했다는 한계점이 있다 또한 셀 클러스터 내에서는 핸드오프 처리에 상관없이 자유로운 이동이 가능하나 셀 클러스터 간의 이동에 있어서 핸드오프 호의 강제종료율과 신규호의 블럭킹율이 현저히 높아진다는 데 한계가 있다

고속의 무선망에서 다양한 멀티미디어 응용 지원이 중요해짐에 따라 멀티미디어 응용의 다양한 QoS 보장을 위하여 트래픽 클래스 구분에 의한 호 수락 제어가 제안되었다[6] 음성이나 비디오 트래픽과 같은 지연에 민감한 실시간 트래픽을 Class I, TCP 트래픽이나 전자 메일과 같이 지연에 민감하지 않아 새로운 셀로 이동했을 때 QoS 파라미터 값을 재협상 가능한 비 실시간 트래픽을 Class II로 구분하여 처리한다 이와 같이 서로 다른 QoS 파라미터 값을 갖는 트래픽을 구분하여 지연에 민감한 Class I의 핸드오프 호를 위하여 이웃 셀에 대역폭을 미리 할당함으로써 이미 수락된 호에 대한 지속적인 서비스를 제공해 준다. 그러나 [6]에서 제시한 호 수락 제어는 실시간 트래픽의 핸드오프 강제종료율을 줄이기 위하여 이웃 셀에 미리 대역폭을 예약하는데, 모

든 이웃 셀에 대역폭이 예약되지 않은 경우 핸드오프 요구를 기각하여 오히려 핸드오프 강제종료율을 높일 수 있다. 이는 모든 이웃 셀의 대역폭 예약이라는 강한 제한 조건에 의한 것이다. 이로 인하여 일부 이웃 셀의 예약이 실패했으나 예약이 성공한 셀로 이동하는 경우, 대역폭 예약이 실패했으나 네트워크 상황이 호전되어 이후에 그 셀로 이동시 핸드오프 처리가 성공하는 경우에는 예약 조건에 의해 미리 핸드오프 요청을 기각할 수 있는 문제점이 있다.

3. 제안한 호 수락 제어 방법

3.1. 적응적 대역폭 예약

본 논문에서는 지연에 민감한 Class I의 핸드오프 호를 위하여 미리 대역폭을 예약하는 방법을 사용하고자 한다. 대역폭 예약 방법에 있어서 가장 이상적인 방법은 다음에 이동할 이웃 셀에만 요구된 대역폭을 예약하는 것이다. 그러나 사용자의 이동 패턴을 예측하려면 각 터미널에 대해 많은 정보가 필요하고 정확한 예측 또한 어렵다. 이러한 문제의 대안책으로 다음과 같은 대역폭 예약 방법을 제안한다.

본 논문에서는 [6]에서처럼 기본적으로 실시간 트래픽인 Class I에 대하여 터미널이 이동을 할 때, 이동이 가능한 이웃 셀들에 요구된 대역폭의 일정 비율을 예약하는 방법을 사용한다. 이동을 하면서 식(1)에서 구해진 양에 따라 새로운 이웃 셀에 예약을 요청하고 더 이상 이웃 셀이 아닌 경우 예약된 대역폭을 해제한다. 그러나 [6]에서의 가장 큰 단점인 모든 이웃 셀에서 예약이 성공적으로 수행되어야만 핸드오프 호를 수락하는 조건은 부여하지 않고, 단지 적당한 대역폭을 각 이웃 셀에 예약 요청하되 예약의 성공 여부에는 관여하지 않는 Best-Effort 방식으로 수행된다.

식(1)은 요구하는 대역폭 양이 B_{Req}라고 했을 때 그 일부를 구하는 식이다. 이렇게 구해진 예약 대역폭 B_{Res}만큼 이웃 셀들에 예약을 요청한다

$$B_{Res} = B_{Req} \cdot f_F \qquad (0 < f_F < 1) \qquad (1)$$

이 때 이동 터미널의 이동속도가 느린 경우 f_F 보다 작은 f_S을 적용하여 예약 대역폭 양을 구한다($f_F > f_S$). 예를 들어, 터미널의 이동 속도를 차의 속도와 사람의 걷는 속도로 고려해 볼 때, 반경이 150m인 마이크로 셀에서 차의 속도로 터미널이 이동하는 경우에는 10여 초 간격으로, 걷는 속도로 터미널이 이동하는 경우는 6분 정도마다 핸드오프가 발생한다. 즉, 이동 터미널의 속도가 빠를수록 한 셀에서 머무는 시간이 줄어들기 때문에 이동이 가능한 모든 셀에 이동 속도가 느린 터미널보다 많은 양을 예약하더라도 이동되지 않은 나머지 이웃 셀들의 예약 대역폭은 곧 해제되므로 시스템 이용율에 큰 영향을 미치지 않는다는 분석이 나온다. 또한 이동 터미널의 속도가 빠른 경우 그림 1에서처럼 핸드오프 처리가 이뤄져야 하는 구간인 핸드오프 영역(Handoff Area)에서도 빨리 이동되어 빠른 핸드오프 처리가 요구되므로 이동 속도가 느린 터미널에 비해 더 많은 대역폭을 예약하여 빠른 핸드오프 처리에 대처하고 핸드오프 강제종료율을 줄일 수 있는 근거가 된다.

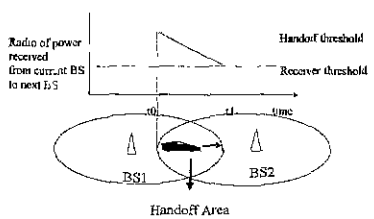

그림 1. 핸드오프 영역 (Handoff Area)

이렇게 터미널의 이동에 따라 예약된 대역폭의 양이 최적이 아닐 수 있으므로 Class I의 핸드오프 강제종료율과 예약 대역폭의 이용율을 감시하여 주기적으로 각 셀에 맞는 예약 대역폭의 양을 조절하는 방법을 제안한다. 각 셀의 트래픽 상황에 따라 적응적으로 예약 대역폭의 양을 조절하여 Class I의 핸드오프 강제종료율을 원하는 정도로 유지하면서 높은 예약 대역폭의 이용율을 유지함으로써 QoS 보장과 효율적인 자원 사용의 목적을 달성하고자 한다.

3.2. 우선순위 기반의 호 수락 제어

본 논문에서는 QoS 보장과 효율적인 자원 사용을 위하여 적응적인 대역폭 예약을 제안하였다. 또한 이러한 목적의 일환으로 각 호의 종류에 따라 우선순위를 부여하여 우선순위에 따라 수행되는 호 수락 제어 방법을 제안한다. 이 방법은 지속적인 QoS 보장 면에서 신규호보다는 핸드오프호에, 지연의 민감도 면에서 비실시간 데이타인 Class II보다는 실시간 데이타인 Class I에, 이동 터미널의 속도 면에서 속도가 느린 터미널보다는 빠른 터미널의 핸드오프 요구에 우선순위를 두어 호 수락 제어를 수행한다.

기본적인 호 수락 제어는 다음과 같은 기준으로 그림 2와 같이 수행된다

- 호의 종류 (핸드오프 호/신규호)
- 트래픽 클래스 (실시간 트래픽/비 실시간 트래픽)
- 이동 터미널의 속도 (Fast/Slow)

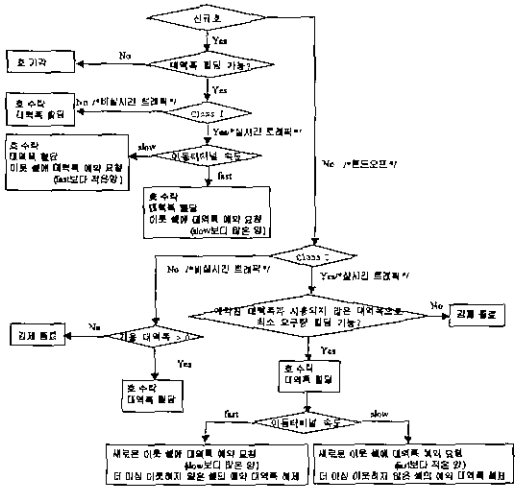

그림 2. 제안된 호 수락 제어의 순서도

각 셀의 기지국으로 연결 요청이 들어오는 호의 종류를 핸드오프 호와 신규호로 구분하여 수행한다. 신규호인 경우, 요구하는 대역폭이 이용 가능한 경우 호를 수락한다. 수락된 신규호에 대해 실시간 트래픽인 경우 핸드오프를 대비하여 이동 가능한 모든 이웃 셀에 대역폭 예약을 요청하고, 예약 대역폭의 양은 식(1)에서처럼 각 호가 요구하는 대역폭의 양과 그 터미널의 속도에 따라 결정된다.

핸드오프 호인 경우, 트래픽 클래스에 따라 다르게 호 수락 여부가 결정되는데, 지연에 민감하지 않은 트래픽인 경우에는 가용 대역폭이 남아 있으면 호가 수락되어 대역폭이 할당되고, 지연에 민감한 실시간 트래픽인 경우에는 지속적인 QoS 보장을 위하여 미리 예약된 대역폭과 사용되지 않은 대역폭이 최소 요구량을 만족할 수 있을 때 수락된다. 수락된 실시간 트래픽의 핸드오프 호인 경우 새로운 이웃 셀에 대역폭을 예약하고 더 이상 이웃 셀이 아닌 경우 예약된 대역폭을 해제하게 된다.

이러한 기본적인 호 수락 제어를 수행하되 예약 대역폭이 아닌 나머지 대역폭을 사용함에 있어서 다음과 같은 우선순위로 수행된다. 우선순위는 P1이 가장 높고, P2,P3,P4,P5의 순으로 부여된다

P1. 이동속도가 빠른 터미널의 Class I 핸드오프 요청
P2. 이동속도가 느린 터미널의 Class I 핸드오프 요청
P3. 이동속도가 빠른 터미널의 Class II 핸드오프 요청
P4. 이동속도가 느린 터미널의 Class II 핸드오프 요청
P5. 신규호의 요청

각 셀에 채널 할당 방식이 고정 채널 할당 방식이든 동적 채널 할당 방식이든 각 셀에 할당된 전체 채널이 그림 3과 같을 때 실시간 트래픽의 핸드오프를 위하여 각 셀의 상황에 맞게 적응적으로 대역폭을 예약하고, 나머지 대역폭에 대하여 위와 같은 우선순위로 각 호의 수락 제어를 수행한다

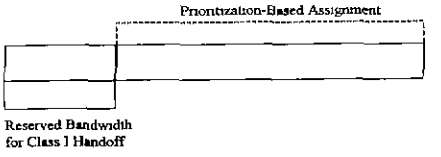

그림 3. 각 셀의 대역폭 사용

4. 실험 및 분석

본 논문에서 제안된 고속 멀티미디어 무선망에서의 호 수락 제어의 효율성을 분석하기 위해 다음과 같은 실험 환경을 가정한다. 서비스의 영역은 반경이 150m인 50개의 정육각형 마이크로 셀로 구성되어 있으며, 각 기지국의 대역폭은 30Mbps로 가정하고, 이동 터미널의 속도는 빠른 터미널의 속도는 평균 50km/h~80km/h사이에, 느린 터미널의 속도는 평균 0.5m/s~1.2m/s사이에 균일 분포를 따르는 것으로 가정하였다 또한 이동 터미널의 이동 방향은 각 이웃 셀로의 방향, 즉 6개의 방향으로 가정하였고, 서비스 영역의 경계에서 벗어나면 그 반대편 셀로 들어가는 것으로 처리하였다. 호의 시도는 셀 내에서 고르게 발생하고, 각 호의 발생율은 λ인 포아송 분포를 따르며, 호의 지속 시간은 평균이 $1/\mu$인 지수 분포를 따른다고 가정한다.

실험에 사용된 멀티미디어 트래픽의 종류, 각 클래스의 구분, 평균 요구 대역폭, 평균 지속 시간은 표 1과 같다[6].

트래픽 클래스	대역폭 요구량	평균 지속 시간	응 용
I	30K (CBR)	3min	voice,audio
I	256K (CBR)	5min	video
I	1-6M (avg) (VBR)	10min	interactive VOD
II	5-20K (UBR)	30sec	E-mail
II	64-512K (UBR)	3min	Riogin
II	1-10M (UBR)	2min	FTP

표 1. 실험에 사용된 멀티미디어 트래픽

제안된 호 수락 제어의 성능을 분석하기 위하여 대역폭을 예약하지 않는 방법(No Reservation)과 고정 예약 대역폭(Fixed Reservation)을 갖는 방법을 실험, 비교하였다

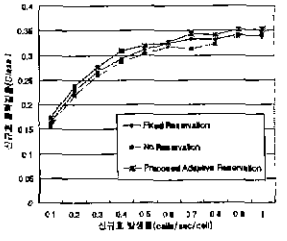

그림 4. 신규호 발생율에 따른 신규호 블럭킹율(Class I)

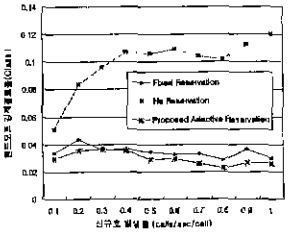

그림 5. 신규호 발생율에 따른 핸드오프호 강제종료율(Class I)

그림 4와 그림 5는 신규호 발생율을 0.1~1(calls/sec/cell)까지 변화시키며 구해진 실시간 트래픽의 신규호 블럭킹율과 핸드오프호 강제종료율이다. 이 때, 고정 대역폭 예약 방식은 전체 대역폭의 20%를 예약하고, 제안된 방법은 셀의 상황에 따라 예약 대역폭 양을 변화시키되 전체 대역폭의 20%를 넘지 않도록 하였다. 또한 Class I 핸드오프호의 강제종료율이 0.03을 넘지 않도록 예약 대역폭 양을 조절하였다. 그림 4,5에서 볼 수 있듯이 신규호의 블럭킹율은 예약을 하지 않은 방법이 가장 낮지만 거의 비슷한 결과를 얻었고, 핸드오프호의 강제종료율은 예약하지 않은 방법에 비해 대역폭 예약에 의한 방법이 훨씬 낮고, 고정 예약 방식보다 제안된 방식이 더 낮으며, 요구된 0.03을 유지하고 있음을 보여 준다.

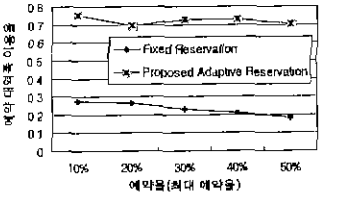

그림 6. 대역폭 예약율에 따른 예약 대역폭 이용율

그림 6은 고정 예약 방법에서의 예약율과 제안된 적응적 예약 방법의 최대 예약율을 10%~50%까지 증가시키며 측정한 예약 대역폭 이용율이다. 고정 예약 방식에서는 예약율을 증가시킴에 따라 점차 낮은 이용율을 나타내었고, 또한 전체적인 낮은 이용율은 고정 예약으로 인한 자원 낭비의 단점을 보여주고 있다. 그에 비해 제안된 적응적 예약 방식은 최대 예약율이 증가하여도 예약 대역폭의 이용율에 따라 적응적으로 예약 대역폭의 양을 결정하므로 항상 높은 이용율의 결과를 얻을 수 있었다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 고속 무선망에서 멀티미디어 응용을 효과적으로 지원하고 한정된 무선 자원을 효율적으로 사용하기 위하여 적응적 대역폭 예약을 사용한 우선순위 기반의 호 수락 제어 방법을 제안하고, 실험을 통하여 기존의 방법과 비교 분석하였다.

실험 결과, 예약을 하지 않는 방법에 비해 신규호 블럭킹율이 다소 높아지지만 거의 무감한 실시간 트래픽의 핸드오프호 강제종료율을 원하는 값으로 현저히 낮춤으로써 지속적인 QoS 보장의 목표를 달성할 수 있었다. 또한 고정 대역폭 예약의 단점인 자원 낭비를 막기 위하여 네트워크 상황에 따라 예약 대역폭의 양을 조절함으로써 높은 이용율의 결과를 얻을 수 있었다.

현재 본 논문에서는 기본적으로 모든 이웃 셀에 같은 양의 예약 대역폭을 요청했으나 터미널들의 이동 방향과 핸드오프 시기의 추정에 따라 각 이웃 셀에 다른 양의 대역폭 예약을 요청하는 알고리즘 개발이 요구된다.

참고 문헌

[1] 강충구, 조유제, 김용진, "무선 ATM 망 표준화 동향 및 요소 기술 분석",Telecommunication review, 제7권, 제4호, 1997. 7~8.

[2] Mahmoud Naghshineh, Anthony S. Acampora, "QOS Provisioning in Micro-Cellular Networks Supporting Multimedia Traffic", IEEE INFORCOM, 1995.

[3] D H. Hong and S.S. Rappaport, "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Non-prioritized Handoff Procedures," IEEE Transactions on Vehicular Technology. Aug. 1986.

[4] S Tekinay and B. Jabbari, "A Measurement-Based Prioritization Scheme for Handovers in Mobile Cellular Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Oct 1992.

[5] Mahmoud Naghshineh, Anthony S Acampora, "Design and Control of Micro-Cellular Networks with QOS Provisioning for Data Traffic", ICC, 1996.

[6] C. Oliveira, J.B Kim and T. Suda, "Quality-of-Service Guarantee in High-Speed Multimedia Wireless Networks", ICC, 1996.