

멀티미디어 무선망에서 서비스 제어를 통한 QoS 향상

이준화^U, 정병호^{*}, 이광일, 김상하

충남대학교 컴퓨터과학과

국방과학연구소^{*}

{jhlee, kilee, shkim}@cclab.cnu.ac.kr

bhchung@sunam.kreonet.re.kr^{*}

The QoS Improvement through Service Control in Wireless Multimedia Networks

Jun-Hwa Lee^U, Byung-Ho, Chung^{*}, Kwang-Il Lee, Sang-Ha Kim
Dept. of Computer Science, Chungnam University
Agency for Defense Development^{*}

요 약

미래의 무선망에서는 자원의 한계를 극복하기 위해서 셀 크기가 작은 마이크로/피코 셀 구조를 갖는 것으로 기대된다. 하지만, 이런 구조는 핸드오프의 증가를 가져오기 때문에 시간과 위치에 따라 망의 상태는 급격히 변동하게 된다. 이러한 점은 QoS 보장이 어렵거나 저하시키는 원인이 된다. 따라서, 본 논문은 멀티미디어 서비스 분포를 제어함으로써 망의 변동폭을 완화시켜 이동 QoS를 개선시키는 호 수락 알고리즘(RCAC)을 제안하였다. 실험 결과, 제안된 방식이 QoS를 개선시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

1. 서론

미래의 무선망은 기존의 음성 서비스 이외에도 데이터 서비스와 멀티미디어 서비스 제공이 기대된다. 한정된 자원을 가진 무선망이라는 환경에서 이런 광 대역 멀티미디어 서비스의 효율적인 제공을 위해 셀 크기가 매우 작은 마이크로/피코 셀 구조가 제안되고 있다. 하지만 이런 구조는 핸드오프의 증가를 가지고 오고 혼잡이 불가피하게 된다. 혼잡 발생 시 자원에 대한 경쟁은 서비스들에 요구되는 안정적인 QoS를 보장하기 어렵다. 따라서, 이렇게 다양한 서비스가 요구하는 QoS를 충족시킬 수 있는 호 수락 제어(CAC: Call Admission Control)에 대한 연구가 매우 중요하다. 무선망에서 보다 나은 QoS를 제공하기 위해서 호 단절률을 일정수준 이하로 유지하면서, 신규호의 봉쇄률이 최소가 되도록 호 수락 제어를 수행해야 한다.

무선망에서는 서비스 중인 호가 단절되었을 때 혼잡이 발생했다고 판단하고, 이런 혼잡을 제어하기 위한 연구는 과거부터 폭넓게 수행되어 왔다. 몇몇 호 수락 제어 스킴[1][5][6][7]은 효율적인 무선 자원 할당 측면에서 접근하였고, 또 다른 스킴[8][9][10]으로는 핸드오프 부하 추정을 통하여 핸드오프 단절률을 제어하였다. 무선자원 할당 방식을 개선하는 스킴은 신규호와 핸드오프 호 간의 자원 할당 우선순위를 차별화하는 방식이다[1][3]. 작은 셀에서 사용자의 이동속도가 빠른 경우, 이동국이 한 셀에 체류하는 시간이 매우 짧아진다. 이 문제에 대한 해결책으로써, 홈 셀에 인접한 주변 셀들을 하나의 클러스터로 묶는 방안이 제시되었다[8].

멀티미디어 서비스는 다양한 크기의 가변 대역폭을 요구하는 특성이 있다. 이런 점에서 소수의 광대역 서비스가 기지국에 있는 대부분의 무선 대역폭을 점유하는 문제가 발생할 수 있고, 이동 QoS를 현저하게 저하시킬 가능성이 있다. 따라서 본 논문은 요구 대역폭을 기준으로 서비스를 제어함으로써 이동 QoS를 향상시키고 신규 요구호의 수락률을 개선하는 방식을 제안했다. 본 논문은 다음과 같이 구성하였다. 2장에서는 지역 기반 시스템 모델을 소개하고, 3장에서는 지역에 기반한 서비스 제공에 기초한 호 수락 제어 방식인 RCAC(Region - based CAC) 스킴을 제안하였다. 4장에서는 제안 알고리즘의 성능분석 결과를 제시하였다. 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺었다.

2. 지역 기반 시스템 모델

본 논문에서는 소개하고 있는 지역(Region)이란 거시적 이론 측면에서 캠퍼스, 대형빌딩, 그리고 연구단지 등과 같이 이동의 지역적 특성을 갖는 최소 셀들의 집합이다. 따라서 셀의 미시적 이동에 따른 높은 트래픽 변동을 배제한 상태에서 안정적인 서비스 제공이 가능한 논리적인 영역이다.

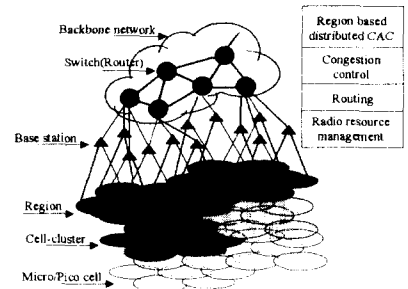


그림 1 지역 기반 무선망 구조

그림 1은 지역에 기반한 멀티미디어 무선망 모델을 표현한 것이다. 그림에서처럼, 클러스터는 교환국이 같은 기지국들의 모임이다. 반면에 지역은 망의 물리적인 구조와 무관하게 논리적으로 분할한 구조라 할 수 있다. 따라서, 하나의 교환국 내의 기지국들이 2개의 지역으로 분할되거나, 또는 교환국이 다른 기지국들을 동일한 지역으로 구성할 수 있다고 본다. 이처럼 지역은 일정한 형태의 트래픽 서비스 패턴을 가지고 있고, 특성을 잘 알고 있는 사업자가 지역을 정의할 수 있다고 본다. 사업자는 무선 셀을 일정한 지역으로 분할하는 방법을 알고 있다고 가정한다. 그리고, 망 사업자가 제공한 멀티 미디어 서비스 트래픽 분포와 패턴을 알고 있다고 가정한다.

3. 지역 기반 호 수락 제어 알고리즘

이동 멀티미디어 서비스는 비디오와 같은 실시간 서비스 트래픽과 e-mail과 같은 비실시간 트래픽으로 분류된다. 또한 기

시간 서비스 트래픽은 요구 대역폭의 크기에 따라서 여러 하부 클래스로 세분되고[2][3], 이것은 본 논문 이후부터 언급하는 서비스 클래스이다. 본 장은 실시간 서비스를 대상으로 셀 수준의 이동 QoS를 개선하는 RCAC 스킴을 제안하였다.

3.1 RCAC 알고리즘

그림 2로 제시한 RCAC 알고리즘에서 핸드오프 호에 대한 제어 방식은 단순하다. 가용 대역폭이 있으면 항상 핸드오프 호를 수락하지만, 신규호에 대한 호 수락은 좀 더 까다롭다. 먼저 요구 대역폭을 할당할 수 있는 충분한 자원이 홈 셀에 있어야 하고, 실시간 서비스에 대한 셀의 평균 핸드오프 단절률 P₁₁가 이동 QoS를 만족해야 한다. 또 클래스 j의 트래픽 분포가 지역의 서비스 제공 원칙을 위반하지 않아야 한다. 즉 지역에서 클래스 j의 혼잡이 발생하지 않아야 한다. 마지막으로, 인접 클러스터에 요구 대역폭의 일정 부분이 예약된 경우에만 신규호의 요청을 수락한다.

```

Real-Time:HANDOFF CALL
Admission = Reject
If Cell(Available_Bandwidth+Reserved_Bandwidth) ≥ bj
    Admission = Accept
End if
Real-time:NEW CALL
Admission = Reject
if Cell(Available_Bandwidth) ≥ bj then
    if Cell(P11) ≤ PQoS, then
        if (cell(Bandwidth_Util)<Util_Threshold) OR
           (cell(Bandwidth_Util)>Util_Threshold
            and Region(Povj) < 1) then
            reserve bj*α into neighboring cells
            if rcv_all_OK_FROM_CLUSTER then
                Admission = Accept
            Endif
        Endif
    Endif
Endif

```

그림 2 RCAC 알고리즘

알고리즘에서 혼잡제어 시점을 결정하는 것은 중요하다. 셀의 트래픽 변동이 심해지기 직전에 제어하는 것이 가장 이상적인 시점이다. 무선망의 혼잡을 경보하는 지표로서 신규호 붐베울과 핸드오프 단절률, 그리고 총 대역폭 이용률을 선택할 수 있다. 이들 지표는 상호 관련이 있다. 대역폭이 부족할 경우 대역폭 이용률을 혼잡 경보 지표로 활용하였다. 각 셀의 대역폭 평균 이용률이 임계값을 초과할 경우에 지역의 임계값을 제어하도록 하였다.

3.2 정적 RCAC 임계값 결정

지역의 혼잡을 제어하는데 필요한 요소들을 튜플 형태로 나타내면 식(1)과 같다.

$$OverLoadMo_{del} = \langle R, B, ResvSlot, \Phi, k, Y(x), F'(x), b_j, MaxGoS_j, F(x) \rangle \quad (1)$$

where

- R: 지역 크기, B: 셀의 대역폭 총양
- ResvSlot: 셀의 대역폭 예약율
- Φ: 비실시간 서비스가 사용한 대역폭을
- k: 실시간 서비스 클래스 수
- Y(x_j): 혼잡 제어 함수
- F(x_j):평균 서비스 제공 함수
- b_j: 서비스 클래스 j의 요구 대역폭
- MaxGoS_j: 서비스 클래스 j의 혼잡 제어 임계값
- F(x_j): 서비스 제공 분포

식 (1)의 혼잡도 계산 모델에서 E_j, Fairshare, MaxGoS_j를 제외한 다른 요인들에 대한 값들은 정적으로, 또는 과거의 통계자료를 통해서 알 수 있다고 본다. 따라서 정의되지 않는 위 의 세 개의 값들을 정확히 계산한다면 서비스 제어가 가능한

호 수락 임계값을 얻을 수 있다.

(1) 서비스 클래스의 망 지배력 계산

지배력 E_j란 b_j의 대역폭을 요구하는 특정 서비스 클래스 C_j가 지역(크기는R)의 트래픽 변동에 미치는 힘을 의미한다. E_j 계산은 먼저 서비스 클래스 C_j의 평균 서비스 제공 분포율이 F'(x_j)일 때, 지역에서 C_j에 대한 비중 S_j를 식(2)와 같이 계산한다. 계산된 각 서비스 클래스들의 비중을 정규화한 것이 지배력 E_j가 된다.

$$S_j = R \times F'(x_j) \times b_j$$

$$E_j = \frac{S_j}{\sum_{i=1}^k S_i}, \quad k: \text{maximum number of class} \quad (2)$$

(2) 지배력을 고려한 자기몫 계산

실시간 서비스 클래스들이 망에서 서비스 제공 방식에 해당하는 지배력을 행사하도록 제어하기 위하여, 각 서비스 클래스의 자기몫(FairShare)을 계산한다.

$$FairShare_j = \frac{(R \times B(1 - \Phi - resvSlot)) \times Y(x)}{R \times B(1 - \Phi - resvSlot) \times E_j} = \frac{BaselineBW_j}{OccupiedBW_j} \quad (3)$$

각 서비스 클래스에 대한 자기몫 계산은 식(3)과 같다. 먼저 혼잡 제어 방침Y(x)을 적용했을 때, 서비스 클래스j가 지역에서 사용할 수 있는 대역폭을 크기를 결정한다. 이 대역폭을 기준 대역폭(BaselineBW)이라고 한다. 그리고 지역을 서비스 제어하지 않았을 때, 각 서비스 클래스가 E_j만큼의 지배력을 행사하면서 사용한 대역폭 크기를 점유 대역폭이라고 한다. 이 때, 자기 몫은 기준 대역폭과 점유 대역폭의 비율에 의해서 결정된다.

(3) 혼잡 제어 임계값 결정

$$MaxGoS_j = \frac{OccupiedBW_j \times FairShare_j}{b_j} \quad (4)$$

마지막 3단계에서는, 각 클래스 별로 지역 안에서 서비스 받을 수 있는 최대 이동국 수를 계산한다. 이렇게 계산된 값은 혼잡제어를 위한 임계값(MaxGoS_j)으로 활용한다. 또한, 지역에서 최대도 달성 가능한 실시간 서비스에 대한 GoS는 각 서비스 클래스가 수용하는 이동국 수를 총합한 값이 된다. 식(5)는 서비스 제공 방침을 적용했을 때, 결과로 얻어진 각 클래스 별 서비스 분포율이다.

$$F(x_j) = \frac{MaxGoS_j}{\sum_{i=1}^k MaxGoS_i} = \frac{MaxGoS_j}{GoS} \quad (5)$$

4. 실험 및 결과분석

실험에서 무선 네트워크의 크기는 37개의 셀로 구성하였으며, 19개의 셀을 갖는 단 하나의 지역이 존재하고, 지역의 전체 대역폭은 570M라고 가정하였다. 셀의 전체 대역폭 20%를 예약 슬롯으로 사용하며, 신규호가 클러스터에 예약해야 할 대역폭 양은 요구 대역폭의 10%이다. 또한, 무선망에서 사용하는 서비스 트래픽은 3가지 유형의 실시간 서비스만을 제공한다고 가정한다. 서비스 제공 원칙으로써 3개의 서비스 클래스들이 지역의 대역폭을 균등하게 사용하도록 혼잡 제어한다고 가정한다. 지역 기반 무선망의 트래픽 파라미터는 표1이다.

4.1 실험 모델

본 논문에서 제안하고있는 RCAC 방식에 대한 성능을 비교, 분석하기 위해서 3가지 모델에 대한 실험을 수행하였다. 첫째, 본 논문이 제안한 모델로써 셀의 이동 QoS 요건을 충족하고, 클러스터에 일정 부분의 대역폭을 예약하면서, 지역의 서비스 제공 원칙을 만족하는 경우에 신규호를 수락하는 방식이다. 이 모델은 OVM이라고 칭한다. 둘째, [4]에서 제시한 방식과 유사한 모델로써 독립적인 셀 단위로 호 수락을 제어하는 SCM(Simple CAE threshold Model) 방식이다. 이 방식은 단순히 호 단절을 임계값을 보장할 때까지 신규호를 붐베한다. 그리고 임계값을 만족하면서 가용 자원이 있으면 호 수락을 승인하는

방식이다. 셋째, [7]에서 제시한 모델 중 하나인 URM (Uniform and bandwidth-based Reservation Model) 방식이다. 셀에서의 이동 QoS 요구조건을 만족하고, 클러스터에 일정 부분의 요구 대역폭을 예약한 경우에만 호를 허용하는 방식이다. OVM은 혼잡 제어 시점에 따라서 2가지 사례를 가지고 실험하였다. 첫째는 망의 부하에 관계없이 대역폭 이용률 0%에서부터 상시 혼잡제어를 수행하는 경우이고, 둘째는 셀의 자원 이용률이 60%에 도달했을 때 혼잡제어를 실행하는 경우이다. 핸드오프 단절률이 0.02인 조건에서 무선망의 부하가 달라질 때 보여진 실험 결과를 토대로 망의 핸드오프 단절율, 신규호 봉쇄율에 대한 성능을 분석하였다.

Parameter	Class	C1	C2	C3
New call arrival rate, λ_j		0.92	0.03	0.05
Mean call duration time, μ_j		180s	300s	600s
Mean cell residence time, h_j		20s	20s	20s
Cell-level QoS, P_{QoS}				
b_j		32k	256k	2M
E_j		0.07	0.26	0.67
Fair share		4.8	1.3	0.5
MaxGoS $_j$		4788 calls	608 calls	76.38 calls

표 1 실험에 사용된 트래픽 파라미터

4.2 결과 분석

(1) 핸드오프 단절율(이동 QoS)

그림 3에서 X축은 초당 신규호 도착 수고, Y축은 실시간 서비스에 대한 핸드오프 단절율을 나타낸다. 실험 결과, 본 논문이 제안한 OVM 모델은 트래픽의 부하가 증가하고, 셀의 변동폭이 높을지라도 실시간 서비스에 대한 이동 QoS를 보장하였다. 반면에 다른 비교 모델의 경우 요구된 호 단절율에 수렴하지 못하는 결과를 보였다. OVM이 성능이 좋은 이유는 셀에서 요구된 QoS를 만족하더라도 서비스 제공을 초과하여 요구한 신규호를 봉쇄했기 때문이다. 그 결과 무선망이 초과부하 상태에 도달하더라도 안정적인 QoS를 제공할 수 있었다.

제안 모델의 성능이 좋은 이유는 셀에서 요구된 QoS를 만족하더라도 서비스 제공을 초과하여 요구한 신규호를 봉쇄했기 때문이다. 그 결과 무선망이 초과부하 상태에 도달하더라도 안정적인 QoS를 제공할 수 있었다. 독립된 셀 단위로 호 제어를 수행하는 SCM모델이 광 대역 호의 이동 QoS를 제공하지 못할 확률이 가장 높은 결과를 보였다. 그러나 광대역 이동 호들이 단절됨으로써 남은 대역폭을 협대역 호들이 사용하게 되고, 그 결과 협대역 호들의 QoS가 필요 이상으로 좋아짐을 알 수 있다. 이 점은 그림 3에서 예약 슬롯을 활용하지 않는 SCM방식이 평균적으로 URM보다 더 좋은 QoS를 제공하는 것처럼 보이게하는 이유가 된다.

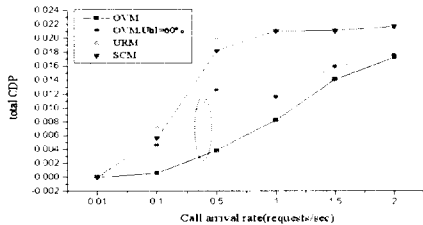


그림 3 핸드오프 단절율

(2) 신규호 봉쇄율

실험결과, OVM 모델을 적용했을 때 결과가 다른 모델에 비해 CBP가 현저하게 향상되었음을 알 수 있다. 이런 현상의 원인은 트래픽 빈도가 낮으면서도 망에 대한 영향력이 매우 큰 클래스 3의 호들에 대한 요구를 봉쇄했기 때문에 발생빈도가

높고 적은 양의 대역폭을 요구하는 클래스 1과 2의 신규호들이 보다 많이 수용될 수 있다. 그 결과 전체 CBP가 크게 향상되었다.

그림 4에서 호 도착율이 1/sec일 때, OVM의 신규호 봉쇄율은 SCM에 비해서 37.5% 그리고 URM에 비해서 50.5% 개선되는 결과를 보였다. 그것은 과부하 상태에서 무선 망의 지배력이 강한 광대역 호를 제어함으로써 얻어진 결과이다.

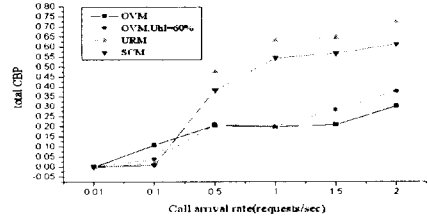


그림 4 신규호 봉쇄율

5. 결론

본 논문은 지역 단위로 서비스 제공함으로써 트래픽 변화가 빠르고 서비스 제공이 어려운 셀에서 셀 수준 QoS를 제공하는 스킴을 제안하였다. 특히 이동의 지역성 개념을 망 제어에 적용하였다. 본 논문에서 제안한 RCAC 알고리즘은 멀티 미디어 서비스간의 영향력 균등 비율이 계속 유지되도록 호 수락을 제한한다. 시뮬레이션을 통한 성능 분석 결과에서, 핸드오프 단절율, 신규 호 봉쇄율, 그리고 GoS가 다른 알고리즘들에 비해서 우수한 결과를 보였다. 뿐만 아니라 서비스 제공 방침이 무선 망의 혼잡을 제어하고, 이동 QoS와 GoS를 조절하는데 유용한 열쇠가 될 수 있음을 확인하였다.

향후, 가변 대역폭을 갖는 멀티 미디어 서비스 환경에서 QoS를 제공하기 위하여, 트래픽 변화에 적용하는 최적의 혼잡 제어 알고리즘에 관한 연구가 필요하다. 특히 유선 망의 광대역 서비스를 무선망으로 확장시키는 IMT-2000이나 광 대역 서비스의 유무선 통합을 목표로 하는 차세대 이동 통신망의 호 수락 제어에 유용하게 활용할 수 있다고 본다.

6. 참고문헌

- [1] O. T. W. Yu, "Adaptive resource allocation for prioritized call admission over an ATM-based wireless PCN," IEEE JSAC, vol. 15, no. pp. 1208-1225, 1997.
- [2] M. Naghshineh, "QoS Provisioning in Microcellular Networks Supporting Multimedia Traffic," IEEE INFOCOM'95, Boston, MA, pp. 1075-1084, 1995.
- [3] A. S. Acampola, "Control and QoS Provisioning in high-speed Microcellular Networks," vol. 1, no. 2, pp. 36-43, 1994.
- [4] D. S. Eom, "Call Admission Control for QoS Provisioning in Multimedia Wireless ATM Networks," IEICE Trans. Commun., vol. E-82B, no. 1, 1999.
- [5] D. A. Levine, "A Resource Estimation and Call Admission Algorithm for Wireless Multimedia Networks Using the Shadow Cluster Concept," IEEE/ACM Trans. Net., vol. 5, no. 1, 1997.
- [6] T. Liu, "Mobility Modeling, Location Tracking, and Trajectory Prediction in Wireless ATM Networks," IEEE JSAC, vol. 16, no. 6, 1998.
- [7] C. Olivera, "An Adaptive Bandwidth Reservation Scheme for high-speed Multimedia Wireless Networks," IEEE JSAC, vol. 16, no. 6, 1998.
- [8] M. Naghshineh, "Distributed Call Admission Control in Mobile/Wireless Networks," IEEE JSAC, vol. 14, no. 4, 1996.
- [10] R. Jain, "A framework for design and evaluation of admission control algorithm in multi-service mobile networks," IEEE INFOCOM'99, vol. 3, pp. 1027-1035, 1999.