

이동 멀티미디어 컴퓨팅 환경에서 동적 우선순위를 기반으로 한 QoS 제어 기법

김명일* · 최창호* · 김성조*
* 중앙대학교 컴퓨터공학과

QoS Control Scheme based on Dynamic Priority in Mobile Multimedia Computing Environment

*Myung Il Kim, *Chang Ho Choi, *Sung Jo Kim
* Dept. of Computer Science & Engineering, Chung-Ang University

요약

이동 컴퓨팅 환경은 유선망에 비하여 대역폭이 낮고, 호스트의 성능이 낮으며, 사용자의 이동에 따른 여러 가지 문제점이 나타난다. 이러한 이동 컴퓨팅 환경에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 무엇보다 QoS 제어가 중요하다. 따라서 본 논문에서는 이동 멀티미디어 컴퓨팅 환경의 동적 변화에 적응하고, 효율적으로 QoS를 제어하기 위하여 동적 우선순위를 기반으로 한 QoS 제어 기법을 제시한다. 동적 우선순위는 최초 연결설정 시에 결정되는 정적 우선순위와 보상을 기반으로 한 대역폭 변화값에 따라 결정되며, QoS 제어를 위한 기준으로 사용된다. 이러한 동적 우선순위는 낮은 QoS를 제공받은 MH(Mobile Host)가 핸드오프를 수행하여 새로운 셀로 이동한 경우에도 지속적으로 낮은 QoS를 제공하는 문제를 해결함으로써 공평하게 대역폭을 할당하는 장점이 있다.

1. 서론

이동 컴퓨팅 환경에서는 사용자가 자유롭게 이동하면서 정보를 처리할 수 있으며, 무선망을 통해 인터넷과 같은 유선망에 접속하여 원하는 정보를 획득할 수 있다. 또한, 현재 컴퓨터 시스템에서 처리되는 정보의 유형이 문자, 숫자와 같은 단순 데이터에서 문자, 오디오(audio), 비디오(video) 등을 포함하는 멀티미디어 데이터로 변화되고 있는 추세이므로, 이동 컴퓨팅에서도 멀티미디어 데이터를 지원할 수 있어야 한다.

Gbps의 대역폭을 갖는 유선망에 비해, 무선망은 수십 Kbps 정도의 낮은 대역폭을 가지고 있으며, 단말기는 휴대성이라는 특징으로 인하여 데이터 처리능력, 저장장치, 입·출력장치 등의 성능이 낮은 문제점을 가지고 있다. 또한 사용자의 이동에 따른 빈번한 단절현상과 데이터 지연(delay)은 높은 QoS를 제공할 수 없는 원인이 된다. 이러한 이동 컴퓨팅 환경에서 원활한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 무선망의 특성과 사용자의 이동성을 지원하기 위한 QoS 제어 기법이 요구된다. 본 논문은 이동 멀티미디어 환경에서 동적 우선순위를 기반으로 한 QoS 제어 기법을 제시한다.

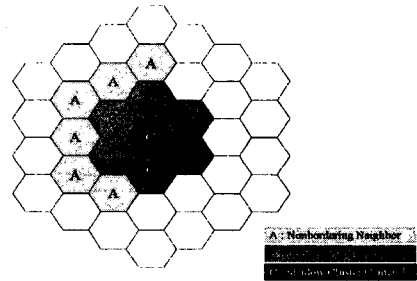
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이동 컴퓨팅 환경에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 QoS 제어 관련 기법들에 대하여 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제시하고자 하는 대역폭 변화에 대한 적용 기법 및 QoS 제어 기법을 기술한다. 마지막으로 4장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대하여 논의한다.

2. 관련 연구

이동 멀티미디어 컴퓨팅 환경에서 사용자가 다른 셀로 이동하더라도 서비스는 지속적으로 유지되어야 하며, 이를 위해 효율적인 QoS 제어기법이 필요하다. 이동 컴퓨팅 환경에서 QoS 제어를 위한 연구로는 Levine[2]와 Oliveira[3]의 연구가 있다.

Levine는 이동 컴퓨팅 환경에서 QoS 제어를 위해 (그림 1)

과 같은 SC(Shadow Cluster)를 제시하였으며, 3단계의 셀 집



(그림 1) Shadow Cluster

합으로 구성되어 있다. SC를 이용하여 QoS를 제어하기 위해서는 MH가 이동할 다음 셀을 예측하여 미리 자원을 할당하고, 허가제어를 신속하게 수행하는 것이 필요하다. Levine은 MH의 자원 요구량을 예측하기 위하여 (식 1)과 (식 2)의 개념을 사용한 다.

$$P_{am}(i, j, k, \tau) \quad (\text{식 1})$$

(식 1)은 일정한 시간 간격 τ 마다 현재 셀 j 에 있는 MH i 가 SC내에 있는 셀 k 로 이동할 가능성(Active Mobile Probability)을 나타낸다. BU(Bandwidth Unit)는 MH에게 할당될 수 있는 대역폭의 최소단위로써 (식 2)를 이용하여 셀에서 현재 MH에게 할당할 수 있는 대역폭을 계산한다.

$$Cf(t) = Ck(t) - Cu(t) \quad (\text{식 2})$$

(식 2)에서 $Cf(t)$, $Ck(t)$ 그리고 $Cu(t)$ 는 각각 특정 시간 t 에서 사용되지 않는 BU, 전체 BU 그리고 현재 사용중인 BU를 나타낸다. 또한, 허가 제어는 MH i 이 요구한 BU의 수 $c(i)$, 일정 시간 t 에 MH i 이 셀 j 에 연결되어 있을 가능성(Survivability Estimate) $Se_s(i, t)$, MH i 이 요구한 QoS 파라미터가 거절될 가능성(Dropping Probability) $Q_{dp}(i)$ 를 이용하여 결정된다. 그러나 Levine의 QoS 제어는

* 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구비(961-0100-001-2) 지원으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

MH의 이동에 따라 발생하는 누적되는 QoS의 손실을 처리하지 못하는 단점을 가지고 있다.

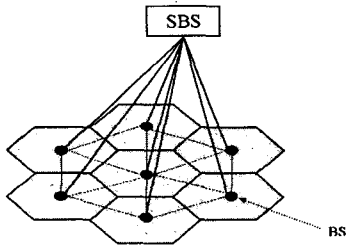
Oliveira는 QoS 제어를 위하여 CBP(Connection Blocking Probability)와 CDP(Connection Dropping Probability)를 제시하였다. CBP는 연결설정을 위한 새로운 요청이 거절될 가능성을 의미하고, CDP는 핸드오프에 의한 연결설정 요청이 부족한 대역폭으로 인하여 거절될 가능성을 의미한다. 이러한 두 가지 개념을 이용하여 미리 MH가 사용할 대역폭을 예약함으로써 QoS 제어를 하고 있다. 그러나 Oliveira의 연구에서도 마찬가지로 낮은 QoS를 제공받은 MH가 이동 후에도 계속해서 낮은 QoS를 제공받는 문제를 해결하지 못하고 있다.

3. 대역폭 변화에 대한 적응 및 QoS 제어

본 논문에서는 이동 중인 사용자에게 원활한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 동적 우선순위를 기반으로 한 QoS 제어 기법을 제시한다. 이를 위하여 다음과 같은 상황을 전체 시스템 설계요건으로 가정한다.

- ▷ 각각의 BS(Base Station)는 유선망으로 연결되어 있다.
- ▷ 이동 호스트와 BS는 무선망으로 연결되어 있다.
- ▷ SBS(Super Base Station)은 클러스터내의 BS와 유선망으로 연결되어 있다.

3.1 네트워크 구조 및 QoS 파라미터



(그림 2) 네트워크 구조

본 논문에서 제시하는 네트워크 구조는 (그림 2)와 같이 셀을 기반으로 구성되어 있다. 각 셀에는 하나의 BS가 존재하며, BS는 자신의 영역 안에 속해 있는 MH와 무선 네트워크를 통하여 데이터를 송·수신할 수 있으며, MH와의 연결설정 및 유지, 위치 관리, QoS 제어 등의 기능을 수행한다. SBS는 지역적·지리적 특성과 시스템 특성을 고려하여 적절한 수의 BS들을 하나의 클러스터로 묶어서 관리한다.

특정 MH는 셀의 자원부족으로 인해 낮은 수준의 QoS를 제공할 수 있다. 마찬가지로, 이 MH가 다른 셀로 이동하더라도 그 셀의 자원이 부족하다면, MH는 계속해서 낮은 수준의 QoS를 제공받게 된다. 이와 같이, MH가 여러 셀을 이동할 때, 특정 MH는 지속적으로 낮은 QoS를 제공받는 문제가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 지연시간, 지터, 사용자가 요구하는 최대 또는 최소 대역폭과 같은 일반적인 QoS 파라미터 외에 동적 우선순위, 정적 우선순위, 대역폭 변화를 추가한다. 추가된 QoS 파라미터의 의미는 다음과 같다.

- ▷ 동적 우선순위 (P_D) : MH의 이동시에 계산되는 값으로, 동적 QoS 제어를 위하여 사용된다.
- ▷ 정적 우선순위 (P_S) : 연결 설정 초기에 사용자가 결정

하는 값으로, 상(critical), 중(important), 하(normal) 3단계로 구성되어 있으며, QoS를 결정하는 초기 기준값으로 사용된다.

- ▷ 대역폭 변화 (CoB_j) : MH가 셀 j 에 거주하는 동안 경험한 대역폭의 변화량

3.2 동적 우선순위를 기반으로 한 QoS 제어

CoB 를 계산하기 위해서는 <표 1> 같은 QIT(QoS Information Table)를 이용하며, 각 필드의 역할은 다음과 같다.

<표 1> QIT 필드

CellID	DP	T	C
--------	----	---	---

$CellID$ 는 MH가 방문한 셀의 ID를 나타내며, DP 는 MH가 셀에 거주하는 동안 손실된 데이터 패킷의 수(dropped packet)를 나타내는 것으로 대역폭의 변화를 의미한다[6]. T 는 MH가 각 셀에 거주한 시간(second)을 나타내며, C 는 보상값(compensate value)으로서, 핸드오프가 발생할 때마다 1씩 증가하며, 초기치는 1로 설정된다. 이러한 QIT은 각 MH마다 생성되는 테이블로서, MH가 최초 연결을 시도한 BS에서 생성되어, 핸드오프가 수행될 때마다 새로운 BS로 전달되어 QIT 필드값이 갱신된다. CoB 값은 (식 3)과 같이 계산된다. 이때, M_k (Mobility Count)는 MH가 k-1번째로 이동한 셀이라고 가정한다. 예를 들어, M_3 은 MH가 두 번째로 이동한 셀을 의미하고, M_1 은 MH가 최초로 진입한 셀을 의미한다.

$$CoB_j = \sum_{k=1}^n \left(\frac{DP_{M_k}}{T_{M_k}} \times C_{M_k} \right) \quad (식 3)$$

위의 (식 3)에서 n 은 핸드오프의 회수를 나타내며, C_{M_k} 를 곱한 것은 최근 셀에서의 QoS 정보에 가중치를 부여하는 의미이다. 즉, 과거에 경험한 대역폭의 변화 값을 현재의 우선순위에 반영함으로써 상대적으로 낮은 서비스를 받은 것에 대한 보상을 하는 것이다. 예를 들어, <표 2>는 MH가 A→B→A→C→D와 같은 순서로 핸드오프를 수행했을 경우의 QIT을 나타낸 것이다. 이때 총 핸드오프 횟수는 4가 되며, 셀 D에서의 CoB_D 의 값은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$CoB_D = CoB_A + CoB_B + CoB_A + CoB_C$$

$$= \left(\frac{5}{1200} \times 1 \right) + \left(\frac{3}{1000} \times 2 \right) + \left(\frac{0}{1000} \times 3 \right) + \left(\frac{10}{1200} \times 4 \right)$$

<표 2> MH의 이동에 따른 QIT

CellID	DP	T	C
A	5	1200	1
B	3	1000	2
A	0	1000	3
C	10	1200	4
D			5

이처럼 CoB 는 과거의 대역폭 변화를 적절히 반영함으로써 각 MH에게 공평한 대역폭 할당을 할 수 있도록 설계되었다. 또한 CoB 값은 다음 절에서 설명할 동적 우선순위 P_D 를 계산하는데 사용된다.

MH가 핸드오프를 수행하여 새로운 셀에 진입하면, MH는 그 셀의 BS로부터 진입 허가를 받고, 대역폭을 할당받는다. 또한 MH가 셀 내에 머무르는 동안, 셀에 존재하는 또 다른 MH가 서비스를 종료하여 대역폭을 반환하게 되면, 추가로 대역폭을 할당받을 수 있다. 이에 반해 새로운 MH가 셀에 진입하여

이용할 수 있는 대역폭이 낮아질 수도 있다. 이러한 일련의 과정에서 MH는 다양한 QoS의 변화를 경험하게 되는데, 이러한 경우 셀 내에 있는 MH에게 대역폭을 할당하는 기준이 필요하게 된다. 이를 위해 본 논문에서는 각 MH에게 셀의 대역폭을 공평하게 할당하는 기준으로 동적 우선순위를 제안한다. 동적 우선순위는 BS가 관리하는 값이며, BS는 자신의 관리 영역 안에 있는 MH들의 동적 우선순위를 계산한 후, 그 값을 정렬하여 DPT(Dynamic Priority Table)에 저장하여 QoS의 변화가 발생한 경우에 대역폭을 할당하는 기준으로 사용한다. 그러나, QoS의 변화 조건이 발생할 때마다 셀 내에 있는 모든 MH의 동적 우선순위를 계산하는 것이 아니라, 기존의 DPT를 이용하되, 새로 진입한 MH의 동적 우선순위만을 계산하여 DPT에 삽입한다. 동적 우선순위는 (식 4)와 같이 앞 절에서 설명한 CoB와 정적 우선순위 P_S 를 이용하여 결정한다.

$$P_D = w_1 P_S + w_2 CoB \quad (\text{식 4})$$

(식 4)에서 각각의 요소에 곱해진 w_1 과 w_2 는 가중치이다. 동적 우선순위 P_D 를 이용하여 QoS를 제어하는 알고리즘은 다음과 같다.

[알고리즘 1] MH 진입허가 및 QoS negotiate 알고리즘

```

Call_admission() {
    /* new_MH is MH that enters into the cell */
    if (new_MH enter to BS) {
        BS calculates new_MH's PD
        if (BS's bandwidth is enough)
            admit new_MH's request
        else hold new_MH's request and negotiate()
    }
}

negotiate() {
    /* old_MH is one of MHs in the cell */
    while (number of old_MH) {
        if (old_MH's PD < new_MH's PD)
            victim[] = old_MH
        gathers bandwidth from victim[]
    }
    /* thre_PD is a threshold for PD */
    if (new_MH's PD > thre_PD) {
        if (gathered bandwidth >= new_MH's request)
            assign requested bandwidth to new_MH
        else
            assign bandwidth between MaxBand and MinBand
    }
    else {
        if (gathered bandwidth >= MinBand)
            assign bandwidth between MaxBand and MinBand
        else
            abort new_MH's request
    }
}

```

[알고리즘 1]은 새로운 사용자가 셀로 진입하였을 경우, 충분한 자원이 있다면 진입을 허가하고 대역폭을 할당한다. 하지만 셀 내에 충분한 자원이 존재하지 않을 경우, negotiate() 함수를 통해서 적응적으로 대역폭을 할당하여 QoS를 제한한다. 즉, 새로운 MH의 동적 우선순위가 임계치 보다 높다면, 셀 내에 있는 MH들 중 새로 진입한 MH보다 동적 우선순위가 낮은 MH들로부터 대역폭을 제공받아 새로운 MH에게 대역폭을 할당한다. 만

일 그렇지 않다면 사용자가 설정한 MaxBand와 MinBand 내에서 대역폭을 할당하거나 사용자의 요구를 거절한다.

[알고리즘 2]는 셀 내에 있는 MH가 서비스를 종료하여 사용하던 대역폭을 반환한 경우, 동적 우선순위 P_D 에 따라서 셀 내에 있는 다른 MH들에게 여분의 대역폭을 할당하는 과정을 나타낸다. 즉, 요청한 대역폭보다 적은 양의 대역폭을 할당받은 MH들 중에서, 동적 우선순위가 높은 순서대로 부족한 대역폭을 할당하는 것이다.

[알고리즘 2] 반환된 대역폭 재할당 알고리즘

```

reassign_released_bandwidth() {
    /* r_bandwidth is released bandwidth */
    if (one MH moves out the cell ||
        one MH migrates to another cell)
        assign r_bandwidth to another MHs based on DPT
}

```

4. 결론

본 논문에서는 이동 멀티미디어 컴퓨팅 환경에서 보다 효율적으로 자원을 관리하고, 모든 MH들이 만족할 수 있는 수준의 QoS를 제공하기 위하여 동적 우선순위를 기반으로 한 QoS 제어 기법을 제시하였다. 동적 우선순위는 MH가 핸드오프를 자주 수행하면서 계속해서 낮은 QoS를 제공 받게되는 문제점을 해결하고, 핸드오프나 다른 MH의 서비스 종료와 같은 동적인 상황에서 보다 공평하게 대역폭을 할당하는 장점이 있다.

향후 연구 과제로는 시뮬레이션을 통하여 동적 우선순위를 이용한 QoS 제어 알고리즘의 타당성과 효율성을 검증하고, 보완하는 것이다.

참고문헌

- [1] George H. Forman, and John Zahorjan, "The Challenges of Mobile Computing," *IEEE Computer*, April 1994.
- [2] David A. Levine, et al., "The shadow cluster concept for resource allocation and call admission in ATM-based wireless networks," In *Proceedings of MobiCom'95*, November 1995.
- [3] C. Oliveira, et al., "An Adaptive Bandwidth Reservation Scheme for High-Speed Multimedia Wireless Networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 16, No. 6, August 1998.
- [4] Gordon Blair, et al., "Quality of service support in a mobile environment: an approach based on tuple spaces," *Proceedings of the 5th IFIP International Workshop on Quality of Service (IWQoS '97)*, pp37-48, May 1997.
- [5] S. Pope and P. Webster, "QoS Support for Mobile Computing," In *Fifth IFIP International Workshop on Quality of Service*, New York, NY, May 1997.
- [6] Hang Liu and Magda M. Zarki, "Adaptive source rate control for real-time wireless video transmission," *Mobile Network and Application*, Vol. 3, No. 1, pp. 49-60, 1998.