

이동 멀티미디어 망을 위한 상호관계기반 자원 할당 방법

이종찬*, 이문호**

Interrelation Based Resource Allocation Scheme for Mobile Multimedia Networks

Jong-Chan Lee^{*}, Moon-Ho Lee^{**}

요약

모바일 멀티미디어 환경에서 초고속의 서비스를 요구하는 다수의 사용자를 수용하려면 마이크로/피코 셀과 같이 셀의 크기를 더욱 줄여서 무선 자원의 재사용성을 증대시켜야 한다. 특히 멀티미디어 트래픽의 전송 중에 핸드오버가 발생한다면, 멀티미디어 트래픽의 QoS가 지연 및 손실에 의하여 영향 받기 때문에 정지 상태와 동일한 QoS를 유지하기 위하여 효율적인 자원 예약 및 할당 방안이 필요하다. 본 논문에서는 차세대 이동 통신망에서 멀티미디어 서비스의 효율적인 QoS를 제공하기 위한 방안의 하나로써, 수락 제어, 부하 제어 그리고 패킷 스케줄러와 밀접한 관련성을 갖는 자원 할당 방법을 제안한다. 시뮬레이션을 통하여 제안된 방법의 우수성을 평가한다.

Abstract

It is widely accepted that the coverage with high user densities in mobile multimedia environments can only be achieved with small cell such as micro- and pico-cell. If handover events occur during the transmission of multimedia, the efficient resource reservation and handover methods are necessary in order to maintain the same QoS of transmitted multimedia traffic because the QoS may be defected by some delay and information loss. In this paper, we propose a resource allocation method in the next generation mobile communication systems, in which the resource allocation process has a tight relation with call admission, call load, and packet scheduling. The simulation results show that our proposed method provides a excellent performance.

▶ Keyword : 자원할당(resource allocation), 호 수락(call admission), 호 부하(call load)

• 제1저자 : 이종찬 교신저자 : 이문호

• 투고일 : 2010. 05. 20, 심사일 : 2010. 06. 20, 게재확정일 : 2010. 07. 04.

* 국립군산대학교 컴퓨터정보공학과 부교수 ** 청운대학교 멀티미디어학과 교수

I. 서론

차세대 이동통신시스템인 B3G (Beyond Third Generation) 시스템은 초고속의 다양한 이동 멀티미디어 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 이와 같은 초고속의 서비스를 요구하는 다수의 사용자를 수용하려면 셀의 크기를 더욱 더 줄여서 무선 자원의 재사용성 즉 주파수 이용의 효율성을 증대시켜야 한다. 이런 환경에서 야기되는 문제점은 이동 단말기 (Mobile Terminal; 이하 MT)의 고속 이동성으로 인해 핸드오버가 보다 빈번하게 발생하게 되어 망의 부하가 커지고, 보다 빠른 핸드오버 처리가 필수적으로 요구된다는 것이다 [1-2].

또한 이런 초고속의 멀티미디어 서비스를 수용하기 위하여 MT가 셀 간 이동으로 핸드오버를 일으킬 때 사용자가 원하는 QoS(Quality of Service)를 만족시켜야 한다. 왜냐하면 멀티미디어 서비스는 음성 서비스와는 달리 매우 짧은 시간의 통화 중단으로 인한 패킷의 손실과 전달 지연은 사용자 정보에 치명적인 손실을 초래할 수 있기 때문이다. 따라서 고속의 이동 중에도 정지 상태와 동일한 초고속의 멀티미디어 통신이 가능해야 함을 전제로 한다[3-4].

특히, 초고속의 멀티미디어 서비스는 매우 짧은 시간의 통화 중단으로 인한 패킷의 손실과 전달 지연에 의해서도 사용자 정보에 치명적인 영향을 받을 수 있기 때문에 MT의 셀 간 이동에 의한 핸드오버 처리 시에 사용자가 원하는 QoS를 만족시킬 수 있는 방안이 필요하다[5-7]. 이를 위하여, TE/H-BS/H-AN/IP-CN에 위치하는 계층 별 자원 관리 블록 간의 연계성을 갖는 자원 관리 망을 구축하고 운영자의 자원 운영 정책과 망의 상태에 따라 자원을 관리함으로써 사용자 및 운영자가 원하는 목표품질을 보장하고, 계획된 유효 서비스 영역을 유지하고, 높은 시스템 용량을 제공할 수 있다.

B3G 시스템에서는 고속의 데이터를 처리하기 때문에 서비스 도중에 종료되지 않고 계속 진행할 수 있도록 보장하기 위하여 기존의 핸드오버 시 자원 할당 방식보다 더 효율적인 방식이 요구된다. MT의 이동으로 인해 발생하는 핸드오버를 통하여 MT는 다양한 형태의 채널/부하 환경을 가진다. 낮은 부하를 가진 셀로부터 높은 부하를 가진 셀 영역으로 이동할 경우에도 자원 할당 알고리즘에서는 MT가 요구하는 QoS를 보장할 수 있어야 한다. 또한, 멀티미디어 서비스를 위해서는 기존의 셀 보다 더 작은 반경을 가진 셀이 요구되며 이러한 환경에서는 보다 많은 핸드오버가 발생할 것임을 쉽게 예측할 수 있다. 이러한 빈번한 핸드오버 상황에서의 단말은 핸드오

버를 하지 않은 상황에서와 같은 일정한 수준의 QoS 보장을 요구하기 때문에 이러한 점이 각 셀의 자원 할당 알고리즘에서 보장할 수 있어야 한다. 또한 사용자의 이동성과 관련된 자원 할당은 수락 제어, 부하 제어, 패킷 스케줄러와 밀접한 관련성이 있기 때문에 이들과 연관된 자원 할당 알고리즘을 고려해야 한다.

II. 기본 구조

본 자원 할당 방법의 특징은 셀 반경 감소로 인한 MT의 이동성을 효율적으로 지원하기 위한 구조적 특징을 갖는다는 것이다. 이를 위하여 각 클래스에 할당된 자원들의 할당 방법은 수락 제어, 부하 제어 그리고 핸드오버와 밀접한 관계를 가지며 상호 의존적이다. 본 자원 할당의 명칭은 상호관계기반 자원 할당 (Interrelation based Resource Allocation)으로서 주기적으로(예를 들어 수락 제어 시) 각 클래스의 예약 자원을 조정한다. 이를 통하여 낮은 셀 부하를 가진 셀로부터 높은 부하를 가진 셀 영역으로 이동할 경우에도 자원 할당 알고리즘에서는 단말이 요구하는 QoS를 보장할 수 있다. 본 자원 할당 설계 개념을 간단히 정리하면 아래와 같다.

- 클래스 별로 자원할당 정책을 수행한다.
- 핸드오버 호 중심의 자원 할당 정책이다.
- 실시간 서비스 중심의 자원 할당 정책이다.
- 자원할당은 이동성 고려 수락제어를 기반으로 한다.
- 신규 서비스의 블록킹율은 다소 높더라도 핸드오버 호의 절단율을 최소화하는 것에 중점을 둔다.
- 무선자원(Radio Resource)이 한정되고 가변적인 무선 채널 환경 하에서 MT의 QoS 보장을 위하여 자원할당 알고리즘은 적절한 패킷 스케줄링, 수락제어 그리고 부하 제어 알고리즘과 상호 연계하여 동작해야 한다.

자원 할당 제어 블록(Resource Allocation Control Block; 이하 RACB)은 L3(Layer 3) 내 RM(Radio Manager)에 구현되어, 무선 자원 운영 기능을 수행한다. RACB가 수행해야 하는 기능의 구체적인 사항은 다음과 같다.

- 각 서비스 클래스에 따른 자원 할당 정책 수행: 신규 호의 자원 할당 수행, 핸드오버 호의 자원 할당 수행
- CLCB(Call Load Control Block)와의 자원 사용량에 대한 제어 정보 교환을 통한 자원 관리
- CACB(Call Admission Control Block)와의 자원 가용량에 대한 제어 정보 교환을 통한 자원 관리
- PSCB(Packet Scheduling Control Block)와의 자

원 할당에 대한 제어 정보 교환 통한 자원 관리

상위의 기능을 수행하기 위한 각 기능의 연계 구조는 그림 1과 같다.

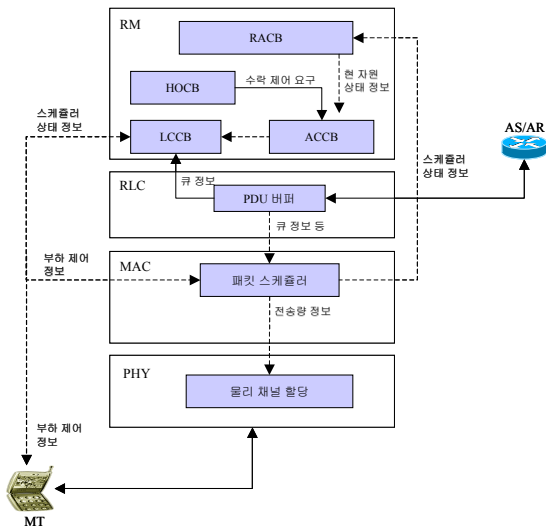


그림 1. 각 기능간의 연계 구조
Fig. 1. Relation structure between each function

III. 자원 할당 절차

3.1 연결 파라미터를 결정

중단간 QoS 요구 사항에 의하여 연결 파라미터를 결정한다. 연결 기술자(connection descriptor)는 service type, uplink/downlink 최소/최대 전송률, 지연, 손실을 등이다. QoS는 최대지연시간, 손실 가능성, 지연 변화 등과 같은 관점에서 표현될 수 있다. QoS가 만족될 수 있는 가를 결정하기 위하여 수락 제어는 각 소스의 트래픽 흐름을 파악해야 한다. 따라서 각 소스는 최대 비율, 평균 비율, 최소 비율 등과 같은 파라미터 집합을 이용하여 트래픽 흐름을 요약할 수 있는 연결 기술자를 가지게 된다. 트래픽 플로우 기반으로, 수락 제어 시 얼마만큼의 자원을 할당할 수 있는 가를 계산해야 한다.

이동 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 다양한 특성을 갖는 트래픽들을 동시에 전송해야 한다. 그러나 호별 트래픽 특성은 그 응용에 따라 달라질 수 있고 응용이 다른 호마다 다른 QoS를 가질 수 있으며, 망은 모든 호에 대하여 개별적

으로 QoS를 제공해야 한다. 그러나 이런 방식은 망이 각각의 호에 대하여 다른 서비스를 제공해야 하는 복잡성을 가지므로 구현이 어렵다. 따라서 다음과 같은 4가지 QoS클래스가 있는 QoS 구조를 정의하고 각각의 특성에 맞추어 알맞은 QoS 클래스에 할당되어 수락 제어, 부하제어 및 자원 할당 알고리즘에 의하여 셀 내에 서비스 동안 제어된다.

- LL 클래스 (Low Delay, Low Loss - Class)는 지연 시간이 짧으며 손실에 약한 트래픽 특성을 갖는 서비스이다. 이는 실시간 성 클래스로서 911 서비스, 위치 인식 서비스, CBR형태의 화상 통화 고속(HS) 다운로드 등이 이에 해당한다.
- LH 클래스 (Low Delay, High Loss - Class)는 손실에 강하고 지연 시간이 짧은 실시간 트래픽 특성을 갖는 서비스로서 실시간 성 클래스를 의미한다. 대표적인 서비스로서 Streaming 서비스 등이 있다.
- HL 클래스 (High Delay, Low Loss - Class)는 지연에 강하며 손실에 약한 트래픽 특성을 갖는 서비스로서 비실시간 성 클래스에 해당한다. 웹 서비스, E-mail, 멀티미디어 다운로드 등이 이에 해당한다.
- HH 클래스 (High Delay, High Loss - Class)는 지연 및 손실에 강한 트래픽 특성을 갖는 서비스가 이에 해당한다.

상기의 QoS 구조에서는 실시간성의 트래픽에 우선순위를 할당하기 위하여 LL>LH>HL>HH의 우선순위를 둔다. 버퍼 자원은 패킷 손실에 민감한 LL과 LH에 많은 양을 할당한다.

3.2 연결 요구 서비스 큐 입력

연결 파라미터가 결정된 후, MT는 기지국(Base Station: 이하 BS)에 연결 요구를 보낸다. BS의 분류기 (Classifier)는 모든 요구들을 수집하고 각 클래스에 따라 LL 클래스 서비스는 LL 큐, LH 클래스 서비스는 LH 큐, HL 클래스 서비스는 HL 큐 그리고 HH 클래스 서비스는 HH 큐에 FCFS(First Come First Serve)로 버퍼링한다. MT의 연결 요구를 버퍼링한 후에 수락 제어를 수행하는데, 각 큐는 LL 큐, LH큐, HL큐, HH큐 순으로 우선순위를 갖는다. 상위의 큐가 비어있거나, 유용하지 않을 경우에만 하위 큐에 있는 요구들의 CAC를 수행한다. 그림 2에 BS에 입력되는 각 연결 요구의 서비스 큐 입력 및 그 연결 흐름을 도시하고 있다. 연결 요구를 받은 CACB는 RACB로부터 현재 점유 자원 및 가용 자원의 상태 정보, 그리고 HOCCB로부터 현 셀로 입력을 요구하는 핸드오버 호의 전송률 정보 및 현 셀로부터 인

접 셀로 핸드오버를 요구하는 호들의 전송률 정보를 종합하여 그 연결 요구의 수락 여부를 결정한다. 자원을 효율적으로 관리하기 위하여 서비스 형태에 따라 상이한 관리 방법을 사용한다. LL 클래스 (Low Delay, Low Loss Class) 서비스는 호 설정 시 할당된 일정량의 코드를 전 서비스 시간에 걸쳐서 변화 없이 사용한다. 그러나 LH 클래스 (Low Delay, High Loss Class) 서비스의 경우는, 최소 전송률과 최대 전송률을 동시에 지정함으로써 망의 전송 상태에 대한 BS의 정보에 따라 단말기는 최소 전송률과 최대 전송률 사이에서 전송률을 조정할 수 있다. HH 클래스 (High Delay, High Loss Class) 서비스는 완화된 지연과 지터를 갖는 트래픽이므로 사용자가 대역폭을 지정하지 않고 BS가 망의 상태에 따라 자율적으로 조정한다.

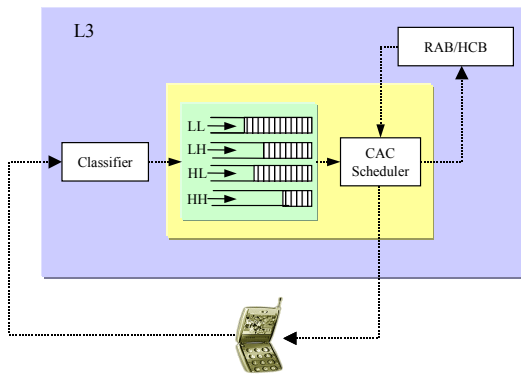


그림 2. BS의 서비스 큐의 구조
Fig. 2. Service Queue of BS

3.3 수락제어 수행

빈번한 핸드오버 상황에서 무선 인터페이스 부하가 지나치게 증가하도록 허용한다면, 셀의 영역이 계획된 값 이하로 줄어들게 되며 현재 연결되어 있는 서비스의 질을 보장할 수 없다. 따라서 셀 반경 감소로 인한 MT의 이동성을 효율적으로 지원하기 위하여 해당 셀로 핸드오버를 요구하는 핸드오버 호들과 인접 셀로 핸드오버를 요구하는 셀들의 부하량을 결정 파라미터로 적용함으로써 빈번한 핸드오버 상황에서의 일정한 수준의 QoS 보장할 수 있다. 즉 현재 망의 자원 사용량과 단말의 이동에 따른 자원 사용량에 따라 신규 호를 수락함으로써 망에 항상 적정한 부하가 가해지도록 하고, 과도한 부하가 발생하는 것을 막는다. 그림 3은 수락 제어의 기본 모델을 보인다.

수락의 기본 방침은 모든 호에 최소 전송률을 보장할 수 있을 정도의 서비스 요구를 수락하는 것이다. 즉 최소 전송률

값은 핸드오버를 포함한 어떠한 경우에도 보장해 주어야 하는 값이다. 즉 제한된 연결 수락 알고리즘에서는 신규 요구가 수락되었을 경우 기존의 클래스 트래픽의 지연에 영향을 미치지 않으며 자신 또한 지연 한계가 보장될 경우에만 수락된다.

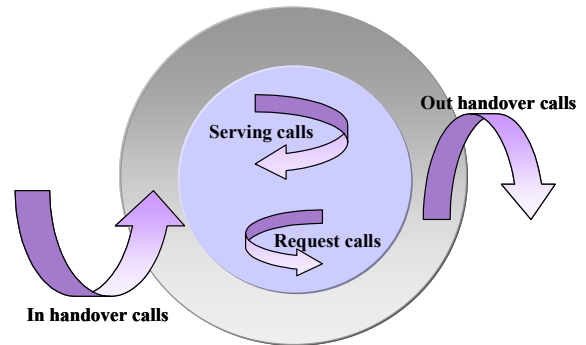


그림 3. 수락 제어 모델
Fig. 3. Admission Control Model

각 연결은 아래와 같은 파라미터를 가지고 수락을 요청한다: ($RC_i, RT_i, SC_i, IH_i, OH_i$). 이 때, 식 1과 같은 조건이 만족될 경우 이 요구는 수락된다. 여기서 i 는 클래스 번호를 의미한다. 우선 무선 접속 망의 무선 접속 배어리의 설정이 무선 망에 미칠 부하의 증가를 측정한다. 이런 측정은 상향 링크와 하향 링크가 구별되게 수행되며, 요청된 배어리는 상향 링크의 수락 제어가 허용을 하는 경우에만 수락된다.

$$N_{ij} \leq RC_i \dots\dots\dots (1)$$

여기서 N_{ij} 은 신규 요구의 최소 전송률 (Min Rate for New request), RC_i 는 잉여 자원(Available Resource)이다. 파라미터 RC_i 는 다음과 같이 산출된다. 여기서 수락은 클래스 별로 수행되며 아래의 각 파라미터의 단위는 클래스 별로 정의되는 값이다. RT_i 는 부하 제어에 의하여 주기적으로 변하는 값을 갖는다.

여기서, RT_i 는 임의의 클래스 C에 할당된 자원의 양이고, $\sum_{j \in C} SC_{ij}$ 는 임의의 클래스 C에 속한 현재 서비스 중인 호들의 서비스 전송률의 합이다. $\sum_{j \in C} IH_{ij}$ 는 임의의 클래스 C에 속하고 현 셀로의 핸드오버를 요구하는 호들의 서비스 전송률의 합이다. $\sum_{j \in C} OH_{ij}$ 는 임의의 클래스 C에 속하고 현 셀에서 목적 셀로의 핸드오버를 요구하는 호들의 서비스 전송률의 합이다. 여기서 서비스 전송률은 클래스 특성에 따라 수락 제어

시 설정된 전송률 또는 부하 제어에 의하여 재조정된 전송률을 의미한다.

$$RC_i = RT_i - \sum_{j \in C} SC_{ij} - \sum_{j \in C} IH_{ij} + \sum_{j \in C} OH_{ij}$$

..... (2)

주기적으로 (한 slot 단위로 수행 또는 프레임 단위로 수행 추후 결정) 또는 수락 제어 요구 시 마다 RC_i 정보를 생성하고 이를 이용하여 핸드오버 호로 인한 셀 내 부하 증가에 효율적으로 대처하기 위하여 자원 할당 분할 정책을 다시 설정한다. 이는 클래스 별로 호 수락 및 부하 제어 그리고 자원의 할당을 제어하는 것으로 빈번한 핸드오버로 인한 자원 점유 상태 변화에 능동적으로 대처하기 위하여 제안된 구조로서 고속의 이동성을 갖는 소형 셀 환경에 효율적으로 작용한다.

$RC_i < 0$ 일 경우, 부하 제어에 의한 공용 자원(Shard)의 점유를 통하여 RT_i 의 양을 기준치까지 증가함으로써 자원의 유동성에 대처할 수 있다. RT_i 는 각 클래스의 초기 설정된 예약 자원량과 공용 자원량의 합보다 작거나 같다. 여기서 Rr_i 는 각 클래스의 예약 자원량이다.

$$RT_i \leq Rr_i + SH \text{ (3)}$$

현재 망의 자원 사용량에 따라 신규 호 및 핸드오버 호를 수락함으로써 망에 항상 적절한 부하가 가해지도록 하고, 과도한 부하가 발생하는 것을 막는다. 수락 정책은 모든 호에 최소 전송률을 보장할 수 있을 정도의 호를 수락하는 것이다.

3.4 패킷량 측정과 부하제어 수행

각 연결의 전송률이 시간에 따라 달라질 수 있으며 또는 동일한 전송률에서도 단말기의 이동으로 인하여 보다 많은 자원을 필요로 할 수 있다. 이와 같이 무선 인터페이스 부하가 지나치게 증가하도록 허용한다면, 셀의 영역이 계획된 값 이하로 줄어들게 되며 현재 연결되어 있는 서비스의 질을 보장할 수 없다. 따라서 호 수락만으로 지속적으로 과부하를 막기에는 부족할 수 있으며 현재의 부하 상태 및 인접 셀들의 핸드오버 호의 이동 상태를 동적으로 감시하여 적정 부하로 빠른 속도로 제어하는 부하 제어 알고리즘이 필요하다.

본 구조에서는 2차 부하 제어를 수행한다. 1차 부하 제어는 클래스 관점에서의 자원 운용을 위한 부하 제어이고 2차 부하 제어는 전체 자원 운용을 위한 부하 제어이다.

3.4.1 1차 부하 제어

상위에서 언급된 바와 같이 $RC_i < 0$ 일 경우, 1차 부하 제어 알고리즘이 수행된다. 1차 부하 제어에서는 공용 자원(Shard)의 점유를 통하여 RT_i 의 양을 $\min(RC_i, 0)$ 이 될 때까지 증가시킨다. RT_i 는 송신 전송률 (Downlink: RT_{tr,i})와 수신 전송률 (Uplink: RT_{re,i})을 동시에 표현하고 있으며, 하향 링크를 위한 1차 순방향 부하 제어와 상향 링크를 위한 1차 역방향 부하 제어가 동일한 구조를 갖는다.

$$RT_i \leq Rr_i + SH \text{ (4)}$$

3.4.2 2차 부하 제어

2차 부하 제어 알고리즘을 작동하기 위하여 부하의 평가 척도로 사용된다. 그림 4와 같이 2차 부하 제어 알고리즘 수행 기준 값인 R-0, R0 그리고 R+0를 둔다.

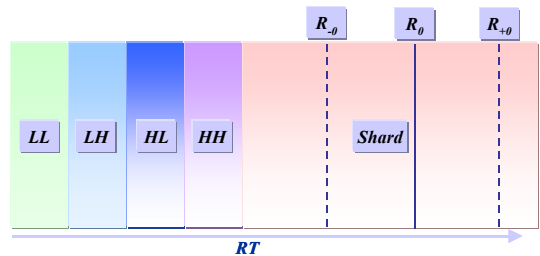


그림 4. 전송률 부하 제어
Fig. 4. Transmission Rate based Load Control

- $RT > R+0$ 이면 부하 제어 알고리즘이 동작하여 각 클래스의 전송률을 재할당하여 $R0$ 이하로 낮춘다.
- $RT < R-0$ 이면 부하 제어 알고리즘이 동작하여 각 클래스의 전송률을 재할당하여 $R0$ 보다 낮은 한도에서 최대 한도로 높인다.
- 서비스 중인 호뿐만 아니라 핸드오버 호들도 부하 제어 알고리즘의 대상에 포함되며, 이것은 핸드오버 호의 호 수락 제어 시에 전송률 재 할당에 포함된다.

(1) 순방향 부하 제어

전송률 증가($RT > R+0$)이면 2차 순방향 부하 제어 알고리즘이 동작한다. 알고리즘은 사용 중인 자원량을 줄여 RT 가 $R0$ 이하로 조정한다. 자원을 재할당하는 방법은, LL>LH>HL>HH의 우선순위 별로 RT 가 $R0$ 이하로 낮아질 때까지 전송률을 줄

이다. 전체 전송량을 재조정할 때 각 서비스에 허용된 최소 전송량을 보장해야 한다. 이에 따라 전송량을 재할당하고자 하는 서비스 클래스의 호를 전송량의 으뜸차순으로 정렬하고 RT가 R0이하가 될 때까지 최소 전송량을 계산하여 할당한다.

전송률 감소(RT(R-0)인 상태가 일정 시간 계속되면 2차 순방향 부하 제어 알고리즘이 수행되어 할당량을 R0한도 내에서 증가시킨다. 전송량의 증가는 LL>LH>HL>HH의 우선 순위가 높은 클래스부터 수행된다.

(2) 역방향 부하 제어

2차 역방향 부하 제어 알고리즘은 전송률 증가(RT)R+0) 이면 동작한다. 알고리즘은 사용 중인 자원량을 줄여 RT가 R0 이하로 낮아지도록 조정한다. 전송률을 줄일 때, 결정된 우선 순위대로 LL, LH, HL, HH 순으로 RT가 R0이하로 낮아질 때까지 전송률을 줄인다. 전체 전송량을 재조정할 때 각 서비스에 허용된 최소 전송량을 보장해야 한다. 이에 따라 전송률을 재할당하고자 하는 서비스 클래스의 호를 전송량의 으뜸차순으로 정렬하고 RT가 R0 이하가 될 때까지 최소 전송량을 계산하여 할당한다.

전송률 감소(RT<R0)인 상태가 일정 시간 계속되면 2차 역방향 부하 제어 알고리즘이 수행되어 할당량을 R0 한도 내에서 증가시킨다. 전송량의 증가는 우선순위가 큰 클래스부터 수행된다.

3.5 자원 요구량 결정과 자원 할당 수행

본 기능은 자원 할당 제어 블록에서 수행되며 그림 5에 자원 할당 구조를 보인다. 본 구조는 빈번한 핸드오버를 효율적으로 수용하기 위한 구조에 중점을 두어 설계하였으며 수락 제어 및 부하 제어와 밀접한 관계를 갖는다. 대략적인 총 자원의 자원 할당 구조는 아래와 같다. 본 자원 할당 구조는 다중 자원 할당 구조로서 Level-1 RACB는 수락 제어 시 자원 할당을 위한 절차를 수행하며 최초 자원을 할당하는 기능을 수행한다. BS에 할당된 총 자원은 5개의 부류 LL, LH, HL, HH, SH로 분류되며 핸드오버 호도 각각의 부류에 포함된다. 이는 수락 제어 및 자원 할당의 측면에서 실시간 성 패킷(여기서 LL과 LH)에 우선을 두어 할당하기 위해 LL>LH>HL>HH의 우선순위를 둔다.

각 클래스는 일정량의 예약된 자원을 가지며, 이 예약된 자원은 해당 클래스만 점유할 수 있다. 이는 셀에서 일정량의 비 실시간성 클래스를 항상 서비스하도록 하기 위한 최소한의 자원을 할당하기 위한 것이다. 우선순위를 갖는 실시간성 클래스의 서비스를 위하여 비실시간 클래스를 일시적으로 큰 버퍼를 할당하여 혼잡을 해결하려 한다면 지연을 야기하게 된

다. 따라서 자원이 부족할 지라도 일정량의 비실시간 성 데이터를 주기적으로 전송하고, 자원이 충분할 때, 버퍼에 쌓인 비실시간 성 데이터를 짧은 시간에 많은 자원을 할당하여 전송하는 방법을 사용한다.

비실시간 클래스의 경우, 일정 대역을 보장해 주지 않으면, 핸드오버 시, 전송되지 못하고 버퍼에 쌓인 많은 패킷으로 인하여, 포워딩(forwarding) 또는 재전송이 요구된다. 이는 결국 시스템 부하를 초래한다. 따라서, 일정량의 비실시간이 주기적으로 서비스될 수 있도록 최소한의 자원을 보장함으로써 이런 문제를 다소간 해결 할 수 있다.

상향, 하향 링크가 동일한 제어 구조를 갖는다.

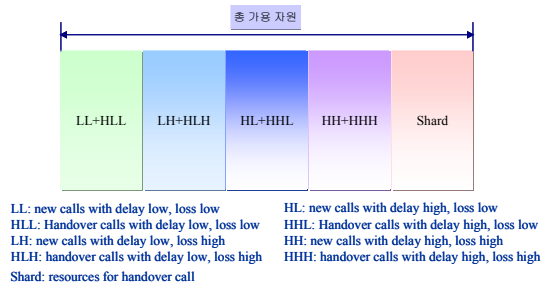


그림 5. 자원 할당 구조
 Fig. 5. Resource Allocation Structure

그림 6에 자원 할당 구조를 기반으로 한 자원 할당 알고리즘을 보인다. 자원 할당 알고리즘의 기본 개념은 아래와 같다. 각 클래스를 위하여 예약된 자원의 양은 4개의 클래스가 동일하다.

자원을 0으로 설정하면 예약되는 자원이 없다.

$$\text{공유 자원} = SH \leq \sum_{i=1}^n Rr_i \text{ 이다.}$$

예약된 자원은 해당 클래스의 서비스에서만 할당된다. 수락 시 최소 전송률로 자원을 할당한다.

실시간 성 유저(LL, LH)의 자원 할당 정책은 충분한 자원이 없다면 모든 유저에게 최소 전송률을 할당한다.

비실시간성의 유저(HL, HH)는 임의로 지정하여 수락한다.

수락 초기에는 최소 전송률로 할당되지만 부하 제어에 의하여 각 호의 전송률은 부하량에 따라 평균 전송률, 최대 전송률로 증가된다.

Define

N_{ij} : 신규 호의 최소 전송률 (Min. rate for new call)

H_{ij} : 핸드오버 호의 최소 전송률

$b_{i\text{rev}}^r$: 초기 할당 자원의 양

RC_i : 잉여 자원

RT_i : 부하 제어에 의하여 클래스 C에 할당된 자원의 양

Rr_i : 최초로 클래스 C에 설정된 예약된 자원의 양

$\sum_{j \in C} SC_{ij}$: 클래스 C에 속하고 호의 서비스 전송률의 합

$\sum_{j \in C} IH_{ij}$: 클래스 C에 속하고 현 셀로의 핸드오버를 요구하는 호의 서비스 전송률의 합

$\sum_{j \in C} OH_{ij}$: 클래스 C에 속하고 목적 셀로의 핸드오버를 요구 호의 서비스 전송률의 합

Rr_i : 임의의 클래스 C를 위한 초기 예약 자원량
H: 공유 자원의 양
ResourceAllocationCoefficient

$(H_{ij}, RC_i, RT_i, SC_i, IH_{ij}, OH_{ij}, Rr_i)$

while (1)
if (주기적인 갱신) then

$$RC_i = RT_i - \sum_{j \in C} SC_{ij} - \sum_{j \in C} IH_{ij} + \sum_{j \in C} OH_{ij}$$

else if (신규 호를 위한 부하 제어 요구) then

$$RC_i = RT_i - \sum_{j \in C} SC_{ij} - \sum_{j \in C} IH_{ij} - N_{ij}$$

else if (핸드오버 호를 위한 부하 제어 요구) then

$$RC_i = RT_i - \sum_{j \in C} SC_{ij} - \sum_{j \in C} OH_{ij} - H_{ij}$$

end if

if ($RC_i < 0$) then

$$RT_i = Rr_i + SH; // SH는 핸드오버 요구 수용을 위한 최소자원$$

end if

end while

/* 자원 할당 계수에 근거한 신규 호 자원 할당 */

NewCallRequest ($N_{ij}, RC_i, b_{i\text{rev}}^r$)

if ($N_{ij} \leq RC_i$) then
신규 호 수락

$b_{i\text{rev}}^r = N_{ij}$ //초기 자원 할당

else // 부하 제어 수행

if ($N_{ij} \leq RC_i$) then
신규 호 수락

$b_{i\text{rev}}^r = N_{ij}$ //초기 자원 할당

else
신규 호 거부

end if

end if

/* 자원할당계수에 근거한 핸드오버 호 자원 할당 */

HandoverCallRequest ($H_{ij}, RC_i, b_{i\text{rev}}^r$)

if ($H_{ij} \leq RC_i$) then
핸드오버 호 수락

$b_{i\text{rev}}^r = H_{ij}$

else // 부하 제어 수행

if ($H_{ij} \leq RC_i$) then
핸드오버 호 수락

$b_{i\text{rev}}^r = H_{ij}$

else
핸드오버 호 거부

end if

end if

그림 6. 자원 할당 알고리즘
Fig. 6. Resource Allocation Algorithm

IV. 실험 및 평가

제안된 방법의 성능을 평가하기 위하여 시뮬레이터 저작 도구인 MODSIM을 이용한 이동통신용 시뮬레이션프로그램인 MOBILESimulatorV6-1을 개발하고 이를 바탕으로 하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션에 적용된 시스템은 5MHz 주파수 대역폭을 사용했을 때 요구되는 이동성 별로 셀 당 최대 전송률(aggregate payload per cell)과 파라미터를 설정하였다. 표 1에 시스템 파라미터를 보인다.

표 1. 시스템 파라미터
Table 1. System Parameter

Parameter	Value	Description
RB	5MHz	Frequency Bandwidth
MIR	100m	The radius of micro cell
MAR	10km	The radius of macro cell
MT 속도	3 km/h	20M (Bandwidth per channel)
	60 km/h	2M
	250 km/h	384K
K	0 dB	Transmission power
K	30	Path loss
CI	10d	Minimum C/I required

MT의 이동 경로와 이동 속도는 도로 구조에 의해 영향을 받으며 이동 방향의 변화와 속도의 변화가 MT의 이동 패턴을 지배한다. MT의 유형에 따라 고속과 저속의 MT로 분류하였고 저속 MT(25%), 즉 보행자는 정지 상태(50%)와 보행중인 상태(50%)로 분류하고 고속 MT(75%)는, 즉 차량으로 분류한다. 고속 MT의 이동 방향은 직진, 좌/우회전 그리고 U턴을 고려하였다. MT의 속도는 일양 분포 (uniform distribution)로 결정하고, 운행 동안 동일한 속도를 유지한다고 가정하였다. 호의 시도는 셀 내에서 고르게 발생하며, 호의 발생은 포아송 분포, 핸드오버 발생은 평균 75%인 포아송 분포를 따른다.

본 연구에서 제안한 방법을 상호관계기반 자원할당 (Interrelation Resource Allocation: 이하 IRA)이라 칭한다. 그림 7은 IRA의 자원 이용률(Resource utilization)을 보인다. 자원 이용률의 경우, 클래스와 상관없이 최소 전송률로 30개의 서비스를 수용할 수 있다는 가정 하에, 각 클래스와 이에 해당하는 전송률을 발생시켰다. 수락 초기에는 최소 전송률로 할당되지만 부하 제어에 의하여 각 호의 전송률을 부하량에 따라 증가시킴으로서 자원의 이용률이 증가함을 알 수 있다.

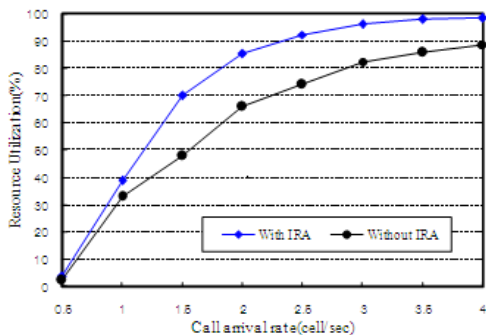


그림 7. 자원 이용률의 비교
Fig. 7. Comparison of Resource Utilization

그림 8은 호 도착율에 대한 핸드오버 실패율을 보인다. 핸드오버 방법은 MAHO방법을 사용하였고 소형 셀 환경, 고속의 이동성, 그리고 70% 이상의 핸드오버를 고려했다. 본 연구는 자원 할당에 관하여 연구를 한정하였으므로 핸드오버 지연 시간의 감소로 인한 핸드오버 실패는 고려하지 않는다. 기존 핸드오버 방법을 위 환경에 적용할 경우, 핸드오버 실패율이 현저히 증가함을 알 수 있다. 이는 빈번한 핸드오버로 인한 자원 점유 변화 상태에 대처가 미흡했음을 알 수 있다. 이에 비하여 제안된 핸드오버 방식은 트래픽 부하 0.04이상에서는 기존 핸드오버 방식에 비하여 핸드오버 실패율이 현저히 감소함을 알 수 있다. 이는 클래스 별로 호 수락 및 부하 제어 그리고 자원의 할당을 제어함으로써, 빈번한 핸드오버로 인한 자원 점유 상태 변화에 능동적으로 대처할 수 있으며 고속의 이동성을 갖는 소형 셀 환경에 효율적으로 작용한다는 것을 알 수 있다.

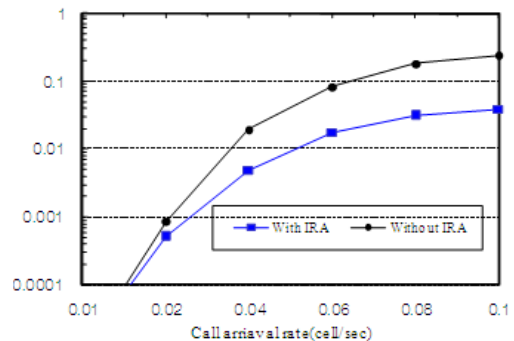


그림 8. 핸드오버 실패율의 비교
Fig. 8. Comparison of Handover Failure Rate

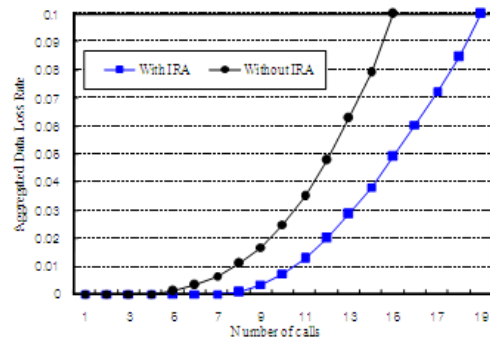


그림 9. 패킷 손실률의 비교
Fig. 9. Comparison of Packet Loss Rate

그림 9는 제안된 핸드오버 방법의 패킷 손실률을 보인다.

제한된 핸드오버 방법이 기존의 방법에 비하여 우수한 성능을 보임을 알 수 있다. 작은 피코-셀 환경에서 MT가 고속으로 이동하고 핸드오버 할 때마다, 서비스 중단으로 인하여 패킷의 손실이 지속적으로 발생함을 알 수 있다.

반면에 제한된 핸드오버 방식은 트래픽 부하 7 이상에서는 기존 핸드오버 방식에 비하여 패킷 손실률이 현저히 감소함을 알 수 있다. 비실시간 서비스의 경우, 최소한의 자원을 보장함으로써 일정량의 비실시간 데이터를 서비스하고, 주기적인 부하 제어를 통한 가용 자원의 생성 시에, 버퍼의 데이터를 짧은 시간에 많은 자원을 할당하여 전송하는 방법을 사용하고, 실시간 서비스의 경우, 공유 자원을 사용하게 함으로서 핸드오버로 발생하는 패킷의 손실을 최소화 할 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 다양한 고속 멀티미디어 서비스를 수용할 차세대 이동통신망의 핸드오버 상황에서 일정한 수준의 QoS 보장을 보장하기 위하여 사용자의 이동성과 관련된 자원 할당은 수락 제어, 부하 제어 그리고 패킷 스케줄러의 상태를 고려한 자원 할당 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방법의 성능을 평가하기 위하여 핸드오버 실패율, 패킷 손실률을 주요 성능 척도로 규정하고, 이의 성능을 분석하였다. 시뮬레이션에 의하면 기존의 방법들에 비하여 성능이 우수함이 확인되었다. 단지, 사용자수가 증가하면 패킷 손실과 지연 증가가 발생하므로, 이에 대한 적절한 파라미터가 실제 시스템에서 고려되어야 한다.

참고문헌

[1] B. Wang et al., "Primary-Prioritized Markov Approach for Dynamic Spectrum Allocation," IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 8, no. 4, pp. 1854-1865, Apr. 2009.

[2] S.H. Ali, K.D. Lee, and V.C.M. Leung, "Dynamic Resource Allocation in OFDMA Wireless Metropolitan Area Networks," IEEE Wireless Communications, vol. 14, no. 1, pp. 6-13, Feb. 2007.

[3] S. Buljore et al., "Architecture and Enablers for Optimized Radio Resource Usage in Heterogeneous Wireless Access Networks: The IEEE 1900.4

Working Group," IEEE Commun. Mag., vol. 47, no. 1, pp. 122-129, Jan. 2009.

[4] Y. Xing et al., "Dynamic Spectrum Access in Open Spectrum Wireless Networks," IEEE J. Sel. Areas in Commun., vol. 24, no. 3, pp. 626-637, Mar. 2006.

[5] X. Zhou et al., "Traffic-Driven Dynamic Spectrum Auctions," Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks Workshops (SENCON), 2008.

[6] Simone Frattasi, Hanane Fathi., "Defining 4G Technology from the User's Perspective", IEEE Network, Volume 20, Issue 1, Jan.-Feb. pp. 35-41, 2006.

[7] W.G. Chung et al., "Calculation of Spectral Efficiency for Estimating Spectrum Requirements of IMT-Advanced in Korean Mobile Communication Environments," ETRI J., vol. 29, no. 2, pp.153-161, Apr. 2007.

저 자 소 개



이 종 찬
 1996: 숭실대학교 공학석사
 2000: 숭실대학교 공학박사
 2000-2005년 ETRI 선임연구원
 2005-현재: 국립군산대학교 컴퓨터정보공학과 부교수
 관심분야: 이동멀티미디어, 센서네트워크, 무선원격제어



이 문 호
 1977: 서울대학교 공학사
 1993: 숭실대학교 공학석사
 1996: 숭실대학교 공학박사
 1997 - 현재: 청운대학교 멀티미디어학과 교수
 관심분야: 무선멀티미디어, 통신방송융합, 센서네트워크