



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.

H04L 12/18 (2006.01)

H04L 12/407 (2006.01)

(11) 공개번호

10-2007-0027054

(43) 공개일자

2007년03월09일

(21) 출원번호 10-2005-0079418

(22) 출원일자 2005년08월29일

심사청구일자 없음

(71) 출원인 연세대학교 산학협력단  
서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교

(72) 발명자 박종국  
서울시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 제3공학관 C705  
윤강진  
서울시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 제3공학관 C705  
서정준  
경기도 성남시 분당구 이매동 아름마을풍림아파트 503-903  
김영용  
서울특별시 서초구 서초동 삼풍아파트 5-407호

(74) 대리인 리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) C D M A 1 x E V - D O 시스템에 있어서의 멀티캐스트그룹 분할 방법

(57) 요약

본 발명은 CDMA 1x EV-DO 시스템에 있어서의 멀티캐스트 그룹 분할 알고리즘에 관한 것으로서, 유니캐스트 서비스 안에서 주기적으로 멀티캐스트 서비스를 삽입하여 버퍼의 고갈문제와 동기문제를 해결하는 새로운 방식의 멀티캐스트 그룹 분할 방법에 관한 것이다. 본 발명에서는 CDMA 1x EV-DO 시스템에서 새로 제안된 멀티캐스트 그룹 분할 알고리즘을 통하여 그룹을 두 개로 나눈 뒤 성능의 향상을 보이려 한다. 또한, 전송률이 서로 다른 사용자간의 버퍼 동기문제를 해결하기 위해 계층적 부호화를 이용하였으며, 그리고 유니캐스트 서비스 안에서 주기적으로 멀티캐스트 서비스를 삽입하여 버퍼의 고갈문제와 동기문제를 해결하는 새로운 방식을 제안한다.

대표도

도 7

특허청구의 범위

청구항 1.

분할알고리즘을 통해 멀티캐스트 그룹을 다수로 나누어 그룹 전송율을 다양화하는 모듈,

Unicast 서비스 안에서 주기적으로 멀티캐스트 서비스를 삽입하여 버퍼의 고갈문제와 동기문제를 해결하는 모듈,

전송률이 서로 다른 사용자간의 버퍼 동기문제를 해결하기 위한 계층적 부호화 모듈을 포함하여,

사용자들에 공급되는 데이터양을 극대화시키고 버퍼 고갈 시간을 최소화하는 것을 특징으로 하는, CDMA 1x EV-DO 시스템에 있어서의 멀티캐스트 그룹 분할 방법.

명세서

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 CDMA 1x EV-DO 시스템에서 새로 제안하는 멀티캐스트 그룹 분할 알고리즘에 관한 것으로서, 유니캐스트 서비스 안에서 주기적으로 멀티캐스트 서비스를 삽입하여 버퍼의 고갈문제와 동기문제를 해결하는 새로운 방식의 멀티캐스트 그룹 분할 방법에 관한 것이다.

### 1. 서론

최근 3GPP2에서는 셀룰러 망에서 HDR 시스템을 이용하여 가입자들에게 동일한 정보를 보내는 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스가 표준화되었다. 이러한 서비스는 기지국이 주기적으로 슬롯을 할당하여 가입자들에게 브로드캐스트 정보를 전달하는데 멀티캐스트 방식을 응용하여 전송되기 때문에 전송자원을 절약할 수 있을 뿐만 아니라 사용자가 부담해야 하는 이용료 측면에서도 유용한 기술이다. 이 기술의 응용으로는 실시간 방송, 증권시황, 교통정보, 각종 VOD 서비스 등을 들 수 있다.

브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스를 통해 전송되는 멀티미디어 데이터는 스트리밍 기술을 이용하여 구현된다. 스트리밍 서비스의 경우 QoS의 보장을 위하여 충분한 버퍼링이 필수적인 요소이다. 하지만 무선환경에서는 채널 상황이 변화하기 때문에 데이터 전송률도 같이 시시각각 변화한다. 게다가 그룹 전송율을 이용하는 멀티캐스트는 버퍼가 고갈되는 문제가 발생할 수 있기 때문에 사용자에게 원하지 않는 스트리밍 품질저하를 가져올 수 있다. 그러므로 적절한 분할 알고리즘을 통해 멀티캐스트 그룹을 여러개로 나누어 그룹 전송율을 다양화하는 기술이 필요하다.

### 2. 배경 이론

#### 2-1 CDMA 2000 1x EV-DO 순방향 링크

##### 2-1-1 개요

3세대 이동통신을 위한 신기술중 하나인 CDMA2000 1x EV-DO는 종래의 CDMA 시스템보다 높은 데이터 전송율을 지원한다. 또한 이 시스템은 HDR(High Data Rate)이라 부르기도 한다. HDR 시스템은 최대 2.456Mbps의 데이터 전송율을 지원할 수 있다. 고속 데이터 전송율은 HDR 시스템이 이동 단말기에게 보다 많은 멀티미디어 응용 프로그램을 지원할 수 있도록 해준다. 비록 1x EV-DO 시스템이 종래의 시스템보다 높은 처리량을 제공하는데는 하지만, 1x EV-DO 시스템은 음성 데이터, 호환성, 핸드오프(Handoff)가 지원되지 않는다. 즉 1x EV-DO 시스템은 부가적인 데이터 서비스를 위해 CDMA 1x에 더해진 것이다. 도1에 CDMA 1x와 EV-DO를 비교하였다.

##### 2-1-2 채널 구조와 패킷(Packet) 전송

CDMA2000 1x EV-DO시스템은 순방향과 역방향 링크에 비대칭적인 데이터율을 제공한다. 순방향 링크에서는 최대 전송율이 2.457Mbps/sector 이고 역방향 링크에서는 최대 153.6kbps/sector이다. 본 명세서에서는 역방향 링크에 대한 자세한 조사가 불필요하다고 판단하여 순방향 링크에 역점을 두어 서술하였다.

"QUALCOMM Inc, 1xEV: 1x Evolution, IS-856 TIA/EIA Standard, Air Link Overview, Revision 7.1, May 11, 2001"을 참조할 때, 도2는 순방향 링크 구조를 보여준다. CDMA2000 1x EV-DO 시스템은 어떤 시점에 한명의 사용자 단말기에 기지국의 전체 파워를 받을 수 있게 해준다. 이동 단말은 주변 채널 상황을 예측하여서 기지국에 자신이 받을 수 있는 최대 데이터율을 알린다. 이러한 구조가 기지국이 각각의 이동 단말기가 요구하는 최대 데이터 전송율로 데이터를 전송하고 전체 파워로 작동할 수 있도록 해준다.

도3은 기지국의 전송을 그림으로 보여준다. 순방향 링크는 1.67ms간격의 시간 슬롯을 사용하고 한 개의 시간 슬롯 안에 두개의 파일럿 버스트(pilot burst)가 있다. 기지국은 1.67ms 시간마다 어떤 사용자의 단말기가 시간 슬롯을 할당 받을 것인가와 선택된 사용자가 받을 수 있는 최대의 데이터 전송율을 선택할 수 있다. 각 전송율은 다른 변조기법, 패킷 크기, 부호율을 가진다. 세가지 변조기법(QPSK, 8PSK과 16QAM)은 각 사용자의 단말기가 받을 수 있는 데이터율에 따라 적용된다.

상기 문헌에 따르면, 순방향 링크의 전송순서는 다음과 같다. (1) 최상의 섹터의 집합으로부터 받은 C/I의 정확하고 빠른 측정 (2) 최상의 서비스 섹터의 선택 (3) 가장 높은 확률의 데이터 전송율 요구가 높은 신뢰도로 측정된 C/I를 받을 수 있다. (4) 선택된 섹터로부터의 전송은 오직 선택된 섹터로부터 요청한 데이터율로만 가능하다.

### 2-1-3 적응 변조 부호화

순방향 링크는 여러 범주의 데이터율을 제공한다. 그 데이터율들은 전형적인 셀룰러 망에서 경험하는 채널 상태의 범위를 반영할 수 있는 충분한 샘플로 선택된다. QPSK 변조는 38.4kbps에서 1228.8kbps까지의 데이터율(921.6kbps는 제외)을 얻는데 사용되고, 8PSK는 921.6kbps에서 1843.2kbps까지, 16QAM은 1228.8kbps에서 2457.6kbps까지의 데이터율을 얻는데 사용된다. 순방향 링크는 동적인 데이터율을 지원한다. 접근 단말은 매 슬롯마다 가능한 여러 섹터의 채널 C/I를 측정하고 가장 강한 C/I를 얻을 수 있는 섹터로부터 최대의 데이터율을 요청한다. 접근점은 특정 데이터율에 대한 접근 단말의 요구를 받고 그 정보에 근거하여 무선 채널이 그 특정 시점에 지원할 수 있는 최대의 데이터율로 순방향 링크를 부호화한다. 이런 방식으로, 가입자의 응용프로그램의 요구에 따라 그리고 채널의 상태가 변함에 따라, 최적의 데이터율은 결정되고 사용자 단말에 동적으로 서비스된다. 요약하자면, 다음의 과정이 행해진다. 도4a와 b는 1% 패킷 에러율 요구 상황에서의 SNR(Signal-to-Noise)를 요약하였다. 도4a는 HDR의 데이터율을 나타내고, 도4b는 SNR을 나타낸다.

### 2-2 매체 스트리밍

#### 2-2-1 일반적인 특성

최근, 비디오나 오디오 같은 연속 매체의 스트리밍이 널리 보편화되었다. 동시에 무선 이동 기기로부터 웹과 인터넷에 접근하려는 경향도 증가하고 있다. 멀티미디어 응용의 서비스 품질 QoS(Quality of Service)의 요구사항과 무선 링크의 비신뢰성이 결합하여 무선링크에서의 스트리밍을 어렵게 하고 있다. 만약 종단의 사용 단말이 재생 경계선까지 비디오 프레임이 완벽하게 받지 못하였다면, 수신 요구자는 비디오 프레임을 잃어 버려서 재생의 어려움을 겪을 것이다. 재생 불가능 확률을 낮추는 것은 좋은 비디오 품질을 위해 요구된다. 음성과 스트리밍 서비스는 실시간 응용의 그룹에 포함되지만, 스트리밍은 양방향 실시간 트래픽과는 다른 특성을 가진다. 스트리밍 서비스는 평균 지연의 절대값 보다 지연 지터에 의해서 더 큰 영향을 받기 때문에 초기 지터를 버퍼에 담아두는 것은 지연 지터를 경감시킨다. 버퍼링은 스트리밍 서비스가 일반적인 실시간 서비스보다 더 큰 지연 지터를 견딜 수 있게 해준다.

#### 2-2-2 버퍼링의 역할

버퍼링은 스트리밍 서비스가 보다 많은 지연 지터를 견딜 수 있게 해준다. 그래서 버퍼링의 크기를 크게 하면 할수록 더 지연 지터를 견딜 수 있게 된다. 일반적으로, 현재 버퍼의 점유량은  $B_C$  이전 슬롯에서의 버퍼의 점유량은  $B_{PS}$ , 슬롯 기간은  $T_S$ , 사용자 측면에서의 스트리밍 율을  $R_S$ 로 전송율을  $R_t$ 로 나타내고, 전송율은 현재 시간 슬롯에서의 전송 확률과 꽤 한 타임 슬롯에서 전송할 수 있는 패킷 수로 표현된다.

$$B_c = B_{pc} - T_z \cdot R_z + T_z \cdot R_t$$

$$R_t = \frac{\Pr(\text{transmit}) \cdot P_z \cdot n(\text{channel})}{T_z}$$

### 2-2-3 라이브(live) 매체 스트리밍

이번에는 라이브 매체 스트리밍의 개념에 대해서 살펴보자. 특히 회의나 콘서트, 스포츠 중계 등을 비디오와 오디오로 생중계하는데 드는 요금같이 중계의 유효 범위에 초점을 맞추었다. 생중계 비디오의 경우 비디오 프레임을 잡은 것으로부터 수신자의 스크린에 보이기까지의 지연 예산이 일반적으로 몇백 ms이다. 우리는 무선 링크에서 먼저 꺼내는 것을 고려하여 만든 먼저꺼냄 지연 예산을 소개하려한다. 특히 P(j)를 스트림 j를 위한 먼저 꺼냄 지연 시간이라 하자. 사용자 측면에서 재생의 시작 전에 먼저 꺼냄은 P(j)시간만큼 지연된다. 그러나 우리는 몇 백 ms의 시작시간 지연의 증가는 사용자 단말기에서 수용가능하다고 가정하였다. 기지국이 라이브 스트림의 전송을 시작할 때 즉시 스트림의 패킷을 전송하기 시작한다. 말단의 사용자는 스트림의 전송이 시작된 후 P(j)시간 뒤 스트림을 재생하기 시작한다. 덧붙여 라이브 스트림을 위해 기지국은 패킷의 전송이 미리 꺼냄 지연 예산을 초과하는지 안하는지에 대해 점검한다. 이 강제는 기지국이 라이브 원시 영상으로부터 전달되기 전에 패킷을 스케줄링 함으로서 미리 꺼냄 지연 예산을 넘지 않도록 해준다. 또한 미래를 염두에 두고 P(j)보다 많은 시간을 프리페칭(prefetching) 하지 않는다. 고려된 시나리오에 따르면 400ms의 미리꺼냄 지연 예산의 프리페칭은 클라이언트의 재생불능 확률을 0.01보다 작게 만들어준다.

## 2-3 이동 멀티캐스트

### 2-3-1 개관

이동 멀티캐스트는 이동 IP 멀티캐스트와 MANET 멀티캐스트로 분류할 수 있다. 이동 IP 멀티캐스트는 이동 단말을 인터넷과 같은 기간 시설 망으로 고려한다. MANET 멀티캐스트는 이동 단말들을 ad-hoc망에서 움직이는 것으로 고려하지만, 단말들이 자주는 아니지만 때때로 기간 시설 망과 연결될 수 있다고 생각한다. 원칙적으로 전송계층의 관점에서 신뢰성 있는 전달과 혼잡 제어에 관심이 있고 사용자가 이동 IP 망에 있는 기간 시설망에 있건 상관없이 상호작용하는데 도움이 되는 방법에 관심이 있다.

### 2-3-2 이동 IP 멀티캐스트

RMPP, PMDP, ReIM, HVMP, MR MoM, ARMM을 포함하여 신뢰성있는 전달을 위한 수많은 연구물들이 있어왔다. 그 연구들은 수신자의 이동성에 대한 해법을 제안하여서 일 대 다수의 세션에 적합하였지만, 다수 대 다수의 세션에서는 적절하게 작용하지 않을 것이다. 게다가 원시의 이동성은 ARMM을 제외하곤 어떤 접근조차 존재하지 않는다. 그래서 원시의 이동에 대한 요구사항을 조사하는 것과 그 원시의 이동성을 고려한 해법의 고안은 매우 가치 있는 일이 될 것이다. 게다가 다수대 다수의 멀티캐스트의 관점에서 원시의 이동성은 이동노드에 포함된 모든 노드들이 송신자가 될 수 있기 때문에 가장 중요한 요소 중의 하나가 되는 것이다. 현존하는 혼잡 제어 방식은 관여자들의 이동성을 고려하지 않은 채 고안된 것이다. 만약 수신자나 원시가 망에서 다른 망으로 이동한다면, 송신율과 수신율은 급전할 것이다. 지금 존재하는 기법으로는 보통으로 변화하는 망에 적합하다. 그러나 이 경우 급진적으로 전송율의 변화가 요구되어지고 존재하는 기법에 최적율이 되기 위해선 오랜 시간이 요구된다. 우리가 제안한 RLMM은 계층적 암호화를 가정하지만 단일 율의 데이터 인코딩에 대한 일반적인 접근을 위해선 보다 많은 연구가 필요하다. 성능 평가는 네트워크 시뮬레이터에 의해서 구현될 수 있고 실제 시험 네트워크 환경도 수행될 수 있다. 그러나 실제 시험 네트워크는 네트워크 시뮬레이터에 의해서 제안한 기법이 요구사항을 만족하는 것을 증명할 때까지 늦춰질 것이다.

### 2-3-3 MANET 멀티캐스트

MANET 멀티캐스트에는 MAODV, ODMRP, AMRoute와 CAMP를 포함하여 여러 가지다양한 멀티캐스트 라우팅 기법들이 연구되었지만, 그 연구들은 신뢰도 있는 전송과 혼잡 제어 측면에서 미흡한 결과를 나타내었다. 그들은 아직 초기단계이고 발전이 필요하다. MANET 멀티캐스트의 독특한 특징은 계층화된 규약 구조가 이동 단말의 출력이 제한된다는 가정 때문에 기법을 고안하면서 부서질 수 있다는 것이다. 에러정정과 혼잡 제어를 위해 사용되는 구성원의 정보는 멀티캐스트 라우트 구조를 짓는데 습득될 수 있다. 네트워크 계층보다 상위 계층에서 구성원의 정보를 모으는 것은 MANET 환경에서

여분의 오버헤드를 부과하는 것이 된다. 요구되는 신뢰적 전송 기법은 링크 계층의 신뢰도에 대해 관심이 없고 패킷의 손실은 단말의 이동성과 버퍼의 넘침에 의해서만 일어난다고 가정한다. 특정 라우팅 규약 또는 그것은 특별한 라우팅 프로토콜 또는 멤버십 정보를 얻기위해 라우팅 프로토콜의 일부 변경을 요구할 것이다. 멀티캐스트 라우팅 트리에서 모든 포워딩 노드가 참여자가 아니며 접근방법은 모든 포워딩 노드가 참여자가 되는 응용 단계의 멀티캐스트와는 구별된다. MANET 멀티캐스트에서는 세션의 멤버가 아닌 중간노드에게 재전송 요청을 할 수 없다. 재전송은 전송된 패킷의 버퍼링이 필요하기 때문이다. 결과적으로, 각각의 참여자는 어떤 노드가 명백하게 세션의 참여자인지를 알아야하고 참여노드중에서 부모와 자식 노드를 결정할 수 있어야 한다. MANET에서 메시지를 포워딩하는 노드는 사용자 장치이며 고정망에서 라우터처럼 메시지를 포워딩하기 위해 특별히 설계된 것이 아니다. 우리는 중간노드가 충분한 메시지 큐를 가지고 있다고 기대하지 않으며 메시지는 전송률이 높으면 손실될 수 있다. 기존 연구에서는, 높은 전송률은 가정하지 않고 혼잡 제어 메커니즘은 깊이 있게 조사되지 않고 있다. MANET 라우팅 프로토콜의 설계에서, 에너지효율 또한 중대한 요소이며 우리는 숙고해서 그 요소를 구할 수 있으나 그것은 라우팅 프로토콜 설계에서 그렇게 중요하지 않다. MANET은 그룹 통신을 하는데 두 가지 장애를 초래한다. 노드의 이동성과 기반구조가 없다는 것이다. 이러한 제한점은 기존의 알고리즘이 완전히 분산된 버전으로 변화되기를 요구한다. 예를 들어, 그룹 멤버십 프로토콜은 자율적으로 조직가능한 그룹 구조를 포함하고 어떤 조건으로 특정 멤버를 발견하기 위해 망을 탐색하는 것이 요구된다. 또한 멤버의 동적인 이동으로 그룹 멤버간의 지속적인 상태를 유지하거나 데이터를 신뢰성 있게 전송하는 것이 어렵게 된다. 전체 순서화는 해결되어야 할 다른 분야이다. 고정망에서는 고정된 순차기나 토큰 기반 순서화, 논리적 클럭 기반등과 같이 다양한 기법으로 메시지의 전체 순서화는 매우 간단하다. 그러나 애드혹망에서 그러한 기법들은 호스트의 위치유지를 보장할 수 없기 때문에 적용할 수 없다. 정보의 전파(멤버십 변경과 같은)의 더 효율적인 기법(순수한 플러딩보다)은 애드혹망의 적합한 모델링으로 연구되어야 한다. 간섭이나 전력관리, 호스트의 실패에 의한 잦은 단절은 추가적인 연구 주제이다.

## 2-4 무선 셀룰러 망에서 IP 이동 멀티 캐스팅

### 2-4-1 개요

선택된 구성원들에게 화상회의, 라이브 비디오 방송, 주식 시세를 전달하는 이동 특성에 맞게 고안된 응용 프로그램들이 최근 수없이 많이 만들어지고 있다. 이 집약적인 대역 응용프로그램들은 실시간 데이터 전송을 요구하지만, WAP가 제공하는 서비스에 의해서 지원될 수 없다. 그러나 그 응용 프로그램들은 IP기반의 셀룰러 망의 멀티캐스트에 의해서는 요구사항이 이루어질 수 있다. 잘 알려져 있듯이, 멀티캐스트의 중요 개념은 특정 데이터를 전송하는 세션에 참여하는 호스트의 그룹을 유지하고 그 그룹의 구성원들에게만 선별적으로 데이터를 방송하는 것이다. 또한 앞에서 열거한 응용 프로그램들이 최소한의 서비스 품질 유지를 위한 요구사항을 만족시키기 위해서 대역을 예약하고 데이터를 전송한다. 완벽한 새로운 시나리오로 회원 집단화와 집단의 크기가 떠오르고 있는데 셀룰러 망에서의 호스트의 이동성이 두 가지 형태로 발생하기 때문이다. 멀티캐스트의 송신자나 원시가 전송 중에 움직일 수도 있고, 수신자가 멀티캐스트 데이터그램을 받는 동안 움직일 수도 있다. 현재 이동 IP는 데이터를 전송하는 동안 연결을 유지하면서 이동성을 보장하기 위해 두 가지 접근법을 제안한다. 한 가지는 양방향 터널링(tunneling)이라 불리고 다른 하나는 원격 가입이라 불린다. 이 접근의 주된 결점은 이동 호스트에게 멀티캐스트 전송을 하기 위한 라우팅 경로가 하위의 최선책이어서 데이터 전송에서 원치 않는 지연이 발생한다. 또한 링크 계층의 연결을 항상 가정하기 때문에 이동 사용자에게는 적당하지 않을 수도 있다. 게다가 HA(Home Agent)는 그들의 상응하는 외래 망에 모든 이동 호스트들에게 멀티캐스트 데이터그램을 복사하고 터널링 해주어야 한다. 이것은 망의 자원의 심각한 낭비이다. 원격 가입 방법에 의해서는 각 이동 호스트가 외래 망에 들어갈 때에 다시 가입하면 된다. 이 방법은 외래 망이 트리에 부분이 아니라면 멀티캐스트 전송 트리에 가입하여 로컬 멀티캐스트 라우터가 되게 한다. 이 재가입 빈도는 이동 단말이 직면하는 핸드오프율에 달려있다. 이 접근 방법의 주된 장점은 멀티캐스트 데이터그램이 항상 최적의 경로를 따라 전송된다는 것이다. 그러나 재가입과 멀티캐스트 전송 트리의 수정에 따른 오버헤드도 있다.

### 2-4-2 분석적인 모델

우리는 자신이 거주하는 셀안에 기지국으로부터 서비스를 받는 이동 단말에게 멀티캐스트 서비스를 제공하는 셀룰러 망 구조를 생각한다. 그래서 멀티캐스트 세션에 적어도 한명 이상의 가입자를 가지는 기지국이 멀티캐스트 데이터 특정 세션을 위해 만들어진 전송 트리를 구성하는 한 명이 된다. 어떤 멀티캐스트 세션에 참여하는 기지국은 멀티캐스트 전송 트리의 의해서 단말접속점이 되고 그들의 수는 멀티캐스트 그룹의 크기  $G$ 를 나타낸다. 이 그룹 크기는 멀티캐스트 세션의 요구의 도착을 뿐만 아니라 사용자의 이동성에 의해서도 변한다. 이 네트워크 모델에서 우리는 예상 멀티캐스트 그룹의 크기와 새로 더해지는 단말에 의한 역동성, 멀티캐스트 전송 트리의 전체 비용을 유도 할 수 있다. 분석에 다음 네가지 사항을 가정하였다. (i) 새로운 멀티캐스트 세션 요청의 도착 Poisson 분포를 따른다. (ii) 어떤 이동 단말이 셀에 머무르는 시간은 exponential분포를 따른다. (iii) 핸드오프 요청의 도착은 셀에 머무르는 시간의 분포가 exponential분포를 따르기 때문에 poisson분포를 따른다. (iv) 멀티캐스트 세션의 길이는 exponential분포를 따른다. 어떤 셀에서 새로운 호출의 평균 도착율을  $\lambda n$ 이라고 하고 핸드오프 호출의 도착율을  $\lambda h$ 라 하자 우리가 이 두 프로세스(process)를 모두 poisson 분포를 가진다고

가정하였기 때문에, 어떤 특정 셀에서의 어떤 유형의 호출도착의 평균율은  $\lambda_n + \lambda_h$ 이 된다.  $\mu$ 를 부합하는 서비스율이라고 할때 어떤 이동 단말이 셀에 머무르는 평균 시간을  $1/\mu_r$ 이라고 멀티캐스트 세션의 평균 지속시간을  $1/\mu_t$ 라 하자. 셀 안에서 사용자는 uniform분포를 가진다고 가정하고 M을 셀안에 있는 총 사용자의 수라고 하자. N을 N개의 셀안에 있는 인구수라고 한다면, 그때  $M=P/N$  이 된다. 어떤 특정 시점에 특정 셀에는 유한한 수의 사용자가 있기 때문에, 우리는 유한한 고객을 가진 대기 시스템과 무한개의 서버(serve)을 가진  $M/M/\infty/M$ 의 모델을 사용하여 각 셀에 서비스 받는 이동 단말을 분석할 수 있다. 각기지국은 무선 통신 매체의 물리적인 한계에 따라서 어떤 시점에 제한된 수의 사용자에게만 서비스를 제공할 수 있기 때문에 각 셀 당 유한한 수의 사용자를 가정하였다. 서버의 수는다른 사용자와 독립적으로 서비스 받을수 있기 때문에 무한한 것으로 가정하였다. 이러한 가정하에 이동 사용자들의 서비스 요구를 모두 수용할 수 있는 기지국을 가정한다면, 오직 사용자의 이동성에 기인한 멀티캐스트 트리 구조에 변이를 반영할수 있다. 이 모델에서  $P_k$ 는  $\lambda = \lambda_n + \lambda_h$ 이고  $\mu = \mu_r + \mu_t$  일때 셀안에 k명의 사용자가 있을 확률을 나타낸다.

$$P_k = \begin{cases} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \left(\frac{M}{k}\right)}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^M} & 0 \leq k \leq M \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

지금 이동 단말이 한명 또는 그이상이 셀 반경안에 있는 셀이 멀티캐스트 전송 트리에 속한다. 그때 셀이 멀티캐스트 트리에 속할 확률은 다음과 같다.

$$\sum_{k=1}^M P_k = 1 - P_0 = 1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^M} \quad (2)$$

이동 단말이 셀의 반경안에 있지 않을 때 셀은 멀티캐스트 전송 트리의 구성원이 아니다. 이때 이 확률

$$P_0 = 1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^M}$$

이다. 그러므로 멀티캐스트 전송 트리안에 셀의 기대되는 수, 멀티캐스트 그룹의 크기는

$$G = N^* \left[ 1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^M} \right]$$

멀티캐스트 트리에 접합되는 새 라우터는 새로운 호출이나 핸드오프 호출이 한 셀에 도착했을 때 멀티캐스트 전송 트리의 이미 한 구성원이 아니더라도 그래서 확률  $P_g(t)$ 는 주어진 셀 A가 멀티캐스트 트리에 다음과 같이 더해질 것이다.

$P_g(t) = \text{Prob} [\text{새로운 호출 또는 핸드오프 호출이 시간 } t \text{에 셀 A에 도착한다} / \text{셀 A는 어떤 사용자도 없다}]$ .  $\prod_n^A$ 은 셀 A에 n명의 사용자가 발견될 확률이라 하자. 그러므로 우리는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\pi_n^A = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(\frac{M}{n}\right)}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^M} \quad (4)$$

지금, Prob[새로운 호출 또는 핸드오프 호출이 시간 t에 셀 A에 도착할 확률] $=\lambda e^{-\lambda t}$  이고, Prob[셀 A에 어떤 사용자도 없다] $=\mu_{A0}$

이 두가지 확률이 모두 독립적으로 작용하기 때문에,

$$P_s(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t} \left[ \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^0 \binom{M}{0}}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^M} \right] = \frac{\lambda \cdot e^{-\lambda t}}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^M} \quad (5)$$

그러므로 시간 T에 멀티캐스트 트리에 덧붙여지는 새로운 호출의 기대수는 다음과 같다.

$$N_s = \int_0^T N \cdot P_s(t) dt = \frac{N}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^M} [1 - e^{-\lambda T}] \quad (6)$$

$$\frac{N}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^M}$$

$T \rightarrow \infty$ 가 됨에 따라 멀티캐스트 전송 트리에 더해지는 노드의 기대수는 이 된다.

한 셀이 멀티캐스트 트리로부터 분리되는 확률의 계산은 특별한 핸드오프 수단에 의존한다. 핸드오프 기법에는 하드핸드오프와 소프트 핸드오프와 같은 기법이 있다. 하드핸드오프에서는 이동 단말 사용자가 새로운 셀에 연결을 만들기 전에 이전 셀과의 연결을 끊는다. 반면 소프트 핸드오프에서는 새로운 셀의 연결을 만들기 전에 이전 셀의 연결을 끊지 않는다. 후자의 경우 이전 셀의 채널 점유는 동결시간이라 불리는 약간의 시간 뒤에 떼어 놓는다. 한 셀은 그것의 반경지역아래 모든 멀티캐스트 수용자들을 잃어버릴 때 멀티캐스트 트리로부터 분리된다. 멀티캐스트 트리로부터 한 셀이 분리될 확률을  $P_d(t)$ 라 하자.

그때  $P_d(t) = \text{Prob}[\text{시간 } t \text{ 전에 셀에서 호출이 끝난다} / \text{셀 A는 오직 한명의 사용자만을 가지고 호출은 시간 } t \text{ 전에 핸드오프를 갖지 않는다}] + \text{Prob}[\text{시간 } t \text{ 전에 셀 내에 핸드오프 호출이 있다} / \text{셀 A는 오직 한 명의 사용자를 가지고 호출은 시간 } t \text{ 전에 끝나지 않는다}]$

$$= \frac{\frac{M\lambda}{\mu} \mu_T \cdot e^{-\mu_T t} \cdot e^{-\mu_R t}}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^M} + \frac{\frac{M\lambda}{\mu} \mu_R \cdot e^{-\mu_R t} \cdot e^{-\mu_T t}}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^M} \quad (7)$$

그러므로

$$P_d(t) = \frac{M\lambda \cdot e^{-\mu t}}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^M} \quad (8)$$

와 시간 T안에 멀티캐스트 트리로부터 제거되는 새 셀의 기대수는 다음과 같다.

$$N_d = \int_0^T NP_d(t)dt = \frac{NM\lambda}{\mu(1+\frac{\lambda}{\mu})^M} [1 - e^{-\mu T}] \quad (9)$$

시간  $T \rightarrow \infty$ 가 됨에 따라 멀티캐스트 트리로부터 제거되는 새 셀의 기대수는 다음과 같다.

$$\frac{NM\lambda}{\mu(1+\frac{\lambda}{\mu})^M}$$

멀티캐스트 전송 트리 안에 포함되는 셀의 기대수는 멀티캐스트 그룹의 기댓값과 멀티캐스트 트리 안에 경로를 찾고 있는 단말기의 수를 알려준다. 일단 우리가 그룹의 크기를 알게 되면, 멀티캐스트 분포 트리의 총 길이나 비용을 예측하게 된다.

## 2-5 계층형 부호화

### 2-5-1 개요

계층형 부호화는 이미지 부호화와 연속매체를 위한 기술이다. 이 기술은 부분적으로 부호화된 요소들에 의존적인 원시 신호를 독립적으로 또는 계층적으로 나눈다 그래서 분리해서 복호할 수 있다. 신중한 고안에 의해서 계층형에서는 처음 몇 요소들로 전체 신호를 잘 어림할 수 있고 처음부터 신호의 모든 요소들을 다 받지 않고도 신호의 처음 표현을 잘 제공할 수 있다. 이런 특징은 전송 지연 인지를 줄이기 위한 저속 통화채널을 사용하는 다양한 이미지 전송기법에 공헌을 하였다. 예를 들어 스크린 위에 이미지를 점진적으로 옮길 수 있다. 우선저해상도로 전체 이미지가 윤곽을 그린 뒤 해상도를 높여가면서 점진적으로 그리는 것이다. 이 기술의 명확한 사용은 이미지 데이터 베이스 브라우징을 포함하는 프로그램에서 떠오르고 있다; 어떤 사용자가 원하지 않는 이미지가 보이는 것을 알아차리고 더 이상의 지연 없이 다음 이미지로 넘어갈 수 있게 해준다. 이 결정은 이미지 크기와 해상도 통신 대역폭에 의존되는 전송, 복호화, 디스플레이의 끝보다 더 빨리 내려질 수 있다. 계층형 부호화 기술은 신호를 다양한 중요성에 따라 요소들로 나눈다. 이 요소들의 집합이 원 데이터를 재조합하고, 요소들의 부분집합들이 원신호의 다양한 어림을 제공할 수 있다. 예를 들어 계층적 부호화의 간단한 형태는 비디오 프레임들 두개의 부분 프레임으로 나눌 수 있다. (1) 저해상도 요소는 화소의 1/4을 차지하고, (2) 고해상도 요소는 화소들의 남은 3/4을 차지한다. 그러므로 계층적 부호화의 사용은 연속 미디어 전송을 위해 매우 중요하다. 계층적 부호화는 수신측의 특성과 우선도에 기반을 둔 자원 할당하는 수신자에게 소프트웨어를 제공한다. 그래서 자원이 제한적일 때 수신되는 재생 신호의 서비스 품질을 낮추는 결정을 가능하게 한다. 계층적 부호화를 위해 많은 다양한 기법이 제안되었다. 가장 기본적인면서도 개념적인 계층적 방법은 bit-plane 분리이다. 이 방법은 화소당 여러 bit를 사용해서 이미지를 나타내는 방법이다. 이것은 우선 이미지의 각화소의 가장 중요한 bit를 포함하는 이미지의 부분집합을 인코드 한다. 그런 다음 점진적으로 bit계층으로 내려가서 점점 고해상도를 가지는 덜 중요한 bit를 부호화한다. 그래서 각 bit-plane은 부분적으로 부호화되고 전송되고 복호화된다. 흥미로운 사실은 가장 중요한 요소들은 또한 가장 고압축성의 것들이다.

### 2-5-2 멀티캐스트 연속 매체를 위한 계층적 부호화

멀티캐스팅에서는 송신자가 그룹의 한 구성원과 대화하기보다는 그룹과 대화한다. 결과적으로 송신자는 시간에 따라 바뀌는 그룹 구성원들 개개의 정보를 알 필요가 없다. 이 통신 모델은 여러 참가자들 가운데 분산되어 있는 제어와 데이터 다루는 응용프로그램을 지원한다. 예를 들면 복제된 데이터 베이스들, 서버 그룹으로부터의 한 개의 서비스, 협력하는 프로세서들 사이의 중재 등을 포함한다. 멀티미디어 데이터를 멀티캐스트 하는데 문제는 연속 재생의 여러개의 시간상관 스트림들에 있다. 간단하게 이문제의 특성들을 보면, (1) 데이터가 여러 목적지에 보내져야 한다. (2) 데이터가 너무 크고 요구되는 대역폭이 크다. (3) 데이터의 가치가 지연에 민감하다; 만약 인간인지의 역할을 넘어서는 때에 받아진다면, 그것은 이용 가치가 없다. 데이터가 크기에 따라 재 전송을 최소화하는 것 또한 중요하게 되었다. 그리고 데이터가 지연에 민감해짐에 따



라, 여러 목적지에 최단경로로 전송하는 길을 찾는 것 또한 중요하다. 수 많은 멀티미디어 사용자와 각 매체 형태를 표현하는 다한 형식들이 존재한다. 이것은 전형적인 문서 기반의 컴퓨터 통신이다. OSI 구조에서 Presentation 계층은 데이터 표현의 호환성문제를 다룬다. 호환이 되지 않는 전송자와 수신자가 통신을 할때 번역기는 필수적이다. 이 서비스는 다음 세 가지 경우 중에 한 가지에 제공되어야 한다 - (1) 송신자 (2) 통신채널에서 (3) 수신자. 만약 세 번째에서 해결된다면, 실제 호환 문제는 없을 것이다. 두 번째 접근이 전형적인 해법이다. 첫 번째 방법은 세 번째 방법에서 점대 점 방식으로 유사하지만, 여러 점의 경우에는 비효율적이다. 송신자가 모든 비호환적인 수신자를 위해서 그것의 데이터 형태를 모두 번역하는 것이 요구된다. 이 번역은 송신자의 자원을 많이 소모한다. 게다가 링크를 공유하는 것이 불가능하기 때문에 정보의 큰 부피를 보내는 것이 요구된다. 본질적으로, 심각한 호환성 문제는 멀티캐스트 해법의 효율을 제한하고 통신 모델을 직렬 유니캐스트 형태로 바꾸게 하였다. 계층적 부호화를 통해서 수신측에서 분리된 요소 신호의 중합을 통해 번역하는 편리성은 얻는다. 덧붙여 네트워크 경로 알고리즘은 예를들어 오직 사용가능한 요소들만 선택된 목적지로 포워딩 하는 것 등, 여러 가지 요구들과 목적지의 능력들을 계산하게 되었다. 계층적 부호화와 멀티캐스팅 사이에 흥미로운 관계가 있다. 계층적 부호화는 목적지가 원시가 실제적으로 어떤 상황에서 가장 적합한지에 대한 정보없이 그들이 받은 신호의 품질에 적합하게 만든다.

## 2-6 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 (BCMCS)

### 2-6-1 개요

브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스는 여러 사용자들에게 같은 정보를 보내는데 편리하고 효율적인 방법을 제공한다. 이 서비스들은 어떻게 하면 여러 명의 사용자에게 같은 정보를 네트워크나 공중파를 통해서 보낼 때 가장 효율적일까를 궁리하던 가운데 만들어 졌다. 보내지는 정보의 형태는 문서 메시지 뿐만 이동 단말기에 전해질수 있는 스트리밍 서비스나 멀티미디어 서비스를 포함한 모든 종류의 데이터 형태가 포함된다. 정보는 SMS와 패킷 데이터 기술로부터 시작되었다. 브로드캐스트 서비스는 보내는 정보에 기반한 가장 효과적이고 효율적인 방법을 통해서 전달된다. 멀티캐스트 정보는 시작된 원시와는 상관없이 가장 효과적이고 효율적인 전송이 될 것이다. 이것이 의미하는 바는 비록 멀티캐스트가 SMS에서 시작되었더라도 최상의 전송이 패킷 데이터이면 그때 SMS와 패킷 데이터 간에 상호작용이 필요하다는 것이다. 멀티캐스트 서비스는 이동 단말의 말단과 이동 단말의 시작 모두를 허용하고 브로드캐스트 서비스는 오직 이동 단말 말단만이 필요하다. 멀티캐스트 사용자 그룹은 일반적으로 관리자에게 요청을 보냄, 웹 인터페이스 사용 또는 다른 기법을 통해서 서비스 이용자가 될 수 있다. 사적인 멀티캐스트 그룹은 관리자가 직접 구성원을 추가하는 과정을 통해서 구성원을 제한 관리한다. 브로드캐스트도 역시 공적 사적인 그룹으로 나뉘어진다. 공적인 브로드캐스트는 특정 지리적 정보를 보내곤 한다. 특정 지리에서 공적인 그룹 구성원은 브로드캐스트된 정보를 받을 수 있다. 이런 형태의 그룹을 위한 브로드 캐스팅 정보는 비상 날씨 경보, 교통량 정보 등이 있다. 사적인 브로드캐스트 그룹은 특정 지역의 특정 기기를 사용하는 이에게 특정 정보를 보내는 것을 목적으로 두고 있다. 예를 들어 지역 기반의 광고 등이 해당된다. 그들이 시장에 있을 때 특정 광고를 받는 것이 해당된다.

### 2-6-2 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스의 프레임 워크 (frame-work)

도5는 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 구조의 상위 수준을 제공한다. 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 콘텐츠는 콘텐츠 제공자로부터 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 콘텐츠 서버로 나아간다. 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 콘텐츠 제공자는 cdma2000 서비스나 홈 네트워크 또는 IP망 어딘가에 위치할 것이다. 만약 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 콘텐츠 제공자가 IP망에 위치한다면, 사업 제휴, 보안 협력, 다른 관계된 서비스 정보등이 콘텐츠 제공자와 cdma2000망 사이에서 준비될 것이다. 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 콘텐츠 서버는 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스의 콘텐츠 스트림을 다루기 위해 요구되는 PDSN(Packet Data Serving Node)를 통해 액세스 망과 연결된다. 각 부분의 기능은 다음과 같다.

#### 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 제어기:

이것은 PDSN과 MS, 콘텐츠 서버에게 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스의 정보를 제공하고 관리하는 기능을 한다. 또한 HAAA로부터 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 사용자의 프로파일을 받아서 인증을 수행한다. 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 제어기는 BAK 분배자와 생성자의 역할을 수행한다. 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 제어기는 또한 갖기 원하던 콘텐츠를 찾기위한 찾기 작업도 수행한다. 또한 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 제공자를 인증하고, 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 콘텐츠와 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 콘텐츠 서버를 연결해주는 역할도 한다.

#### 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 콘텐츠 서버:

이것은 IP 멀티캐스트 스트림에서 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스를 가능하게 만드는 역할을 한다. 서비스 망에 있는 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 콘텐츠 서버는 콘텐츠를 만들거나 그것의 원천일 필요는 없다. 단 PDSN에 도달하는 콘텐츠 우선순위대로 최종 응용프로그램 단계로 처리하면 된다. 여러 콘텐츠 제공자로부터 콘텐츠를 모아서 저장하여 포어딩하는 역할을 한다.

#### **브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 콘텐츠 제공자:**

콘텐츠를 제작하는 역할을 한다.

#### **브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 가입자 프로파일 관리:**

이것은 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스에 데이터 베이스에 있는 가입자들의 프로파일을 새로 갱신하는 응용 프로그램이다. 사용자는 응용프로그램에 직접적으로 접속하거나 운영자가 고객 서비스 대리자를 통해서 응용프로그램에 접근하는 것을 예약할 수 있다.

#### **AAA(Authentications, Authorizations, and accounting):**

이것은 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스의 인증, 공인, 회계의 역할을 한다. AAA는 가입 프로파일로부터 정보를 얻기 위해서 가입자의 프로파일 데이터 베이스에 접근한다. AAA는 사용자의 가입 프로파일을 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 제어자한테 넘겨준다.

#### **가입자 프로파일 데이터 베이스:**

브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스의 가입 프로파일을 저장하는 책임을 진다. 가입 프로파일은 사용자가 받는 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 세션을 확인시켜 준다.

#### **PDSN:**

PDSN은 IP 흐름에서 멀티캐스트를 더하고 제거하기 위해 BSC/PCF를 사용하여 통신한다. 또 PDSN은 자신의 라우터와 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 콘텐츠 서버에 연결시킨 가장 가까운 라우터 사이의 멀티캐스트 IP흐름을 지원을 다루기 위한 IP 멀티캐스트 규약을 사용한다. 그것은 또한 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 제어기로부터 멀티캐스트 IP 흐름까지 받은 흐름 처리를 적용한다. 멀티캐스트 IP 흐름을 지원하기 위해 PCF에 의해 선택된 PDSN은 일반적인 PDSN의 MS에 PPP 연결과 다르다.

#### **MR:**

이 선택적인 멀티캐스트 라우터는 여러 가지 IETF의 RCF들에 의해서 정의되어있다. 만약 콘텐츠가 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 콘텐츠 서버로부터 PDSN으로 터널링되기 위해서는 이 것은 생략된다.

#### **BSC / PCF :**

BCF /PCF는 PSDN과 MS사이에 전송 채널을 연결하고, 끊고, 신호처리하는 책임을 진다. BSC는 서비스 품질 보장요구와 최적의 자원등과 같은 것을 고려하여 MS가 최상의 전송 채널을 선택하도록 한다.

이러한 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스의 통신규약 옵션은 모든 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 수신자에게 공통되는 것이기 때문에 MS와 망 사이에 협상이 불가능하다. 모든 옵션은 망에 의해 미리 정해져 있으며, 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 정보를 획득하는 동안 MS가 받게 된다. 도6은 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 전달 경로 규약 스택의 예를 보여준다.

도6에서 보았듯이, PPP제어는 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스에 필요하지 않다. 브로드캐스트 프레임은 BCS에서 행해진다. 브로드캐스트 프레임은 무선 자원을 절약하기 위해서 HDLC-like 기반의 옥텟기법대신 패킷 기반 프레임밍을 한다. 프레임밍 규약은 상위 계층 패킷에 FSC(Frame Check Sequence)를 더하고, 필요하다면 패킷을 조각으로 나누어 프레임밍 패킷으로 그것들을 만들 수 있다. 프레임밍 계층은 상위 계층의 패킷의 무결성을 보장하고 이동 스테이션이

상위 계층 패킷의 경계를 결정짓는 것을 도와준다. 링크 계층을 부호 매김 할지 상위 계층을 부호 매김할지는 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 제어기와 BCS에서 선택적으로 구성된다. MS는 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 정보를 얻는 동안 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 제어기로부터 이 정보를 얻는다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

그러므로 본 발명에서는 CDMA 1x EV-DO 시스템에서 새로 제안된 멀티캐스트 그룹 분할 알고리즘을 통하여 그룹을 두 개로 나눈 뒤 성능의 향상을 보이려 한다. 또한, 전송률이 서로 다른 사용자간의 버퍼 동기문제를 해결하기 위해 계층적 부호화를 이용하였으며, 그리고 유니캐스트 서비스 안에서 주기적으로 멀티캐스트 서비스를 삽입하여 버퍼의 고갈문제와 동기문제를 해결하는 새로운 방식을 제안한다.

### 발명의 구성

## 3. 본 발명의 프로토콜(MIM & MIU)과 마코프(Markov) 모델링

### 3-1. 전송자원의 최적분배

이 장에서는 BCMCS 프레임 구조와 최적의 자원분배 방식을 다루기로 하겠다. BCMCS 시스템에서 순방향 링크의 프레임 구조는 도7과 같다. 프레임에서  $\beta_M$  은 멀티캐스트 서비스를 나타내고  $\beta_U$ 는 유니캐스트 서비스를 나타낸다. 각 서비스는 매 프레임 기간( $T_s$ ) 마다 반복된다. 이때 전송율이 두 개로 나뉜다고 가정하자(멀티캐스트 분할).

분할 후의 멀티캐스트 전송율은 다음과 같이 두 가지가 된다.

$R_1 = \{r_1, r_2, \dots, r_k\}$  ; 멀티캐스트 트래픽을 전송율  $r_1$ 으로 전송

$R_2 = \{r_{k+1}, r_{k+2}, \dots, r_M\}$  ; 멀티캐스트 트래픽을 전송율  $r_{k+1}$ 으로 전송

본 발명에서는 각 유저의 버퍼가 고갈되는 기간의 총합을 최소화하는 최적의 값을 찾으려고 한다. 위에서 전송률이 각각  $r_1, r_{k+1}$ 이므로 전체 M 명의 사용자가 받는 전체 데이터량은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^M Th_i &= \sum_{i=1}^k r_1 \alpha_i T_s \beta_M + \sum_{i=k+1}^M r_{k+1} \alpha_{k+1} T_s \beta_M \\ &= T_s \beta_M [k r_1 \alpha_1 + (M-k) r_{k+1} \alpha_{k+1}] \end{aligned}$$

위 식에서  $\alpha_i$ 는 서비스 종류에 따른 슬롯에서의 비율을 뜻한다.

버퍼가 고갈되는 기간은 전체 서비스된 데이터와 사용자가 사용한 데이터의 차로 다음과 같이 표현이 가능하다.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^M B_s(\alpha_i) &= \sum_{i=1}^M \frac{T_s (R_s T_s - B_i - r_i \alpha_i)}{R_s T_s} \\ &= \sum_{i=1}^M T_s - \frac{1}{R_s} (B_i + r_i \alpha_i) \\ \text{if } T_s R_s \leq B_i + r_i \alpha_i, \text{ then } B_s(\alpha_i) &= 0 \end{aligned}$$

$B_i$ 는 i번째 사용자가 초기에 버퍼링한 양이다. 이제는 수학적식11을 최소화해야 한다. 다시 말하면 아래의 식을 만족시켜야 한다.

$$\min \sum_{i=1}^M B_s(\alpha_i) = \sum_{i=1}^M \frac{T_s(R_s T_s - B_i - r_i \alpha_i)}{R_s T_s}$$

$$\frac{1}{kr_i \alpha_i + (M-k)r_{k+1} \alpha_{k+1}} \sum_{i=1}^M Th_i \leq T_s \beta_M$$

위의 (12)번 식은 최적화 문제(optimization problem) 이므로 라그랑제 곱셈기(Lagrange multiplier,  $\lambda$ )를 이용하면 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\sum_{i=1}^M B_s^*(\alpha_i) - \lambda \sum_{i=1}^M Th_i - T_s \beta_M (k \alpha_i + (M-k)r_{k+1} \alpha_{k+1})$$

$$\sum_{i=1}^M B_s^*(\alpha_i) = - \sum_{i=1}^M B_s(\alpha_i)$$

이제 (13)식을 최소화하여 벡터  $\vec{\alpha} = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}$  를 구하면 된다. 그러면 다음 식과 같이 각 사용자에게 대한 처리율(throughput)을 구할 수 있다.

$$Th_1, Th_2, \dots, Th_i \leq Th = R_s T_s \leq Th_{(i+1)}, Th_{(i+2)}, \dots, Th_M$$

마지막으로 유니캐스트 서비스에 의해 보상되는 양과 유니캐스트 서비스로 바뀌는 시점을 찾을 수 있다. 그러나 이 장에서 언급된 최적화 방식은 시간에 따라 변화하는 채널의 상태가 반영되지 않았다. 그러므로 다음 장에서는 채널 예측 방식을 제안하고자 한다.

### 3-2. 목록 분할 알고리즘(List Partition Algorithm)과 멀티캐스트전송을 위한 계층적 부호화

셀룰러 네트워크에서 멀티캐스트의 경우에는 기지국이 가입자중 최소 데이터 전송율을 그룹 전송율로 하여 패킷을 전송해야 한다. 이렇게 그룹 전송율로 멀티캐스트를 할 경우 몇몇 사용자는 자신이 원하는 것보다 더 낮은 품질의 서비스를 받을 수밖에 없다. 이것을 보상하기 위하여 그룹을 몇 개로 나누어 채널의 상태가 좋은 사용자들에게는 상대적으로 높은 전송율로 데이터를 보내주어야 한다. 여기서 최적의 분할은 2개 이고 두 분할된 그룹은 타임 슬롯에서 같은 비율을 가진다고 가정하자(오른쪽, 왼쪽). 이때 제안된 구조와 목록분할 알고리즘[참조: Rung-Hung Gau; Haas, Z.J.; Krishnamachari, B. "On multicast flow control for heterogeneous receivers" Networking, IEEE/ACM Transactions on, Volume: 10 Issue: 1, Feb. 2002 pp86-101] 을 이용하여 분할점을 찾는다. 이 알고리즘은 그룹 사용자의 전체 처리율을 최대화하는 최적의 분할방법을 제공한다. 목록분할 알고리즘의 주요 개념은 다음과 같다.

n: 멀티캐스트 그룹 내의 총수신기 갯수

w: 그룹의 갯수

$q_i$ : i번째 수신기까지의 채널 용량

$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ : 전체 수신기의 채널용량 목록

$Q_i$ : 그룹 i에 속한 수신기의 채널용량 목록

$|Q_i|$ :  $Q_i$ 의 cardinality

$\min(Q_i)$ :  $Q_i$ 의 원소(element) 중에서 최소값

여기서  $\{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ 는  $Q$ 의 원소이며 이 값들은 음이 아닌 실수들이다.

목록의 분할은 집합의 분할과 비슷하게 정의할 수 있다.  $w$ 차 목록 분할은 다음과 같이 표현된다.

주어진 목록  $Q$  와 자연수  $w$  에 대하여  $\sum_{i=1}^w \min(Q_i) \cdot |Q_i|$  를 최대화하는  $Q_1, Q_2, \dots, Q_w$  를 찾는 것이다.

예를 들면,  $Q=\{1, 2, 3, 4\}$ 이고  $w=2$  라고 하자. 먼저  $Q$ 의 분할이  $Q_1=\{1, 2\}$ ,  $Q_2=\{3, 4\}$ 라면 위 식의 값은  $1 \cdot 2 + 3 \cdot 2 = 8$  이다. 이번에는  $Q_1=\{1, 3\}$ ,  $Q_2=\{2, 4\}$ 라고 하면 위 식의 값은  $1 \cdot 2 + 2 \cdot 2 = 6$  이 된다. 그러므로 처리율에 최적화된 것은 첫 번째 분할이다.

위의 알고리즘에서 목록  $Q$ 를 각 사용자가 받을 수 있는 데이터 전송률이라고 하면 여기서 최적의 분할점을 찾을 수 있다. 시간에 따라 변화하는 데이터 전송율에 따라 최적 분할점을 바꿔주기 위하여 링 분할 알고리즘을 이용하여 매 프레임마다 주기적으로 분할점을 갱신한다. 더 높은 전송율로 데이터를 받을 수 있는 수신기는 그룹전송률을 두개로 나누어 높은 전송율로 받은 뒤 데이터를 버퍼에 저장해 놓음으로써 보상이 가능하다.

그러나 무선 환경에서 사용자가 왼쪽구역에서 오른쪽으로 이동하거나 또는 반대로 이동하는 경우, 버퍼에 저장한 양의 차이에 때문에 동기문제가 발생할 수 있다. 이러한 버퍼동기문제는 가입자에게 동일한 서비스를 제공함에 있어서 매우 중요한 문제이다. 즉, 서비스를 받는 모든 사용자들은 매 프레임 기간마다 같은 길이의 재생(playback) 데이터를 받아야만 하는데 두개의 다른 전송율로 서비스되는 멀티캐스트의 경우에는 동기문제를 피할 수 없다. 그래서 이러한 문제를 해결하기 위하여 계층적 부호화를 적용할 것이다[참조: George C. Polyzos, "Hierarchical Coding of Images and Continuous Media for Transmission over Packet-Switching Networks", UCSD Technical Report CS93-273 January 1993].

계층적인 부호화는 스트리밍 품질의 계층구조를 기반으로 한다. 가장 낮은 계층은 최저의 스트리밍 품질로 재생하기 위한 최소의 정보를 가고 가장 높은 계층은 품질을 높이기 위해 여러 다른 정보가 포함된다. 이때 스트리밍 품질의 차이는 있지만 적은 정보로 이루어진 패킷과 많은 정보로 이루어진 패킷을 받은 사용자들은 같은 내용을 볼 수 있다. 이 방법을 이용하여 채널 상태가 좋지 않아서 낮은 전송율 그룹에 속한 사용자들에게 적은 정보의 데이터를 전송하고 높은 전송율 그룹에 속한 사용자에게는 많은 정보의 데이터를 전송하면 버퍼에 저장된 데이터의 양은 다르지만 동일한 내용을 재생할 수 있기 때문에 버퍼 동기문제를 해결 할 수 있다. 하지만 오른쪽과 왼쪽에 소속된 사용자간의 스트리밍 품질 차이는 존재하게 된다.

그러나 기지국이 전송율을 두개로 나누고 계층적인 부호화를 이용한다고 해도 각기 다른 채널 환경에 속해있는 사용자들에게 QoS를 보장하는 것은 어려운 일이다. 그러므로 본 발명에서는 멀티캐스트와 MIU(Multicast In Unicast portion)를 함께 이용하여 QoS를 보장하는 방법을 고안하였다. 다음 장에서 이 방식을 소개한다.

### 3-3. MIM(Multicast In Multicast portion)과 MIU(Multicast In Unicast portion)

도8에서처럼 기지국은 멀티캐스트 패킷을 주기적으로 멀티캐스트 구간( $T_M$ )에서 전송한다. 여기서 브로드캐스트 구간은 100개의 슬롯으로 이루어져있으며 이것을 프레임이라고 하자. 모든 사용자는 한 프레임( $T_S$ )의  $T_M$  동안 패킷을 받는다. 특별히  $T_M$  동안의 멀티캐스트를 MIM(Multicast In Multicast portion)이라고 하고,  $T_U$  동안의 멀티캐스트를 MIU(Multicast In Unicast portion)이라고 하자. 그리고 모든 프레임에서 기지국의 전송율을 그룹 전송율이라고 하자. 그룹 전송율은 그룹의 가입자들이 받을 수 있는 전송률중 최소값을 뜻한다.

사용자가 받을 수 있는 전송율은 시간에 따라 연속적으로 변화한다. 그룹의 사용자중 한명의 채널상태가 나빠져서 전송율이 낮아졌다면 채널 상태가 좋은 다른 사용자들도 낮은 전송율로 데이터를 받게 된다. 따라서 나쁜 채널의 사용자는 전체 그룹구성원의 버퍼링된 데이터의 양이 감소를 유발하게 되고 이것은 사용자들의 QoS 측면에서 성능을 떨어뜨리게 되고 버퍼가 자주 고갈될 수 있다. 이제부터 멀티캐스트 분할과 MIU 방법을 적용시켜서 위의 문제를 해결하고자 한다.

### 3-4. MIU 서비스 모드 결정

기지국은 각 사용자가 받을 수 있는 전송율과 스트리밍률(streaming rate)에 대한 정보를 알고 있다. 이것을 이용하여 기지국은 패킷을 전송하기 전에 현재 프레임에서 어떤 사용자의 버퍼가 고갈될 것인지 알 수 있고, 이것을 통해 어느 사용자가 MIU 서비스를 필요로 하는지 결정한다. 이때 결정된 MIU 서비스 사용자는 현재 프레임에서만 유효하다.

그러나 우리의 목적은 현재 프레임뿐 만 아니라 다음번 프레임에서도 버퍼가 고갈되는 것을 막아 스트리밍 품질이 떨어지거나 스트리밍이 끊기는 것을 방지하는 것이므로 우리가 제안한 구조에는 다음 프레임에서 채널 상태를 포함시킨다.

MIU 서비스는 아래 표1(MIU 결정 매개변수를 설명하기 위한 표)에 나타난 항목들에 의해 결정된다.

**[표 1]**

$B_i(t)$	시간 $t$ 에서 사용자 $i$ 의 버퍼 사용량
$R_s$	사용자 측면에서의 스트리밍률
$R_{current}$	현재 프레임에서 받을 수 있는 그룹 전송률
$\alpha_L$	멀티캐스트의 왼쪽부분
$\alpha_R$	멀티캐스트의 오른쪽 부분
$E(R_{next})$	다음 프레임의 그룹 전송률 기대치
$U_i$	$i$ 번째 사용자의 MIU 서비스량

MIU 서비스는 현재 프레임이나 다음 프레임의 멀티캐스트 부분에서 버퍼가 고갈될 가능성이 있는 경우 수행된다. 그러므로 결정점(decision point)은 다음과 같이 결정된다.

$$B_i(t+T_M)=[B_i(t)+R_{current}T_M\alpha_L-R_S T_M]$$

$$U_i=B_i(t+T_M)-T_U R_S+E(R_{next})T_M\alpha_L-T_M R_S<0$$

다음 절에서는  $E(R_{next})$ 를 얻기 위한 모델에 대하여 다루기로 하겠다.

### 3-5. 채널 추정을 위한 마코프(Markov) 모델링

앞 절의 수식16에 포함된  $E(R_{next})$ 를 구하기 위해서는 채널의 상태를 추정할 수 있어야 한다. 다음 프레임의 채널 추정을 위하여 11개 상태(state)를 갖는 마코프 모델을 이용하였다. 관련모델과 매개변수는 도9와 표2~4에 나와 있다[참조: Paul Bender, Petet Black, Matthew Grob, Robert Padovani, Nagabhushana Sindushayana, and Andrew Viterbi, "CDMA/HDR: A Bandwidth -Efficient High-Speed Wireless Data Service for Nomadic Users", IEEE Communications Magazine, July 2000, pp.70-77]. 표2는 HDR 시스템에서 지원되는 전송율을 나타내고, 표3은 상태 천이율을 나타내고, 표4는 각 상태에 있을 확률을 나타낸다.

**[표 2]**

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
Rate (Kbps)	38.4	76.8	102.6	153.6	204.8	307.2	614.4	921.6	1228.8	1843.2	2457.6

[표 3]

	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_6$	$\lambda_7$	$\lambda_8$	$\lambda_9$	$\lambda_{10}$
Rate	0.995	0.99	0.02	0.99	0.40	0.75	0.005	0.99	0.08	0.10
	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$	$\mu_5$	$\mu_6$	$\mu_7$	$\mu_8$	$\mu_9$	$\mu_{10}$
Rate	0.01	0.25	0.01	0.53	0.25	0.995	0.01	0.74	0.20	1.0

[표 4]

	$\pi_1$	$\pi_2$	$\pi_3$	$\pi_4$	$\pi_5$	$\pi_6$	$\pi_7$	$\pi_8$	$\pi_9$	$\pi_{10}$	$\pi_{11}$
Prob.	0.001	0.01	0.04	0.08	0.15	0.25	0.18	0.094	0.13	0.06	0.005

현재 프레임에서 각 사용자의 상태 분포는 다음과 같다고 가정하자.

$$\{R_k, R_{k+1}, \dots, R_{th}\} \quad \{R_{th+1}, R_{th+2}, \dots\}$$

다음의 표5는 앞으로 이용할 변수에 대한 설명, 즉 모델 매개변수에 대한 설명을 하고 있다.

[표 5]

$NL_{min}$	왼쪽부분에서 최소의 전송율로 서비스 받는 사용자의 수
$NL_{min+1}$	왼쪽부분에서 (최소 전송율 + 한개 상태(one state)) 인 사용자수
$NR_{min}$	왼쪽부분에서 최소의 전송율로 서비스 받는 사용자의 수
$NR_{min+1}$	왼쪽부분에서 (최소 전송율 + 한개 상태(one state)) 인 사용자수
$\lambda_k, \mu_k$	상태 천이율
$R_k$	k번째 상태에서 받을 수 있는 전송율
$\pi_k$	사용자가 k번째 상태에 있을 확률
$\alpha_i$	특정 슬롯에서 비율

사용자들 중에서 R번째( $R_{th}$ ) 전송율까지는 왼쪽부분에 위치하게 되고,  $R_{th+1}$  부터는 오른쪽에 속하게 된다. 만약 i번째 사용자가 현재 프레임에서 왼쪽 혹은 오른쪽에 위치하고 있었다면 다음 프레임의 그룹 전송율은 다음과 같이 정리될 수 있다.

1) i번째 사용자가 현재 프레임에서 왼쪽에 속해있는 경우

① 다음 프레임에서 그룹 전송율이  $R_k$  일 확률

$$P_k = \left\{1 - \left(\frac{NL_{min}}{NL_{min+1}}\right) (1 - \pi_k)^{NL_{min}}\right\} + \left(\frac{NL_{min}}{NL_{min+1}}\right) P_k^{NL_{min}}$$

$$\times \left\{1 - \left(\frac{NL_{min+1}}{NL_{min+1+1}}\right) \cdot (1 - q_k)^{NL_{min+1}}\right\}$$

② 다음 프레임에서 그룹 전송율이  $R_{k+1}$  일 확률

$$P_{k+1} = \binom{NL_{\min}}{NL_{\min}} P_k^{NR_{\min}} \times \binom{NL_{\min}}{NL_{\min}} (1 - q_{k-1})^{NR_{\min}+1}$$

③ 다음 프레임에서 그룹 전송율이  $R_{k-1}$  일 확률

$$P_{k-1} = 1 - \binom{NL_{\min}}{NL_{\min}} \cdot (1 - q_{k-1})^{NR_{\min}}$$

④ 다음 프레임에서 그룹 전송율이  $R_{th-1}$  일 확률

$$P_{th+1} = 1 - \binom{NL_{\max}}{NL_{\max}} (1 - p_{th})^{NR_{\max}}$$

2. i번째 사용자가 현재 프레임에서 오른쪽에 속해있는 경우

① 다음 프레임에서 그룹 전송율이  $R_{th+2}$  일 확률

$$P_{th+2} = \binom{NR_{\min}}{NR_{\min}} (p_{th})^{NR_{\min}} \times \binom{NL_{\max}}{NL_{\max}} (1 - p_{th})^{NR_{\max}} \\ \times \binom{NR_{\min}+1}{NR_{\min}+1} (1 - q_{th+1})^{NR_{\min}+1}$$

② 다음 프레임에서 그룹 전송율이  $R_{th+1}$  일 확률

$$P_{th+1} = \{1 - \binom{NR_{\min}}{NR_{\min}} (1 - \pi_{th+1})^{NR_{\min}}\} \\ + \binom{NR_{\min}}{NR_{\min}} (p_{th+1})^{NR_{\min}} \left[ \{1 - \binom{NR_{\min}+1}{NR_{\min}+1} (1 - q_{th+1})^{NR_{\min}+1}\} \right. \\ \left. + \{1 - \binom{NL_{\max}}{NL_{\max}} (1 - p_{th})^{NR_{\max}}\} \right] \\ + \binom{NR_{\min}}{NR_{\min}} (q_{th})^{NR_{\min}} \\ \times \left[ \{1 - \binom{NR_{\min}+1}{NR_{\min}+1} (1 - q_{th+1})^{NR_{\min}+1}\} + \{1 - \binom{NL_{\max}}{NL_{\max}} (1 - p_{th})^{NR_{\max}}\} \right]$$

③ 다음 프레임에서 그룹 전송율이  $R_{th}$  일 확률

$$P_{th} = 1 - \binom{NR_{\min}}{NR_{\min}} (1 - q_{th})^{NR_{\min}}$$



그러므로 다음 프레임에서 그룹 전송율의 평균값은 다음과 같이 표현된다.

1. i번째 사용자가 현재 프레임에서 왼쪽에 속해있는 경우

$$E(R_{next}) = P_k \cdot R_k + P_{k+1} \cdot R_{k+1} + P_{k-1} \cdot R_{k-1} + P_{tk+1} \cdot R_{tk+1}$$

2. i번째 사용자가 현재 프레임에서 오른쪽에 속해있는 경우

$$E(R_{next}) = P_{tk+2} \cdot R_{tk+2} + P_{tk+1} \cdot R_{tk+1} + P_{tk} \cdot R_{tk}$$

여기까지 식(16)의  $E(R_{next})$ 를 식(17)~(24)를 통해 구하였다. 만약 N명의 사용자가 현재 프레임에서 MIU 서비스를 받고 있으며 오름차순으로 정렬되어있다고 가정하면 i번째 사용자가 받은 데이터의 양은 다음 식(26)으로 표현된다.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{i-1} r_j \alpha_j T_v$$

where  $\sum_{j=1}^n \alpha_j \leq 1.$

위 식에 따르면, MIU 서비스가 특정 사용자에게 제공되어도 서비스를 받는 대상 사용자의 전송율보다 더 높은 전송율을 가지는 사용자도 역시 동일한 데이터를 받을 수 있다. 이 결과는 무선 전송에서 방송의 특성에서 기인한다.  $\alpha_j$ 는 i번째 사용자가 프레임에서 어느 타임 슬롯을 이용할지를 결정하는 비율이다. 서비스를 받고 있는 전체 사용자가 평균적으로 버퍼가 고갈되는 기간을 최소화하기 위해서는 다음과 같은 조건이 필요하다.

$$\text{Maximize } \sum_{i=1}^N U_i + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{i-1} r_j \alpha_j T_v$$

where  $\sum_{j=1}^N \alpha_j \leq 1$

이 결과를 잘 살펴보면,  $\alpha_j$ 를 잘 설계하면 스트리밍 품질을 향상시킬 수 있을 것이라 생각된다. 이것에 대한 논의는 시뮬레이션을 통해서 논의해 보겠다.

#### 4. 동기 MIM/MIU 프로토콜

이번 장에서는 버퍼 동기 문제에 대하여 다루기로 하겠다. 수정된 프로토콜은 계층적 부호화를 적용하지 않았다.

##### 4-1. 수정된 프로토콜의 개요

도10은 MIU 서비스 슬롯이 우선순위 MIU( $T_{PU}$ )와 공유 MIU( $T_{SU}$ )로 나뉜 것을 보여준다. 우선순위 MIU( $T_{PU}$ )는 새로이 추가된 것이다.  $T_{PU}$ 의 역할은 왼쪽부분과 오른쪽 부분을 넘나들 경우 발생 할 수 있는 버퍼동기문제를 해결하는 것이다. 우선순위 MIU는 사용자가 버퍼 동기문제가 발생하였을 경우 할당된다. 그 외의 경우에는 공유 MIU와 합쳐진다. 다음은 수정된 프로토콜에 대한 자세한 설명이다.

상황 1. 사용자가 왼쪽부분에서 오른쪽으로 이동할 경우

도11은 각 부분에 있는 사용자가 버퍼링 하고 있는 양을 보여주고 있다. 다음은 상황 1의 경우의 동작하는 방식이다.

(1) 왼쪽에서 오른쪽으로 이동한 사용자가 버퍼링한 양.

(2) 원래 오른쪽에 속해있던 사용자가 버퍼링한 양.

(3) 왼쪽에 있던 사용자는 버퍼링한 양이 모자라므로 우선순위 MIU를 할당받아서 추가적인 서비스를 받는다.

(4) 자원이 한정되어 우선순위 MIU 로도 모자란 양이 채워지지 않으면, (1)번 사용자는 버퍼 고갈을 겪게 된다.

## 상황 2. 사용자가 오른쪽부분에서 왼쪽으로 이동할 경우

도12는 각 부분에 있는 사용자가 버퍼링하고 있는 양을 보여주고 있다. 다음은 상황 2의 경우에 동작하는 방식이다.

(1) 왼쪽에서 오른쪽으로 이동한 사용자가 버퍼링한 양.

(2) 원래 오른쪽에 속해있던 사용자가 버퍼링한 양.

(3) (2)번 사용자는 이동한 왼쪽의 사용자들과 동기가 맞을 때까지 서비스를 받지 못한다.

(4) 만약 프레임이 끝날 때 까지 (1)번의 사용자들과 (2)번 사용자의 동기가 맞지 않았다면, (2)번의 남은 데이터는 버려진다.

위에서 제시된 우선순위 MIU 방법으로 버퍼 동기 문제는 해결할 수 있다. 그러나 이 방법은 추가적인 자원이 필요하므로 자원을 효율적으로 이용하지 못하는 문제가 있을 수 있다.

## 5. 모의실험 결과 및 분석

### 5-1. 모의실험 시나리오와 가정

이 모의 실험은 제안된 알고리즘을 적용한 HDR 시스템의 성능을 평가하기 위하여 수행되었다. 모의실험 도구는 네트워크 실험에 많이 사용되는 NS2(Network Simulator ver.2)를 사용하였다[참조: NS-2 웹사이트: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>]. 모의실험에 대한 시나리오는 도13과 같다.

기지국은 M 명의 사용자에게 실시간 방송을 서비스한다. 서비스공급자는 기지국으로 CBR(Constant bit rate)로 전송하고 기지국은 이것을 가입자에게 두개의 그룹 전송율로 변환하여 전송한다. 도14는 이 모의실험에서 가정한 것을 정리한 것이다.

### 5-2. 관련 NS-2 모듈

이 절에서는 컴퓨터 모의실험을 위한 NS-2 모듈과 알고리즘에 대해서 설명하고자 한다. 도15의 흐름도는 모의실험의 흐름을 보여준다.

우선 모의실험은 매 프레임을 기준으로 이루어진다. 즉 각 서비스 모드(왼쪽부분, 오른쪽부분, MIM, MIU)에 따른 버퍼의 양을 매 프레임마다 계산하게 된다.

각 가입자는 DRC를 통해 기지국에게 자신의 채널 상황을 알려주고 기지국은 이 정보를 이용하여 멀티캐스트 분할점을 찾는다. 최적의 분할점을 찾기 위하여 목록 분할 알고리즘[참조: *Rung-Hung Gau; Haas, Z.J.; Krishnamachari, B. "On multicast flow control for heterogeneous receivers" Networking, IEEE/ACM Transactions on, Volume: 10 Issue: 1, Feb. 2002 pp: 86-101*]을 이용한다. 그리고 다음으로 기지국은 MIU 서비스가 필요한 사용자를 골라내게 되는데 이때 채널 예측 결과를 이용할 수도 있고 이용하지 않을 수도 있다. 마지막으로 최적의 분할을 통해 결정된 그룹 전송율과 MIU 서비스를 통하여 버퍼의 양을 계산한다. 그리고 다시 새로운 프레임이 시작된다.

### 5-3. 제안된 프로토콜의 모의실험

#### 5-3-1. 프레임 내 멀티캐스트 비율에 따른 버퍼고갈기간(buffer starvation duration)

첫 번째로 40명의 사용자가 MIM 서비스만을 사용하는 모의실험을 수행하였다. 도16에서 보여지듯이 멀티캐스트의 비율이 늘어날수록 버퍼고갈기간은 줄어든다. 그리고 멀티캐스트의 비율이 45%를 넘으면 버퍼고갈기간은 6% 이하로 떨어진다. 이 모의실험은 MIM 서비스만으로는 스트리밍 QoS 를 보장 할 수 없음을 보여준다.

### 5-3-2. 분할방식에 따른 성능비교

이 모의실험에서는 고정분할방식(fixed partition mode)과 유동분할방식(movable partition mode)을 비교하였다(도17). 고정분할방식의 경우 오른쪽의 그룹 전송율은 614.4Kbps로 고정되고 유동분할방식의 경우에는 앞에서 언급한 목록 분할 알고리즘을 통해 결정된다. 모의실험결과는 사용자의 수가 늘어나면 두 방식의 차이가 거의 없음을 보여준다. 이것은 다음의 두 가지 이유에서 기인한 것이라 생각된다.

첫째로 모든 사용자가 채널 상태가 나빠지면 왼쪽 분할 그룹에 속할 가능성을 가지고 있다. 그러므로 유동분할에 따른 오른쪽 그룹 전송율의 변화는 오른쪽에 속한 사용자의 버퍼량 감소에 영향을 주지 못한다.

두 번째 이유는 서비스를 이용하는 사용자가 많아지면 목록 분할 알고리즘을 이용한 최적 분할점이 614.4Kbps 로 같아지기 때문이다. 이것은 각 사용자의 채널 분포가 평균이 307.2Kbps 또는 614.4Kbps 인 가우시안 분포를 이루기 때문이다.

### 5-3-3. MIM 서비스와 MIU 서비스

MIM 서비스만을 사용하였을 때와 MIM 서비스와 MIU 서비스를 함께 사용하였을 때의 공정한 성능비교를 위하여 동일한 양의 슬롯을 할당하였다(45%). MIU 서비스는 앞에서 언급한 채널 추정 방식을 이용하지 않았다. 도18은 두 방식을 동시에 사용하였을 때 성능이 3~4% 상승하는 것을 보여준다.

MIM에서 두개의 그룹 전송율로 서비스되기 때문에 평균 버퍼고갈기간은 크게 증가하지 않는다. 그러나 MIU 서비스는 그룹 전송율에 상관없이 특정한 사용자에게 멀티캐스트 데이터는 보내주므로 스트리밍의 품질 측면에서는 성능이 크게 증가할 것이라 예상된다. 멀티캐스트의 특성 때문에 전체 사용자의 수는 평균 버퍼고갈기간에 영향을 주지 않는다. 이 결과로부터 우리는 MIM과 MIU 서비스를 같이 이용하면 같은 자원으로 더 높은 스트리밍 품질을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.

### 5-3-4. MIU 서비스에서 여러 가지 $\alpha_j$ 값에 따른 성능비교

#### (1) 공정 할당 (Fair allocation)

$$\alpha_j = \frac{1}{\text{MIU 서비스 이용자수}}$$

공정할당은 MIU 서비스를 이용하는 사용자들이 MIU 슬롯을 똑같이 나눠쓰는 것이다. 이때 사용자의 버퍼양이나 채널 상황은 고려하지 않는다.

#### (2) 가중치 할당(weight allocation)

$$\alpha_j = \frac{U_i}{\sum_{j=1}^N U_j}$$

슬롯의 분포는  $U_j$  값에 의하여 결정된다. 큰  $U_j$  값을 가지는 사용자는 MIU 할당될 기회가 더욱 늘어나게 된다. 그러므로 버퍼의 양이 상대적으로 부족한 사용자는 더 많은 MIU 서비스를 받게 된다. 도19를 보면 세 가지 방식 중에서 가중치 할당이 가장 좋은 성능을 나타내는 것을 알 수 있다. 그러나 자원이 한정되어 있으므로 커다란 성능의 향상은 보여주지 못했다 (1% 미만).

#### (3) 특별 할당(Specific allocation)

$$\alpha_j = \arg\text{Min}\{U_1, U_2, U_3, \dots, U_N\}$$

이 방식에서는 기지국이  $U_j$  가 가장 작은 사용자를 선택하여 MIU 서비스를 제공한다. 이렇게 하면 버퍼의 양이 가장 작은 사용자에게 MIU 서비스를 이용하여 버퍼의 양을 보상해 줄 수 있다. 그러나 평균 버퍼고갈기간은 선택된 사용자의 DRC에 지배적인 영향을 받는다. 사용자의 채널이 상대적으로 좋으면 몇몇 사용자는 패킷을 받지 못하여 버퍼고갈상태에 빠질 수 있다. 도19를 보면 특별 할당방식도 다른 것에 비해 나쁘지 않은 성능을 보여주는 것을 알 수 있다.

### 5-3-5. 채널추정

마크프 모델링을 이용하여 추정된 다음 프레임의 채널 상태 정보는 기지국이 현재 프레임에서 어느 사용자에게 MIU 서비스를 제공해야하는지 결정하는데 이용된다. 이러한 과정을 통해 채널 상태가 나쁜 사용자들이 계속적인 버퍼고갈에 빠지지 않게 해준다.

도20을 보면 채널 추정과 MIU 서비스를 동시에 이용한 경우 MIM/MIU 서비스만을 이용한 경우보다 약 1.5% 정도 성능이 향상됨을 알 수 있다. MIM 서비스만을 사용하는 경우와 비교하면 버퍼고갈기간이 절반으로 감소하는 것을 알 수 있다.

### 5-4. 동기 MIM/MIU 모의실험

#### 5-4-1. 서비스 비율에 따른 버퍼고갈기간

이번에는 MIM과 우선순위 MIU 의 비율에 따른 버퍼고갈 기간의 변화를 보겠다. 도21에서 비율은 기지국이 서비스 할 수 있는 최대값이다.

MIM 비율의 증가는 왼쪽과 오른쪽에 속한 사용자간 차이를 증가시키므로 우선순위 MIU를 사용하여 버퍼동기를 맞춰줄 수 있다. 하지만 적절한 MIM비율 미만이 되면 전체적인 처리율을 저하시킬 수 있다 모의실험을 통해 MIM 과 MIU 가 각각 30%, 20% 일 때 시스템의 성능이 최고가 되는 것을 알 수 있었다.

#### 5-4-2. 우선순위 MIU 의 비율에 따른 버퍼고갈기간 변화

이번에는 MIM 의 비율을 30%로 고정하고 우선순위 MIU 의 비율을 변화시켜가며 수행하였다. MIU 비율이 증가하면 불완전한 버퍼동기 때문에 버퍼고갈을 겪는 문제를 막을 수 있다. 도22는 우선순위 MIU 의 비율이 20% 이상이 되면 성능이 크게 증가하는 것을 보여준다. 이 결과는 적절하게 우선순위 MIU의 비율을 정하면 스트리밍 QoS 와 자원의 효율적인 이용을 동시에 얻을 수 있음을 보여준다.

### 발명의 효과

본 연구는 CDMA 1x EV-DO 시스템에서 새로운 멀티캐스트 프로토콜을 제안하였다. 그리고 시뮬레이션과 수식적인 분석을 통하여 제안된 프로토콜이 특별히 멀티캐스트와 스트리밍을 이용하는 실시간 방송에 적합함을 보였다. CDMA 1x EV-DO 시스템에서의 Broadcast / Multicast 방법은 공용 링크 상에서 같은 정보를 받고자 하는 여러 사용자들에게 멀티캐스트 방식을 응용하여 서비스해주기 때문에 전송 자원을 절약할 수 있을 뿐 아니라 사용자가 부담해야 할 이용료 측면에서도 유용한 기술이다. 특히 동영상 및 비디오 관련 콘텐츠들은 서비스 공급자에서부터 사용자까지 보통 스트리밍 기술을 통하여 구현된다. 그렇기 때문에, 여러 사용자들이 불편을 최소화 할 수 있는 일정 수준이 스트리밍 QoS를 보장해 주기 위해서는, 각 사용자 단에서의 버퍼양을 관리하는 메카니즘이 매우 중요하고 필수적이라고 할 수 있다. 특히, 무선 환경에서는 사용자들이 받을 수 있는 데이터율이 서로 다르고 시간에 따라서 변하기 때문에 Multicast Traffic 이 안정적으로 사용자들에게 공급되는 것이 매우 어렵다. 그래서 본 연구는 무선 환경에서 Broadcast / Multicast 방식의 주기적으로 Multicast traffic을 전송하는 방식에 기초하여 남은 전송자원에 해당하는 Unicast 부분에서도 각 사용자들이 버퍼 상황에 따라 서비스 해줄 수 있는 MIU (Multicast In Unicast portion)방법을 접목시켜서 새로운 전송 프로토콜을 제시하였다. 이러한 방법의 목표는 각 사용자에게 공급되는 데이터양을 극대화 시키고 버퍼 고갈 시간을 최소화하는 것이다. 그렇게 되면 각 사용자들에게 일정 수준의 스트리밍 품질을 보장해 줄 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

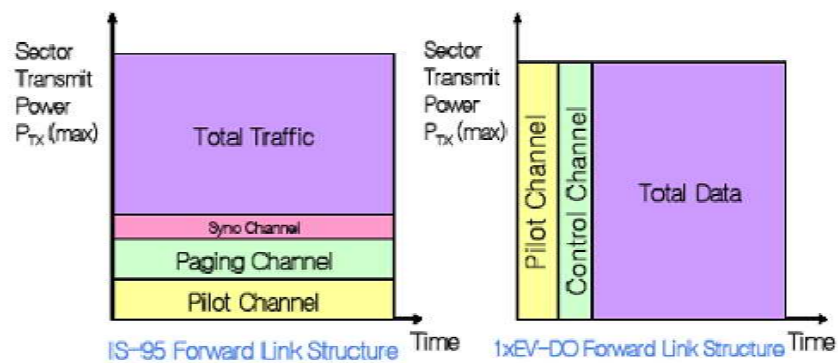
- 도1 CDMA 1x 와 EV-DO 의 비교
- 도2 IS-95 순방향 링크와 1x EV-DO순방향 링크 구조 비교
- 도3 기지국 전송도
- 도4 HDR의 데이터율(a) 및 신호대 잡음비(b)
- 도5 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 구조
- 도6 브로드캐스트 / 멀티캐스트 서비스 전달 경로 규약 스택의 예
- 도7 제안된 BCMCS 프레임 구조
- 도8 브로드캐스트 / 멀티캐스트 시스템의 프레임 구조
- 도9 HDR 시스템의 상태 천이도
- 도10 동기 브로드캐스트 / 멀티캐스트 시스템의 프레임 구조
- 도11 우선순위 MIU의 사용 (L->R)
- 도12 우선순위 MIU의 사용 (R->L)
- 도13 시뮬레이션 시나리오
- 도14 모의실험 매개변수
- 도15 모의실험 흐름도
- 도16 멀티캐스트 비율에 따른 버퍼고갈기간
- 도17 분할방식에 따른 버퍼고갈기간의 비교
- 도18 MIM 과 MIU 서비스 효과
- 도19 할당방식에 따른 버퍼고갈기간
- 도20 채널추정 효과
- 도21 서비스 비율에 따른 버퍼고갈기간
- 도22 우선순위 MIU의 비율에 따른 버퍼고갈기간

도면

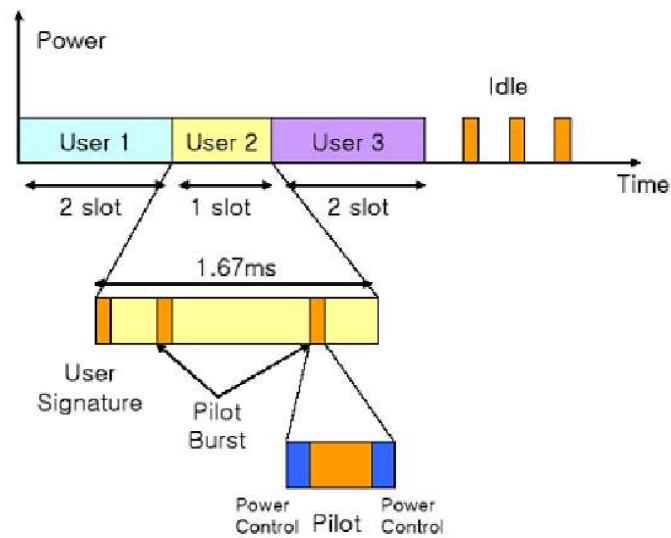
도면1

Comparison	CDMA2000 1x	EV-DO
Maximum Data Rate	153.6 kbps	2.4 Mbps
Average Data Rate	144 kbps	621 kbps
Type of Traffic	Voice and Data	Data
Backward Compatibility	Support	RF Support Only
Handoff	IS-95 A/B	Not Support

도면2



도면3



도면4

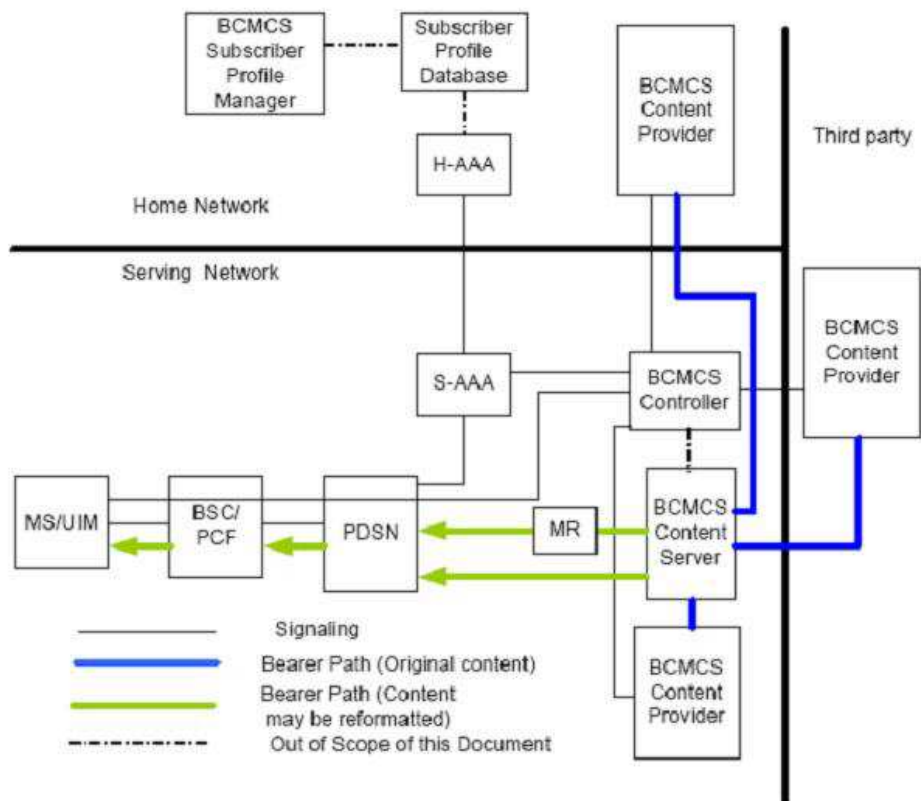
Data Rate(kbps)	Bits per Encoder Packets(bits)	Modulation Type	Code Rate	Encoder Packet Duration(ms)	Number of Slots
38.4	1024	QPSK	1/5	26.67	16
76.8	1024	QPSK	1/5	13.33	8
153.6	1024	QPSK	1/5	6.67	4
307.2	1024	QPSK	1/5	3.33	2
307.2	2048	QPSK	1/3	6.67	4
614.4	1024	QPSK	1/3	1.67	1
614.4	2048	QPSK	1/3	3.33	2
921.6	3072	8-PSK	1/3	3.33	2
1228.8	2048	QPSK	1/3	1.67	1
1228.8	4096	16-QAM	1/3	3.33	2
1843.2	3072	8-PSK	1/3	1.67	1
2457.6	4096	16-QAM	1/3	1.67	1

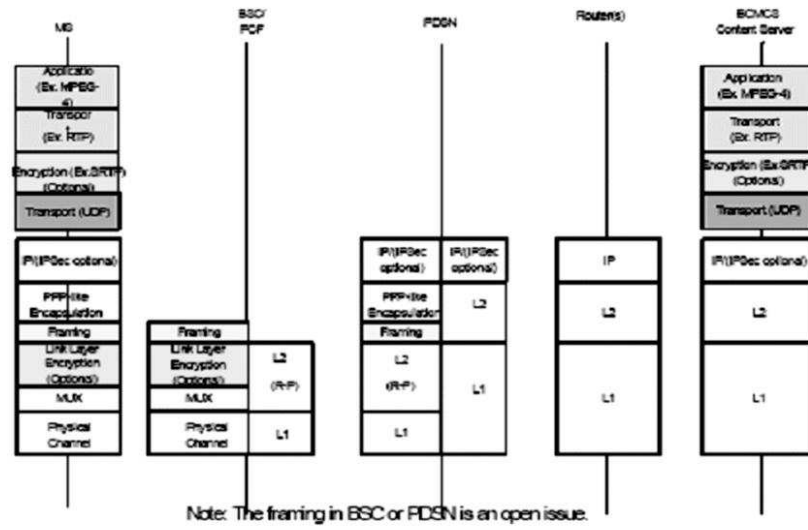
Data Rate [kbps]	C/I [db]
76.8	-9.5
102.4	-8.5
153.6	-6.5
204.8	-5.7
307.2	-4
614.4	-1
921.6	1.3
1228.8	3
1843.2	7.2
2457.6	9.5

(a) (b)

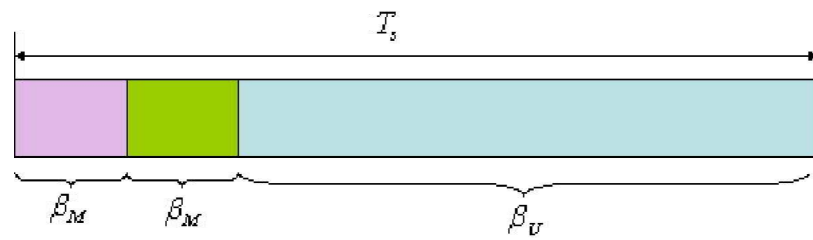
도면5



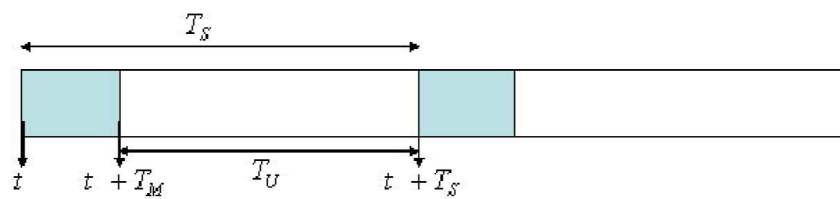
도면6



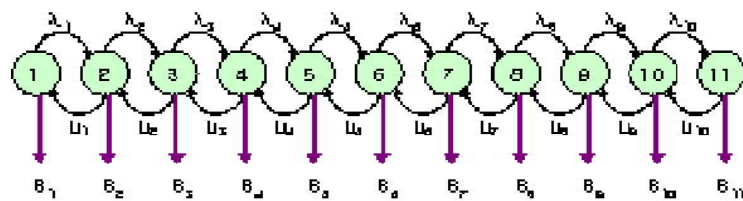
도면7



도면8

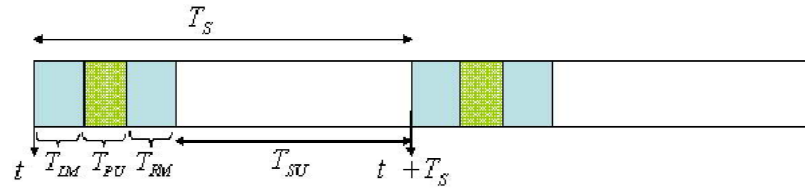


도면9

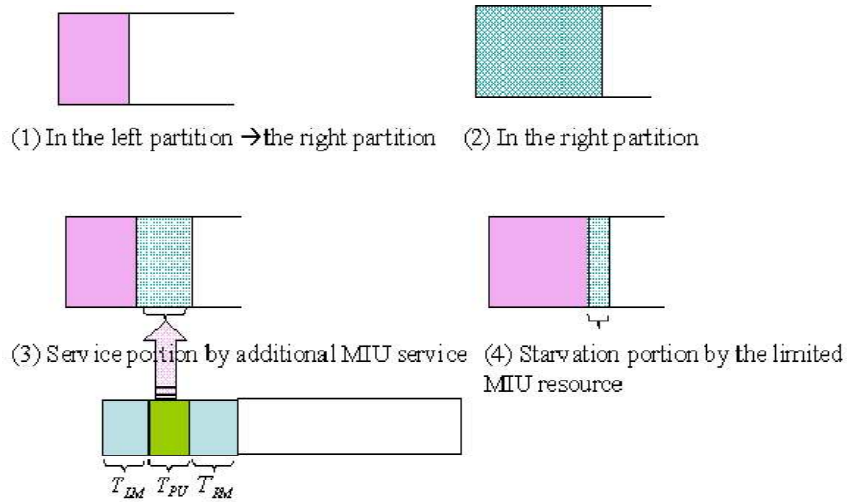




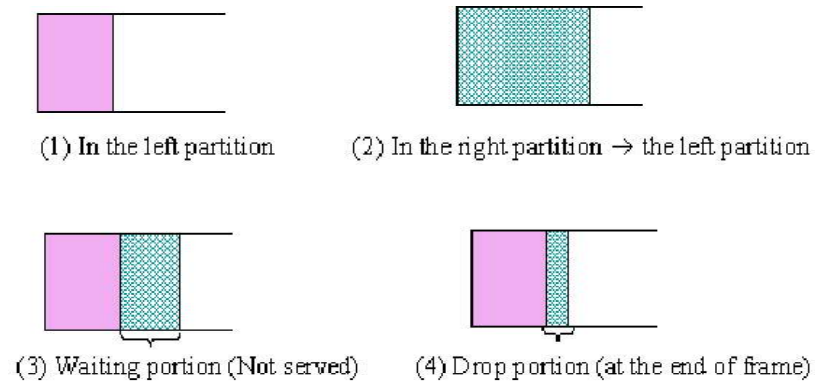
도면10



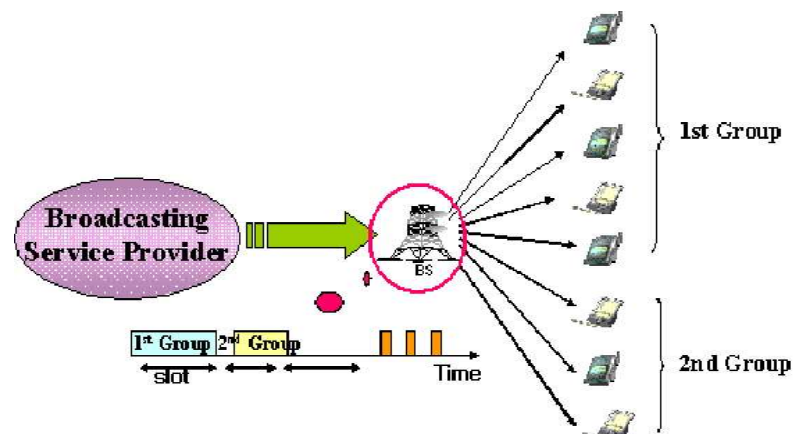
도면11



도면12



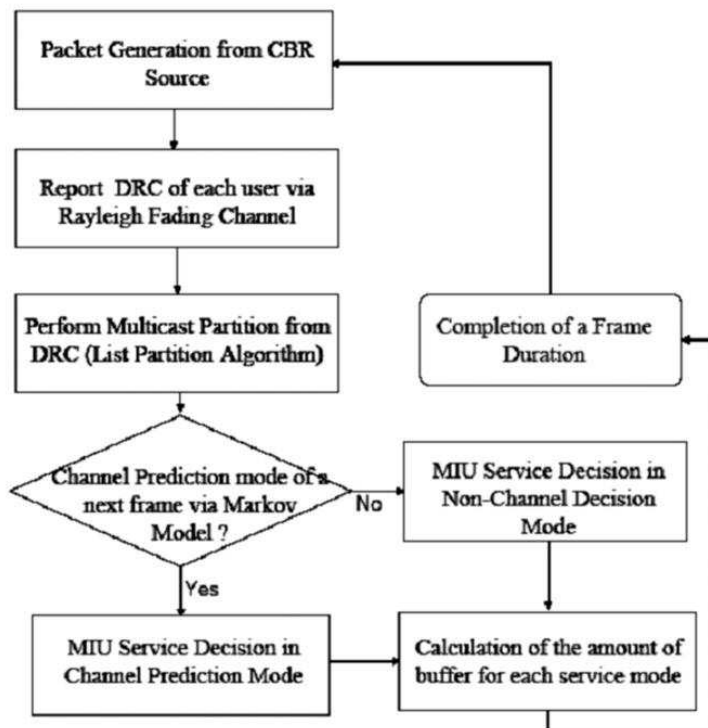
도면13



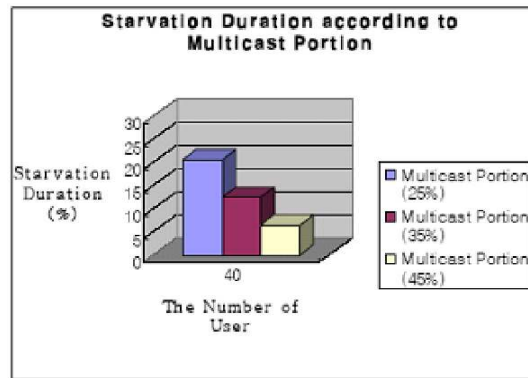
도면14

<i>Simulator</i>	<i>NS(Network Simulator)2</i>
<i>Packet Size</i>	<i>1024 bit</i>
<i>Streaming rate</i>	<i>100kbps</i>
<i>Broadcasting duration</i>	<i>100 slots (1 slot =1.67ms)</i>
<i>Multicast Portion</i>	<i>30% (default)</i>
<i>Wireless Channel</i>	<i>Rayleigh Fading</i>
<i>Packet loss</i>	<i>None (Using FEC)</i>
<i>Start up delay</i>	<i>650 ms (average)</i>
<i>HDR support rate</i>	<i>11 levels (Fully support)</i>
<i>Streaming Source</i>	<i>Random CBR (NS2 support)</i>
<i>Queue between Source and BS</i>	<i>DropTail (First Come First Serve)</i>
<i>Simulation Time</i>	<i>1000 seconds</i>

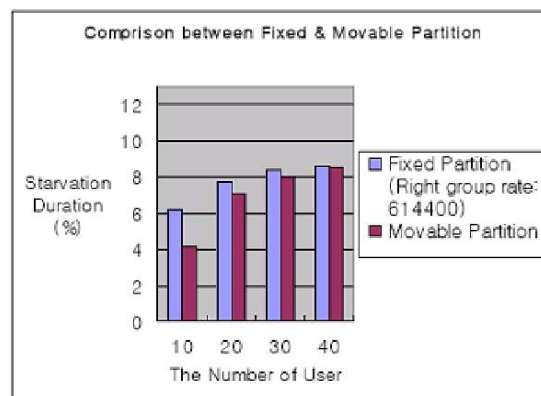
도면15



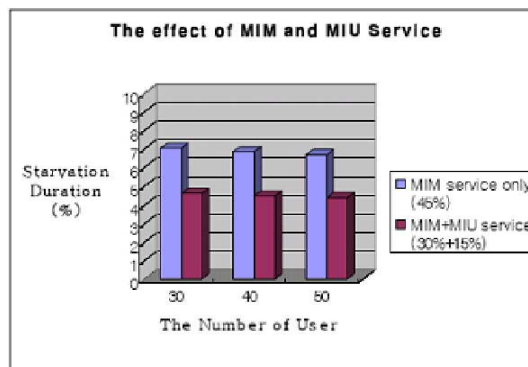
도면16



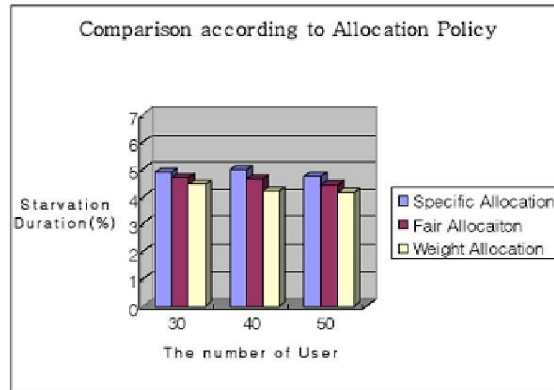
도면17



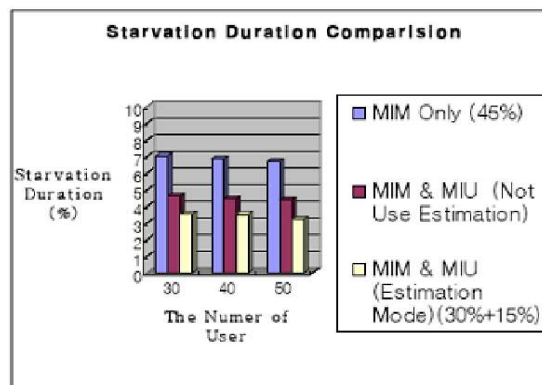
도면18



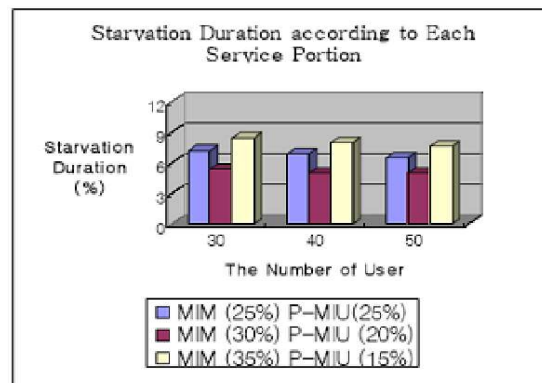
도면19



도면20



도면21



도면22

