

mRMCP : 이동 환경에서 확장성 있는 그룹 통신 서비스를 위한 오버레이 멀티캐스트 기법*

오준석^o 이지현 박현규 임경식[†]

경북대학교 전자전기컴퓨터학부

{jsoh^o, hyuny, hgpark}@ccmc.knu.ac.kr, kslim@knu.ac.kr

mRMCP : An Scalable Overlay Multicast Protocol over Mobile Environments

Junseok Oh^o Jihyun Lee Hyungyu Park Kyungshik Lim[†]

Dept. of Computer Science, Kyungpook National University

요 약

오버레이 멀티캐스트는 응용 계층을 기반으로 멀티캐스트 트리를 구성함으로써 서비스 보급을 위한 비용 소모를 최소화하고 확장성 있는 일대다 통신 구조를 지원한다. 그러나 이를 이동망에 적용하기 위해서는 이동성 지원 메커니즘과 패킷 손실 및 패킷 중복 수신 방지 기능을 함께 지원하는 오버레이 멀티캐스트 기법이 요구된다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 오버레이 멀티캐스트 기법인 mRMCP를 제안한다. 이 기법은 응용 계층 기반의 Advertisement 기능을 이용하여 하위계층의 지원 없이 단말의 이동성을 지원한다. 또한 중계기와 단말 간 데이터 전송 시 독립적인 멀티캐스트 채널을 활용함으로써 패킷 중복 수신을 최소화한다. 이와 같은 기능을 통해 mRMCP는 이동 환경에서 확장성 있는 멀티캐스트 서비스를 제공한다.

1. 서 론

무선망 기술의 발전과 단말의 성능 향상에 따라 이동 환경에서 다자간 화상 회의나 네트워크 게임과 같은 일대다 전송 기반의 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 서비스를 지원하기 위한 대표적인 그룹 통신 기술인 오버레이 멀티캐스트는 단말이 응용 계층의 멀티캐스트 트리를 구성함으로써 라우터의 멀티캐스트 지원 없이 그룹 통신을 지원할 수 있다[1,2]. 하지만 기존의 오버레이 멀티캐스트는 단말의 이동성을 고려하지 않고 설계되었기 때문에 이를 이동망에 적용하기 위해서는 모바일 IP와 같은 이동성 지원 메커니즘이 필요하다. 그러나 모바일 IP의 이동성 지원은 망의 보급 문제 및 전송 경로 최적화 문제로 인해 오버레이 멀티캐스트에 적용이 어렵다. 따라서 이동망에서 확장성 있는 이동성 지원 기능과 응용 계층 기반의 일대다 전송 기능을 모두 지원할 수 있는 오버레이 멀티캐스트 기법이 요구된다.

이러한 요구에 따라 이동 환경에 적합한 오버레이 멀티캐스트 기법에 대한 다양한 연구가 진행되었다. 이들은 크게 이동망에서 트리 재가입을 통해 전송 경로를 최적화 하는 기법과 단말의 이동에 따른 트리 재구성 비용을 최소화하는 기법으로 분류할 수 있다.

먼저 DM-tunneling과 IGM 기법은 단말이 모바일 IP 기반의 이동 감지를 통해 망 내에 배치한 멀티캐스트 중계기에 가입하여 지속적으로 멀티캐스트 서비스를 유지하는 기법이다[3,4]. 그러나 이 기법은 모바일 IP에 의존적으로 단말 이동성을 지원하기 때문에 모바일 IP 보급을 위한 비용 증가 문제와 전송 경로 최적화 문제를 해결하지 못한다. 이와 같은 기법에 비해 Mode-m과 ALM-DN 기법은 단말 이동에 따른 트리 재구성 비용을 최소화하기 위해 멀티캐스트 트리를 계층화하는 메커니즘을 활용한다[5,6]. 그러나 이 기법들은 이동 단말을 트리의 최하위 노드로 배치하기 위해 이동 단말이 트리를 주기적으로 이탈해야 하므로 패킷 손실이 증가하는 단점이 있다.

본 논문에서는 이와 같은 패킷 손실 및 패킷 중복 전송 문제, 그리고 모바일 IP의 적용성 문제를 해결하기 위한 mRMCP를 제안한다. 제안된 기법은 이동성 지원을 위해 다음의 메커니즘을 활용한다. 우선 응용 계층 기반의 광고 메시지 및 트리 가입 메시지를 통해 하위 계층의 지원 없이 이동 감지 및 트리 가입을 수행한다. 그리고 각 셀마다 고유한 IP 멀티캐스트 주소를 할당하여 데이터 수신 및 트리 가입을 수행함으로써 패킷 중복 수신을 방지한다.

2장에서는 위에서 제시한 mRMCP의 이동성 지원 메커니즘에 대해 상세히 기술하고 3장에서는 멀티미디어 서비스 제공 시의 사용자 이동성 지원을 위해 시나리오를 통하여 제안된 기법을 검증한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 맺고 향후 연구 방향을 기술한다.

* 본 논문은 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터(ITRC) 육성사업(ITAC1090060300350001000100100)의 지원에 의해 수행되었음

† 교신저자 (Corresponding Author)

2. mRMCP - 이동성 지원 오버레이 멀티캐스트 기법

mRMCP는 대표적인 오버레이 멀티캐스트 표준 기술인 RMCP에 정의된 망 구성요소인 세션 관리자(session manager, SM)와 멀티캐스트 중계기(Multicast Agent, MA)를 기반으로 이동 단말(Mobile Host, MH)에게 멀티캐스트 서비스를 제공한다[7,8]. 그림 1은 mRMCP의 망 구조를 나타낸다.

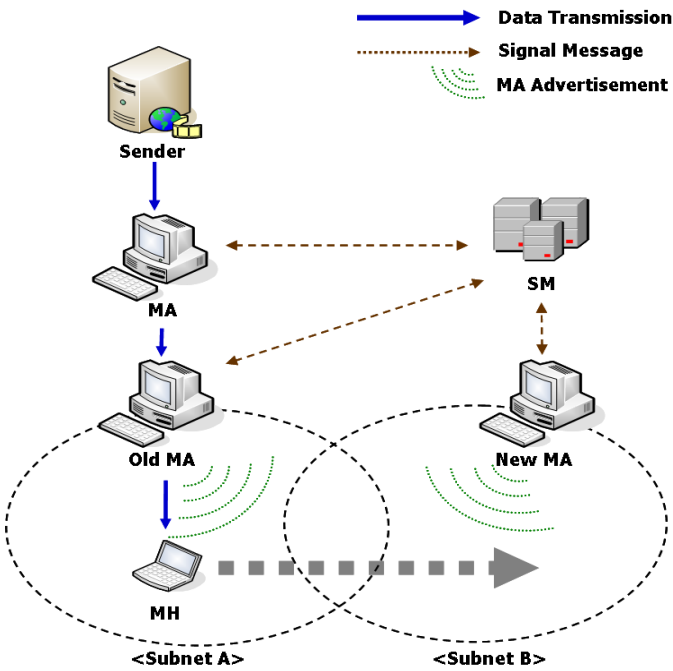


그림 1. mRMCP 네트워크 토폴로지

그림 1에서 SM은 MA와 MH가 세션에 참가하여 서비스를 제공받을 수 있도록 세션 가입 및 이탈, 세션 내 단말 정보 모니터링과 같은 세션 관리를 수행하며 MA와 MH 마다 고유의 ID를 할당하여 모든 노드를 독립적으로 구별할 수 있도록 지원한다. 송신자(Sender)는 SM을 통해 멀티캐스트 서비스 제공을 위한 세션을 생성하고 자신이 소속된 망의 MA에게 데이터 전달 서비스를 요청한다. MA는 이웃 MA와 설정된 멀티캐스트 트리를 구성하여 송신자로부터 전송된 데이터를 전달한다. Old MA와 New MA는 각각 이동 단말의 이동 전 후에 연결된 중계 노드로서 단말이 자신의 로컬망에 위치할 때 멀티캐스트 트리에 가입하고 단말에게 데이터를 전달한다. 마지막으로 MH는 응용 계층을 기반으로 자신의 이동을 감지하고 트리에 가입함으로써 하위 계층의 이동성 지원없이 멀티캐스트 서비스를 유지할 수 있다.

이와 같은 망 구조를 기반으로 mRMCP는 다음의 메커니즘을 통해 단말의 이동성을 지원한다. 첫째, 하위 계층의 이동성 지원 메커니즘에 의존하지 않고 단말 이동성을 지원하기 위해 응용 계층 기반의 MA Advertisement 메커니즘을 정의한다. 둘째, 단말의 패킷 중복 수신 방지를 위해 각 MA마다 고유한 멀티캐스트 채널을 할당하여 트리에 가입하고 데이터를 수신한다.

2.1 응용 계층 기반의 MA Advertisement 메커니즘

기존의 오버레이 멀티캐스트 기법은 단말의 이동성 지원을 위해 모바일 IP의 이동감지 메커니즘을 활용함으로써 이동망에 적용을 위한 비용 문제와 메시지 포맷의 제한으로 인한 정보 전달의 확장성 문제를 가진다.

따라서 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 응용 계층 기반의 MA Advertisement 기법을 제안한다. 본 기법은 응용 계층 기반으로 새로운 메시지를 정의하고 이를 MA가 로컬망에 주기적으로 전달함으로써 하위 계층의 지원 없이 이동 단말이 자신의 위치를 파악할 수 있도록 지원한다. 그림 2는 이러한 MA Advertisement의 동작과정을 나타낸다.

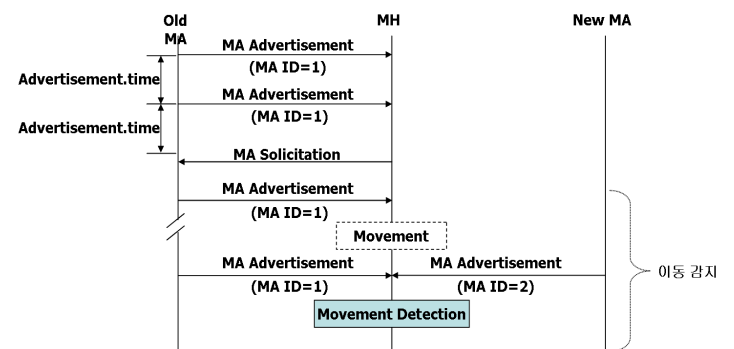


그림 2. MA Advertisement 동작과정

MH는 이동 전에 Old MA가 주기적으로 전송하는 MA Advertisement 메시지를 수신한다. 단말은 메시지에 포함된 MA의 ID를 통해 자신이 연결된 MA를 구분한다. 또한 MH는 광고 메시지의 전송 주기를 확인하기 위한 Advertisement timer를 관리함으로써 Old MA의 존재 여부를 지속적으로 확인한다. 만약 Old MA로부터 타이머 만료 시까지 광고 메시지가 전송되지 않는 경우 MA Solicitation 메시지를 통해 광고 메시지를 요청한다. MH는 이동과정에서 기존의 MA와 다른 ID를 가지는 MA Advertisement를 수신함으로써 자신의 이동을 감지한다. 이와 같은 과정을 통해 본 기법은 하위 계층의 지원 없이 단말의 이동 감지 기능을 제공할 뿐만 아니라 또한 응용 계층의 메시지를 이용해 트리 가입을 위한 정보를 함께 전달할 수 있는 장점을 가진다.

| Ver (mRMCP) | NT (MA) | Message Type (MA_Advertisement) | Length |
|---|------------|------------------------------------|--------|
| Session ID | | | |
| MAID (Old MA, New MA) | | | |
| Control Data (GROUP_INFO, LIFETIME, CONTROL_CHANNEL) | | | |

그림 3. mRMCP MA Advertisement 메시지 포맷

그림 3은 MA Advertisement의 메시지 포맷 구조이다. 이 메시지는 RMCP 프레임워크에서 제안하는 메시지 구조를 기반으로 이동 감지를 지원하기 위한 정보와 트리 가입을 지원하기 위한 정보를 포함한다. MAID는 각 MA

마다 고유하게 할당된 식별자로서 광고 메시지를 전송하는 MA를 구분하여 자신의 이동을 감지하는데 활용된다. 또한 GROUP_INFO는 현재 MA가 서비스 중인 세션의 정보를 나타내어 MH가 다른 세션의 서비스 정보를 획득할 수 있도록 지원한다. 또한 LIFE_TIME은 MA가 MH의 등록을 지원하는 최대 등록 시간을 저장하여 MH가 향후 등록 시 등록 시간을 결정하는 요소로써 활용된다. 마지막으로 CONTROL_CHANNEL은 각 MH가 New MA와 등록을 수행할 때 사용하는 IP 멀티캐스트 주소이다.

MA는 이러한 정보를 MH에게 전달함으로써 이동 감지 및 등록을 위한 정보를 획득할 수 있도록 지원한다. 또한 응용 계층 기반으로 동작하기 때문에 데이터 전송을 통해 하위 계층에 의존하지 않고 이동성을 지원함으로써 확장성 있는 멀티캐스트 서비스 공급이 가능하다.

2.2 멀티캐스트 채널 기반의 트리 가입 및 데이터 전송 메커니즘

MH는 New MA 정보를 획득한 후 이동망의 MA를 통해 데이터를 수신하기 위해 New MA에게 트리 가입을 요청한다. 기존 제안된 기법들은 트리 가입을 위해 IP 멀티캐스트의 IGMP를 활용하거나 응용 계층 기반의 가입 메시지를 유니캐스트로 전달한다. 그러나 IGMP를 이용해 가입을 요청하는 경우 메시지 포맷의 확장성 문제로 인해 응용 계층의 트리 가입을 위한 메시지 전달이 어렵다. 또한 유니캐스트 기반의 가입 메시지 전달 시에는 이동망에서 발생하는 Ingress Filtering에 의해 트리 가입 메시지가 차단될 수 있다. 마지막으로 MH의 멀티캐스트 패킷 수신 시 인접 셀 간 이동 과정에서 패킷을 중복 수신 하는 문제가 발생할 수 있으므로 이러한 문제점들을 해결하기 위한 메커니즘이 요구된다.

본 논문에서는 이를 해결하기 위해 멀티캐스트 채널 활용 메커니즘을 제안한다. 이 기법은 로컬망에 위치한 MA마다 서로 다른 IP 멀티캐스트의 주소를 활용하여 트리 가입 및 데이터 전달을 수행한다. 세부적으로 멀티캐스트 채널은 이는 트리 가입을 위한 제어 메시지 채널과 데이터 송수신을 위한 데이터 채널로 분류된다.

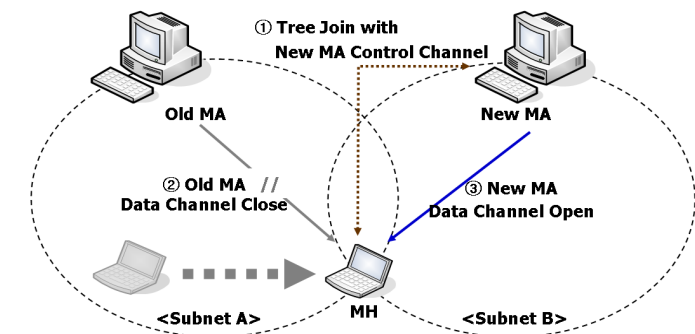
그림 4는 MH가 각 셀마다 고유하게 할당된 IP 멀티캐스트 채널을 기반으로 New MA에게 가입하여 데이터를 수신하는 과정을 나타낸다. Old MA와 New MA는 MH와 제어 메시지 송수신을 위해 224.3.3.1과 224.3.4.1의 제어 채널을 사용하고 MH에게 데이터를 전달하기 위해 224.3.3.2의 데이터 채널을 사용한다. New MA는 자신이 세션에 가입할 때까지 데이터 채널 주소를 할당하지 않으며 인접 셀의 MA가 사용하는 데이터 채널의 주소만을 관리한다. 이와 같은 환경에서 단말이 Subnet A에서 Subnet B로 이동하는 경우 다음의 과정을 통해 연결을 지속한다. MH는 New MA로부터 Advertisement를 수신하여 제어채널 정보를 획득한다. 이후 MH는 New MA에게 할당된 제어 채널 주소를 통해 세션 등록을 요청한다. New MA는 MH의 등록 요청 메시지를 수신한 후 세션 매니저를 통해 세션에 가입하고 이웃 MA에게 트리 가입 절차를 수행한다. 트리 가입 완료 후 New MA는 MH에게 데이터를 전달하기 위한 데이터 채널 주소를 설정한다. 이 때 설정되는 데이터 채널 주소는 이웃 MA가 사용중인 주소와 겹치지 않도록 설정한다. 마지막으로 MH는 응답 메시지 수신 후 기존에 데이터를 수신하던 Old MA의 채널을 대신해 New MA의 채널을 데이터 수신 경로를 설정하여 데이터를 수신한다.

이러한 과정을 통해 MH는 이동 시에도 Ingress Filtering에 영향을 받지 않고 트리 가입 요청 메시지를 전달할 수 있으며 패킷 중복 수신 없이 서비스를 제공받는다.

3. mRMCP 이동성 지원 시나리오

본 장에서는 앞에서 제안한 mRMCP의 이동성 지원 기법을 기반으로 사용자의 이동에 따른 멀티캐스트 트리 변경 및 데이터 전달 과정을 시나리오를 통해 제안된 기법을 검증한다. 이를 위해 MH와 MA 관점에서의 이동성 지원과정을 제시하고 이를 토대로 mRMCP 기반으로 이동 단말에게 멀티미디어 서비스를 제공하는 시나리오를 통해 기법을 검증한다.

그림 5는 MH 관점에서의 mRMCP 기반 이동성 지원 과정을 나타낸다. MH는 주기적으로 수신하는 MA Advertisement를 통해 자신이 연결된 MA를 파악한다. 만약 일정 시간 동안 MA Advertisement를 수신하지 못한 경우 MA Solicitation 메시지를 전송하여 MA 정보를 요청한다. MH는 Advertisement를 수신할 때마다 현재 수신 메시지인 Msgnow와 이전 수신 메시지인 MsgPrev를 비교하여 자신의 이동 여부를 판단한다. MH는 New MA로부터 Advertisement를 수신하여 자신의 이동을 감지하고 이동망의 제어 채널을 통해 이동 전의 Old MA 정보를 포함하여 New MA에게 세션 등록을 요청한다. New MA로부터 전달된 등록 응답 메시지를 수신한 MH는 자신의 데이터 채널을 Old MA에서 New MA 채널로 변경하여 데이터를 수신한다. 그리고 New MA를 Old MA로 등록하고 이동 감지를 지속적으로 수행한다.



| Subnet | MA ID | Lifetime | Control Channel | Data Channel |
|--------|--------|----------|-----------------|--------------|
| A | Old MA | 2 min | 224.3.3.1 | 224.3.3.2 |
| B | New MA | 3 min | 224.4.4.1 | 224.4.4.2 |

그림 4. MH의 New MA 등록 및 데이터 채널 변경 과정

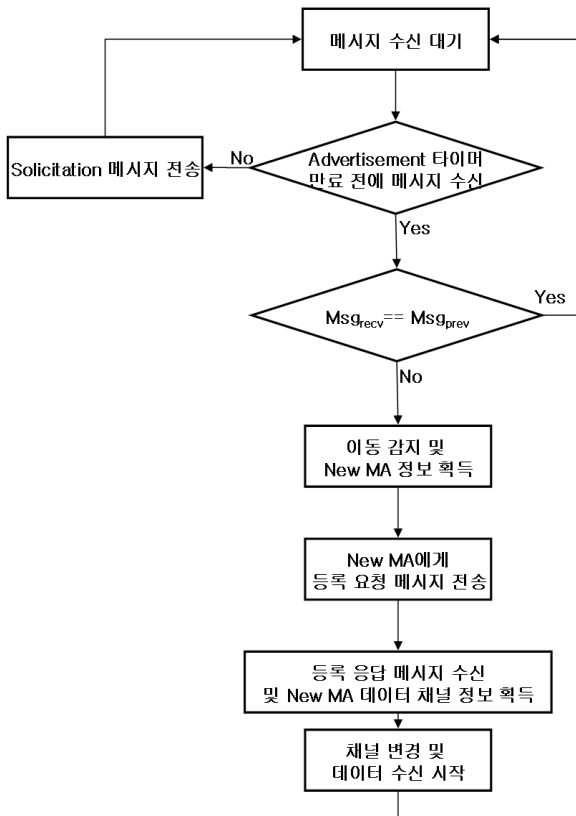


그림 5. MH의 이동성 지원 동작과정

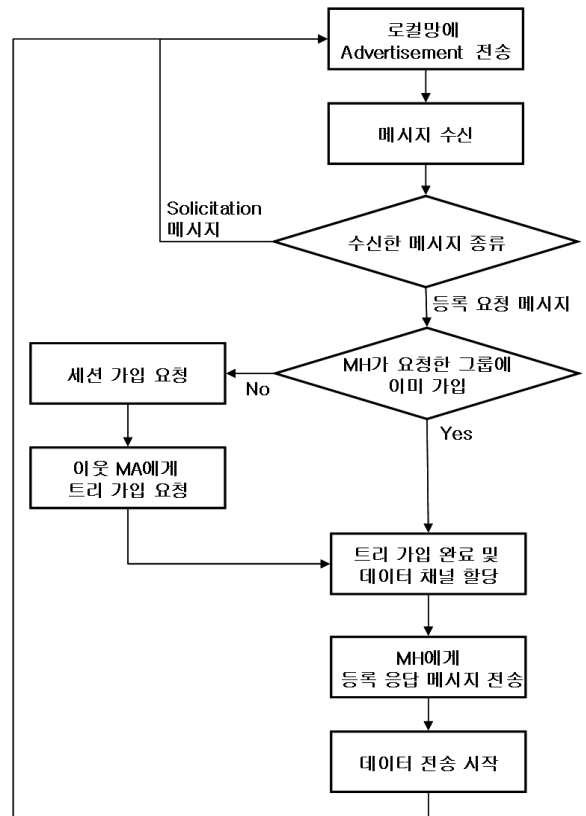


그림 6. MA의 이동성 지원 동작과정

그림 6은 MA가 MH의 이동 감지 및 데이터 전달 서비스를 지원하기 위한 동작과정을 나타낸 것이다. New MA는 Advertisement를 주기적으로 망에 전송하고 MH로부터 메시지 전송이 있는지 확인한다. New MA는 Solicitation 메시지를 수신한 경우 Solicitation 메시지인 경우 즉시 광고 메시지를 전송하고 등록 요청 메시지를 수신한 경우 MH가 요청한 세션에 자신이 가입되어 있는지 파악하고 세션 가입 및 트리 가입 여부를 결정한다. 만약 New MA가 세션에 이미 가입된 경우에는 MH로부터 수신한 등록 요청 메시지에 포함된 Old MA 정보를 토대로 MH의 이동을 알리고 MH에게 해당 세션의 데이터 채널의 멀티캐스트 주소를 등록 응답 메시지를 통해 공지한다. 만약 New MA가 세션에 가입되어 있지 않은 경우에는 세션 가입 과정 및 트리 가입과정을 추가로 수행한다. 세션 가입 완료 후 New MA는 Old MA에게 트리 가입을 요청하는데 이 때 트리 가입 메시지에 MH의 이동 정보를 같이 포함하여 전달하고 Old MA는 이를 토대로 로컬망에 데이터 전달을 수행할 지 여부를 판단한다. 이와 같은 Urgent Join 과정 완료 후 New MA는 MH에게 데이터 채널 정보가 포함된 등록 응답 메시지를 전달하고 데이터 채널을 통해 부모 MA로부터 수신한 데이터를 로컬망에 전송한다.

위에서 제시한 MA와 MH의 동작과정을 통해 mRMCP에서는 단말의 이동성을 고려하여 패킷 손실 및 패킷 중복 수신을 최소화한다. 이를 기반으로 그림 7에서는 mRMCP 기반의 멀티미디어 스트리밍 서비스를 제공할 때의 단말 이동성 지원 시나리오를 제시한다.

각 셀에는 트리 가입 및 제어 메시지 송수신을 위한 제어채널로써 224.1.1.1과 224.1.2.1이 할당되어 있으며 데이터 채널로써 224.1.1.2와 224.1.2.2가 할당되어 있다. 사용자는 연결 초기에 Subnet A에서 Old MA에 연결하여 데이터를 수신하고, Subnet A에서 Subnet B로 이동할 경우 New MA에게 연결을 요청하여 트리를 변경한다. New MA는 초기에 세션에 가입되어 있지 않은 상태에서 MH로부터 등록 요청 메시지를 수신한 후 세션 가입 및 트리 가입을 수행한다. 이와 더불어 MA는 원활한 스트리밍 서비스 제공을 위해 일정 크기의 버퍼를 가지고 자신이 이미 전송한 데이터 혹은 앞으로 재생할 데이터를 저장해둠으로써 트리 연결시의 일시적 단절 현상을 방지하고 지속적인 영상 재생이 가능하도록 지원한다. 이와 같은 초기 설정 후 단말 이동 시의 트리 변경 및 데이터 수신 과정의 단계는 다음과 같다.

- [Step 1] New MA Discovery
 - MH는 New MA로부터 MA Advertisement를 수신하여 이동 감지 및 New MA 발견
 - MA Advertisement에 포함된 New MA의 제어 채널 주소(224.1.1.1) 획득
- [Step 2] New MA에게 등록 요청
 - MH는 New MA에 제어 채널을 통해 등록 요청 메시지 전송
 - 등록 요청 메시지는 MH의 등록 요청 시간, 가입 대상 세션 정보, Old MA 정보를 포함
- [Step 3] New MA의 세션 가입
 - SM을 통해 요청된 세션에 가입하고 MA 리

스트 수신

[Step 4] New MA의 트리 가입

- New MA는 MA List에 포함된 이웃 MA와 정보 교환 후 최적의 부모 노드 선정 및 가입

[Step 5] 등록 응답 메시지 전송

- New MA는 트리 가입 후 등록 응답 메시지를 제어 메시지 채널을 통해 MH에게 전달
- 응답 메시지에는 New MA의 데이터 채널 주소인 224.1.2.2을 포함하여 전달

[Step 6] 데이터 전송 서비스 개시

- MH는 등록 응답 메시지를 통해 New MA의 데이터 채널 획득
- MH는 데이터 채널 주소를 New MA의 데이터 채널로 변경하여 데이터 수신 시작

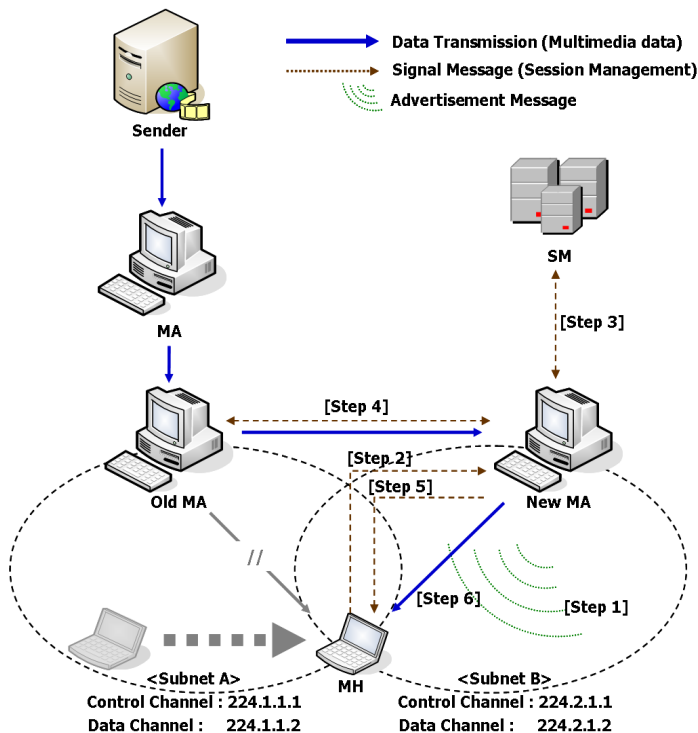


그림 7. mRMCP 기반 스트리밍 서비스 제공 시나리오

이와 같은 동작과정에서 MH는 Old MA에게 데이터를 지속적으로 수신하면서 New MA에게 등록 절차를 수행함으로써 동영상의 끊김없이 서비스를 유지할 수 있다. 또한 동작과정을 위한 모든 메시지를 응용 계층에서 새로 정의함으로써 하위 계층의 이동성 지원 없이 확장성 있는 멀티캐스트 토폴로지 구성이 가능하며 트리를 위한 다양한 정보 전달을 수행한다. 마지막으로 모든 MA마다 서로 다른 멀티캐스트 채널을 통해 데이터를 전송함으로써 패킷 중복 수신을 미연에 방지할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 이동망에서 하위 계층의 이동성 및 멀티캐스트의 지원없이 확장성 있는 일대다 그룹 통신 서비스를 제공할 수 있는 mRMCP를 제안하였다. mRMCP는 응용 계층을 기반으로 단말의 이동성을 지원하면서 확장성 있는 멀티캐스트 트리 구성을 지원하고 멀티캐스트 채널과 MA 간 빠른 트리 가입을 통해 패킷 손실 및 패킷 중복 수신을 방지한다.

본 기법의 이동감지 메커니즘은 기존의 모바일 IP 기반 기법과 달리 응용 계층 기반의 메시지를 통해 MA 발견 및 트리 가입을 위한 정보를 함께 전달하여 트리 가입 및 MA 발견 기능을 지원한다. 이와 더불어 각 셀마다 고유하게 할당된 IP 멀티캐스트 주소를 이용해 트리 가입 및 데이터 수신을 수행함으로써 패킷 중복 수신을 방지한다. 향후 본 논문에서 제안한 시나리오를 토대로 테스트베드를 구축하여 패킷 손실 및 중복 패킷 수신 방지, 그리고 스트리밍 서비스의 QoS 지원에 관한 성능 검증을 수행할 예정이다.

참고 문헌

- [1] Y. h. Chu, S. G. Rao, S. Seshan, and H. Zhang, "A case for end system multicast," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 20, No. 8, Oct. 2002, pp. 1456-1471.
- [2] Y. Chawathe, "Scattercast : An adaptable Broadcast Distribution Framework," ACM Multimedia sys 9, Jul. 2003, pp. 104-118.
- [3] A. Garyfalos, K.C. Almeroth, "A flexible overlay architecture for mobile IPv6 multicast," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 23, No. 11, Nov. 2005, pp. 2194-2205.
- [4] A. Garyfalos and K.C. Almeroth, "A Flexible Overlay Architecture for Mobile IPv6 Multicast," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 23, No. 11, Nov. 2005, pp. 2194-2205.
- [5] J. Chermikara, "Application Layer Multicast for Mobile Users in Diverse Networks," IEEE GLOBECOM, Nov. 2002, pp. 1713-1717.
- [6] T. M. Baduge, H. Yamaguchi, T. Higashino, "MODE for Mobile - An Efficient Overlay Multicast Protocol for Heterogeneous Users," ICMU 2005, Apr. 2005, pp. 75-80.
- [7] ITU-T Recommendation, "Information technology - Relyed Multicast Protocol - Framework", X.603, Apr. 2004.
- [8] ITU-T Recommendation, "Information technology - Relayed Multicast Protocol - Part 2 : SPECIFICATION FOR simplex group applications", X.603, Apr. 2004.