Journal of Korea Multimedia Society Vol. 9, No. 7, July 2006(pp. 854-863)

휴대인터넷 멀티캐스트 서비스를 제공하는 복합 방식의 성능평가

안순홍[†], 김승훈[††]

요 약

휴대 모바일 멀티미디어 통신 서비스인 휴대인터넷 사업자가 선정되어, 곧 상용 서비스가 시작된다. 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 효율적인 멀티캐스트 기법 사용이 불가피한 상황이지만 기술적 혹은 경제적인 이유로 상용서비스 초기단계에 통신망 전체를 IP 멀티캐스트로 구축하는 것은 쉽지 않으며 응용계층 멀티캐스트 방식 및 복합 멀티캐스트 방식도 고려하여야 한다. 본 논문에서는 휴대인터넷 사업자중 한 사업자의 휴대인터넷망 모델링을 통하여 복합 멀티캐스트 방식을 제안하였고, 대표적인 IP 멀티캐스트 성능에 대하여 어느 정도 성능저하가 있는가를 평가하였다. 성능평가를 위하여 시뮬레이션망에서 복합방식 멀티캐스트를 모델링하는 시뮬레이션 방안을 제시하였다. 성능평가결과 휴대인터넷 서비스망에서 단말의 수가 충분히 많으면, 복합방식 멀티캐스트의 성능이 IP 멀티캐스트에 비하여 큰 차이가 없음을 보였다.

Performance Evaluation of Hybrid Multicast Scheme for WiBro Multicast Service

Soon-Hong An[†], Seung-Hoon Kim[††]

ABSTRACT

As WiBro service providers which provide a wireless multimedia communication service are selected, the commercial service will emerge in the near future. Although the use of efficient multicast technology for multimedia will be essentially required, it would be difficult to design the overall communication network in the early stage by using IP multicast due to technological or commercial issues. Application layer multicast schemes or hybrid multicast schemes also should be considered. In this paper, we propose a hybrid multicast scheme and evaluate its performance against typical IP multicast schemes on modelling of the WiBro network for one of WiBro service providers. We also propose a simulation method for the hybrid multicast on the simulation network for performance evaluation. If the number of mobile nodes reaches a certain point, the performance difference between the hybrid multicast and IP multicast is reduced significantly. We show that hybrid multicast technology can be applied for WiBro service without much performance degradation.

Key words: WiBro(개인휴대인터넷), Multicast(멀티캐스트), Hybrid Multicast(복합 멀티캐스트)

1. 서 론

최근의 통신 기술 및 서비스의 발전 방향은 "통신과 방송의 융합", "유선망과 무선망의 통합", "무선 인터넷" 등으로 표현될 수 있다. 특히 휴대 모바일 멀티미디어 통신인 휴대인터넷 서비스(WiBro)는

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김승훈, 주소 : 충청남도 천안시 안서동 산29번지(330-714), 전화 : 041)550-3481, FAX : 041)550-3490, E-mail : edina@dankook.ac.kr
접수일 : 2006년 2월 6일, 완료일 : 2006년 4월 21일
[†] 준회원, 단국대학교 정보컴퓨터과학과 컴퓨터과학전공 (E-mail : hongee_ya@hanmail.net)
[††] 정회원, 단국대학교 컴퓨터학부 멀티미디어공학전공 부교수
※ 이 연구는 2004학년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음

"유선 인터넷 서비스의 공간적 제약"과 "모바일 인터넷 서비스의 낮은 전송속도 및 높은 이용요금"이라는 단점을 극복할 수 있는 유무선 통합 서비스이다[1,2]. 휴대인터넷 서비스가 본격적으로 상용화되면 방송 서비스, 원격 교육, 게임, 시뮬레이션, 비디오 컨퍼런스, 실시간 뉴스 전송 등 수많은 응용 프로그램들을 개개인의 특성에 맞게 제공할 수 있다. 이와 같이 새로이 요구되고 있는 응용 프로그램들 중 일부는 유니캐스트 기반의 통신 방식 보다는 멀티캐스트 기반의 통신 방식에서 더욱 효율적으로 동작 한다고 알려져 있다.

현재 연구되고 있는 멀티캐스트 방식을 크게 분류하면 네트워크 계층 기반의 IP 멀티캐스트[3,4]와 응용계층 기반의 응용계층 멀티캐스트(ALM: Application Layer Multicast)[5-11], 그리고 두 멀티캐스트의 복합 멀티캐스트(hybrid multicast)[2]가 있다. IP 멀티캐스트는 단일한 정보 흐름을 수많은 수신자들에게 동시에 전송함으로써 트래픽을 줄여주는 기술이다. 멀티캐스트 패킷은 멀티캐스트 프로토콜을 지원하는 라우터에 의하여 경로가 분기되는 지점에서 복사된다. 대표적인 IP 멀티캐스트 기술로는 PIM-SM (Protocol Independent Multicast-Sparse Mode)[3]과 PIM-DM(Protocol Independent Multicast-Dense Mode)[4]이 있다. 응용계층 멀티캐스트 기술은 데이터를 전달하기 위하여 응용계층 멀티캐스트 트리를 생성 유지하며, 멀티캐스트 그룹의 참가자들이 가상 네트워크를 형성하기 위하여 서로 연결한다. 참가자들은 가상의 네트워크상에서 멀티캐스트 데이터를 라우팅하여, 데이터를 모든 참가자들에게 전달한다[5,8]. 응용계층 멀티캐스트는 IP 멀티캐스트보다 네트워크 자원을 많이 소모하며, 확장성이 떨어지는 단점이 있으나, 호스트에서 실행됨에 따라서 기존의 네트워크 구조의 특별한 변화 없이 쉽게 보급될 수 있는 장점이 있다. 위 두 방식의 복합 멀티캐스트 방식에서는 도메인간(inter-domain) 부분은 응용계층기반의 유니캐스트 터널링 기법을 적용하고, 도메인내(intra-domain) 부분은 IP 멀티캐스트를 사용한다. 이러한 구성 예를 그림 1에 보인다[2].

본격적인 상용 휴대인터넷 서비스를 지원하기 위한 통신망에서 멀티캐스트 서비스를 지원하기 위하여 어떤 멀티캐스트 기법을 선택하여야 하는가는 기술적인 측면은 물론 경제적인 측면도 함께 고려되어야 한다. 사용자가 충분히 많지 않을 휴대인터넷 상용 서비스 초기 단계에서 통신망 전체를 IP 멀티캐스트로 구현한다는 것은 다소 부담스러울 것이다. 따라서 초기 단계에서 복합 멀티캐스트 기술을 적용하면서 사용자가 늘어감에 따라 점차적으로 IP 멀티캐스트를 확대 도입하는 것이 멀티캐스트 서비스를 쉽게 도입할 수 있는 장점이 있다. 이와 같이 휴대인터넷 서비스를 위한 접근망(Access Network)에서 IP 멀티캐스트를 사용하고 핵심망(Core Network)에서 응용 계층 멀티캐스트를 사용하는 복합 멀티캐스트를 도입할 경우의 전체 통신망에 IP 멀티캐스트를 도입할 경우에 대한 성능 분석이 필요하다[2].

이에 따라 본 논문에서는 휴대인터넷 서비스를 제공할 통신사업자중 하나인 A사의 통신망을 시뮬레이션을 통하여 모델링하고 복합 멀티캐스트를 도입할 경우의 성능을 PIM-SM과 PIM-DM을 도입할 경우의 성능과 비교 분석하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 다양한 성능 분석 항목을 선정하고, 선정된

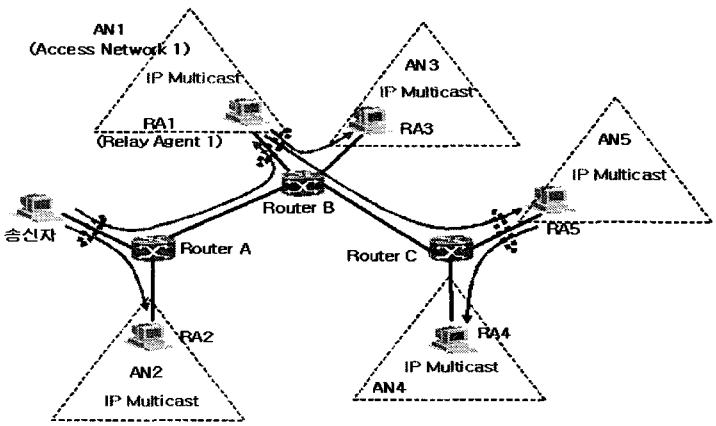

그림 1. 복합 멀티캐스트 구성 예

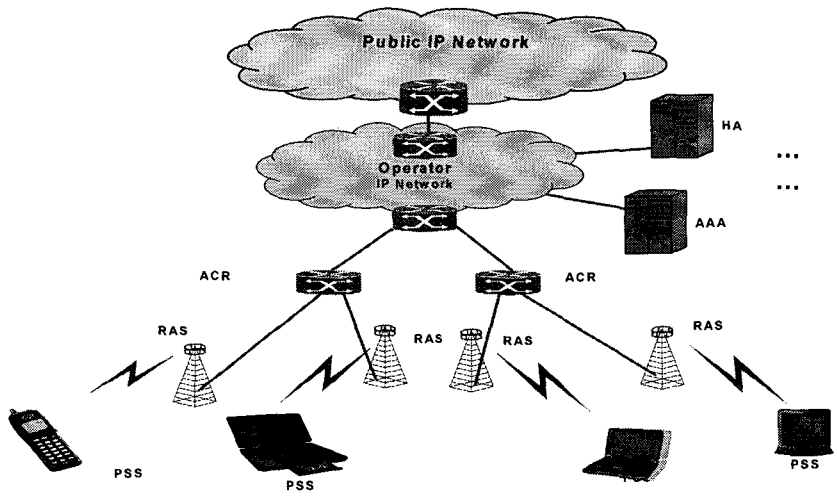

그림 2. TTA PG302 휴대인터넷 망 구조

항목들을 기반으로 세 가지 멀티캐스트 기술들의 성능을 상대적으로 평가하였다. 성능 분석의 핵심은 휴대인터넷망에 적용하는데 많은 비용이 소모되는 PIM-SM 및 PIM-DM의 성능에 대한 복합 멀티캐스트 기술의 성능 수준을 분석하는 것이다. 분석을 통하여 휴대인터넷 서비스 망에서 단말의 수가 충분히 많으면, 복합 멀티캐스트의 성능이 IP 멀티캐스트의 성능에 비하여 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서 TTA 및 A사의 휴대인터넷 망 구성 요소 및 차이점을 설명하고, 시뮬레이션을 위한 환경 구성을 하였다. 3절에서 시뮬레이션 망에서의 IP 멀티캐스트와 복합방식 멀티캐스트 모델링을 제안한다. 4절에서는 PIM-SM, PIM-DM 및 복합 멀티캐스트 기술이 A사 휴대인터넷 망에 적용될 경우 예상되는 성능 수준을 시뮬레이션을 통하여 비교 분석한다. 마지막으로 결론을 5절에서 제시한다.

2. 휴대인터넷 망 구성과 시뮬레이션 망 구성

본 절에서는 시뮬레이션 환경 설정을 위해 TTA에서 제안하고 있는 휴대인터넷 망 구성[1]과 A사 휴대인터넷 망의 구성을 비교한다. 또한 A사 휴대인터넷망에 대한 분석 후 시뮬레이션 망을 구성한다.

2.1 TTA의 휴대인터넷 망 구성

휴대인터넷 망의 기본적인 구성은 그림 2와 같다. TTA에서 명시하고 있는 휴대인터넷 망은 크게 핵심망과 접근망으로 구성된다. 접근망의 구성 요소는 단말(MS 혹은 PSS), 기지국(RAS), 제어국(ACR)이고, 핵심망은 접근망의 상위 네트워크를 의미한다. 표 1에서 휴대인터넷 망 구성 요소에 대한 기능 설명을 요약하였다.

표 1. TTA에서 명시한 휴대인터넷 망 구성 요소

분류 항목	설 명
핵심망 (Core Network)	- 인증 및 과금 기능 - 타망과의 연동을 위한 기능 - IP 이동성 지원 기능
제어국 (ACR: Access Control Router)	- 인증 및 보안 기능 - 과금 서버에 과금 서비스 제공 기능 - 자원 관리 및 제어 기능 - ACR내의 RAS간 이동성 제어 기능 - QoS 제공 기능 - IP 멀티캐스트 기능 - IP 라우팅 및 이동성 관리 기능
기지국 (RAS: Radio Access Station)	- 휴대인터넷 서비스 무선 접속 기능 - 무선자원 관리 및 제어 기능 - 이동성(핸드오프) 지원 기능 - 인증 및 보안 기능 - 하향링크 멀티캐스트 기능 - 과금, 통계 정보 생성 및 통보 기능 - QoS 제공 기능
단말 (PSS: Personal Access Station) 혹은 (MS: Mobile Station)	- 휴대인터넷 무선 접속 기능 - 단말 / 사용자 인증 및 보안 기능 - 멀티캐스트 서비스 수신 기능 - 타 망과 연동 기능 - IP 기반 서비스 접속 기능 - IP 이동성 기능

2.2 A사의 휴대인터넷 망 구성

A사 휴대인터넷 망은 기본적으로 TTA에서 명시한 휴대인터넷 망 구조를 따르고 있으나, 멀티캐스트 서비스를 위하여 두 가지 종류의 서버를 추가한 망 구성을 가진다. 표 2에서 추가된 두 개의 서버에 대한 설명을 요약하였다.

2.3 시뮬레이션 환경 구성

시뮬레이션 환경 구성을 위해 먼저 A사 휴대인터넷 망에 대한 분석을 수행하였으며, 이에 따라 시뮬레이션 망 구성을 위하여 망 구성 장치 간 연결, 대역폭, 링크 지연시간 등 각종 변수를 설정하였다. 그 결과를 표 3과 표 4에 요약하였다. 여기서 'A사'는 실제 A사 휴대인터넷 환경을 말하며, 'Sim.'은 휴대인터넷 시뮬레이션 환경을 말한다. 또한 'Opt.'는 광 전송 장치를 의미한다.

휴대인터넷 시뮬레이션 망 구성의 단순화를 위하여 광 전송장치당 1개의 ER이 연결되어 있는 것으로 가정한다. 또한 ER의 수는 10개로 결정 하였으며, 이 중 1개는 서버 네트워크를 핵심망에 연결하는 라우터로 가정하였고, 서버 네트워크에 MTS가 위치한다고 가정하였다. 또한 각각의 ER에 2개의 ACR과 1개의 MRS가 연결되고, 각 ACR에 2개의 RAS가 연결되도록 하였다. 그림 3은 휴대인터넷 시뮬레이션 망 구성도이다. 그림 4는 ER, ACR, RAS, 및 MRS 상호 연결 형태를 보여준다.

따라서 셀은 총 36개가 되며, 이를 6 x 6 2차원 -Torus 구조로 연결되었다고 가정하였다. 단말의 수가 증가할 경우 단말의 초기 위치가 특정 셀에 집중되지 않도록 균일 분포(uniform distribution)에 따라 셀 간에 분산하였다. 단말의 체류(staying) 패턴은 지수분포(exponential distribution)를 따르도록 하였고, 단말은 상하좌우 4방향 중에서 균일 분포에 따라 이동 방향을 결정하고 셀 간을 이동한다고 가정하였다.

휴대인터넷 망에서 멀티캐스트의 성능 비교 분석을 위하여 UC Berkeley에서 개발한 NS2[12]를 사용하였다. 이는 NS2가 많은 IETF 표준 프로토콜을 지원하고 신뢰성 있는 네트워크 시뮬레이터로 인정을 받아 전 세계적으로 널리 사용되기 때문이다.

표 2. A사 휴대인터넷 망에서 추가된 구성 요소

분류 항목	설 명
멀티캐스트 전송 서버 (MTS: Multicast Transmission Server)	- 송신자로부터 생성된 멀티캐스트 데이터를 유니캐스트로 전송하는 기능 - MRS와 유니캐스트 세션 생성 및 관리 - 복합 멀티캐스트 지원
멀티캐스트 릴레이 서버 (MRS: Multicast Relay Server)	- 복합 멀티캐스트 지원 - MTS와 유니캐스트 세션 생성 및 관리 - 수신한 유니캐스트 패킷으로부터 멀티 캐스트 패킷 생성 기능 - PIM-SM의 RP (Rendezvous Point) 기능

표 3. A사 휴대인터넷 망과 시뮬레이션 망의 연결 구조

망 분류 \ 항목		망 구성 장치 간연결 상태	연결개수	토폴로지	비 고
핵심망	A사	Opt. : Opt. (1:1) Opt. : ER (1:N)	8 1~3	링 트리	- Opt. : Opt. 와 Opt. : ER의 대역폭이 같음
	Sim.	ER : ER (1:1)	10	링	
접근망	A사	ER : MRS (1:1) ER : MTS (1:1) ER : ACR (1:N) ACR : RAS (1:N) RAS : MS (1:N)	1 1 2~4 200 ≥1	트리	- MTS : 망 내에 오직 1개 : 송신 역할만 담당
	Sim.	ER : MRS (1:1) ER : MTS (1:1) ER : ACR (1:N) ACR : RAS (1:N) RAS : MS (1:N)	1 1 2 2 ≥1	트리	

표 4. A사 휴대인터넷 망과 시뮬레이션 망 연결 상태

망 분류 \ 항목		망 구성 장치 간 연결 상태	대역폭	지연 시간	비고
핵심망	A사	Opt. : Opt. (ring) Opt. : ER (1:N)	2.5G ~ 10G 2.5G ~ 10G	-	-
	Sim.	ER : ER (ring)	100Mbps	100ms	
접근망	A사	ER : MRS (1:1) ER : MTS (1:1) ER : ACR (1:N) ACR : RAS (1:N)	Gigabit Ethernet Gigabit Ethernet Gigabit Ethernet Fast Ethernet	-	-
	Sim.	ER : MRS (1:1) ER : MTS (1:1) ER : ACR (1:N) ACR : RAS (1:N)	10Mbps 10Mbps 10Mbps 10Mbps	10ms 10ms 10ms 10ms	MS 핸드 오프시간 10ms

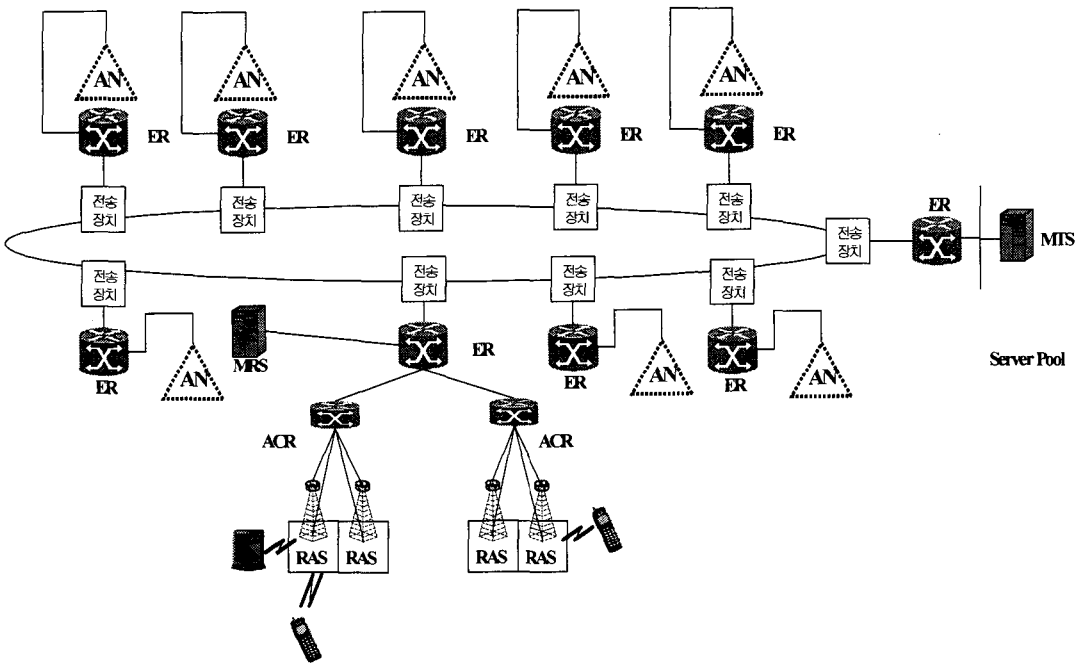

그림 3. 휴대인터넷 시뮬레이션 망 구성도

3. 시뮬레이션망에서의 멀티캐스트 모델링

본 절에서는 A사 휴대인터넷을 위한 시뮬레이션 망에서 IP 멀티캐스트와 복합 멀티캐스트의 모델링을 제안하였으며 NS2 시뮬레이터로 코딩하였다.

3.1 시뮬레이션 망에서의 IP 멀티캐스트 모델링

본 논문에서 제안하는 A사 휴대인터넷 망을 위한 시뮬레이션 망에서의 IP 멀티캐스트 모델링을 그림5에 표현하였다. 본 모델링을 이용하여 PIM-SM을 시뮬레이션 할 경우 휴대인터넷 망을 하나의 멀티캐스트 그룹으로 생성한다. MTS는 송신자 역할을 담당하고, MTS와 바로 연결이 된 ER은 RP 기능을 담당하게 된다. 단말이 생성되고 RAS에 접속 하게 되면, 단말은 멀티캐스트 그룹에 가입하기 위해 가입(Join) 메시지를 보내고 이 메시지를 받은 RP는 단말까지의 트리를 재구성한다. 그룹 가입 후 단말은 데이터 수신 메시지를 보내게 되고 RP로부터 데이터 패킷을 받는다. 이후 핸드오프가 발생하면 단말은 데이터 전송 중단을 위하여 탈퇴(Leave) 메시지를 보내 그룹

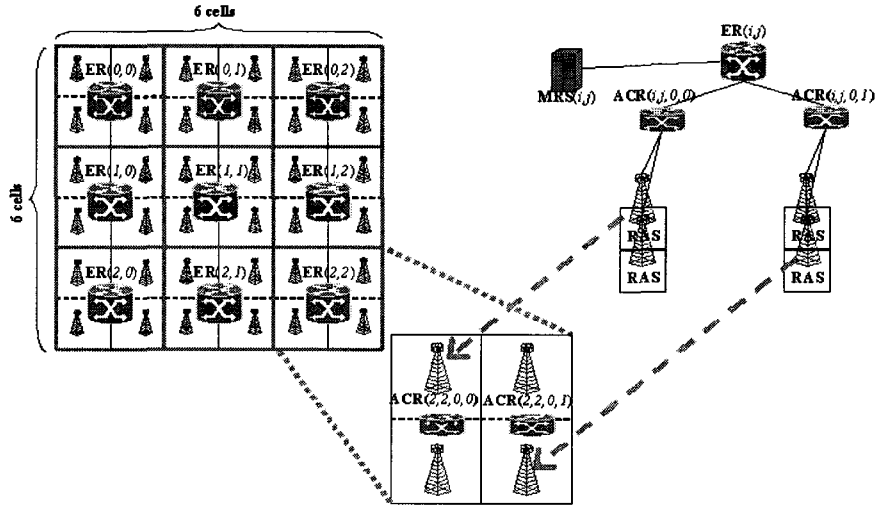

그림 4. 36개 셀 구성 : 6 x 6 2-차원 Torus 구조

탈퇴를 알린다.

PIM-DM의 경우에는 처음 모든 단말에게 데이터 패킷을 브로드캐스팅한다. 이때 데이터 패킷을 받을 의사가 있는 단말은 그룹 참여를 위한 가입 메시지를 RAS에게 전달하게 되고 RAS는 Graft 메시지를 상위 라우터에게 전송한다. 만일 단말이 데이터 패킷을 받을 의사가 없다면, 수신 중지 메시지를 보내게 되고, 이 메시지를 받은 RAS는 상위 라우터에게 제거(Prune) 메시지를 전송한다. 핸드오프 발생시 단말은 탈퇴 메시지를 전송하고 이동한다.

3.2 시뮬레이션 망에서의 복합방식 멀티캐스트 모델링

본 논문에서 제안하는 A사 휴대인터넷 망을 위한 시뮬레이션 망에서의 복합방식 멀티캐스트 모델링을 그림6에 표현하였다. 이 방식에서는 각 ER이 자신의 ACR, RAS 및 MRS를 이용하여 별도의 멀티캐스트 그룹을 생성한다. 여기서 MRS는 RP역할을 담당하는 릴레이 서버 역할이 된다. 이제 단말이 RAS에 접속하면 멀티캐스트 그룹 참여를 위해 가입 메시지를 해당 MRS에게 보낸다. 수신을 원하는 단말이 데이터 패킷을 요청하면 해당 MRS는 MTS에게 데

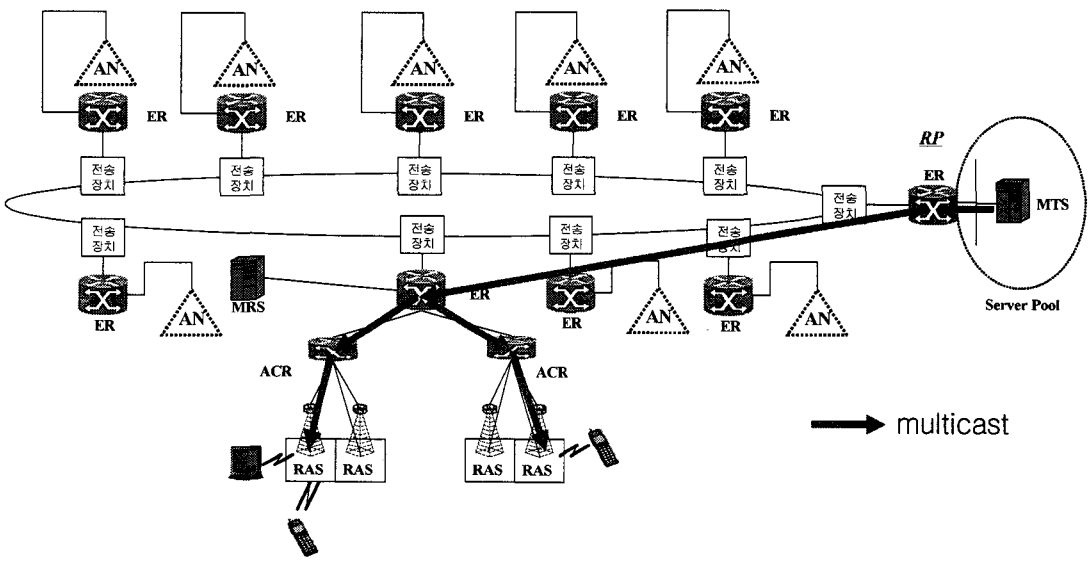

그림 5. 휴대인터넷 망에 IP 멀티캐스트 모델링

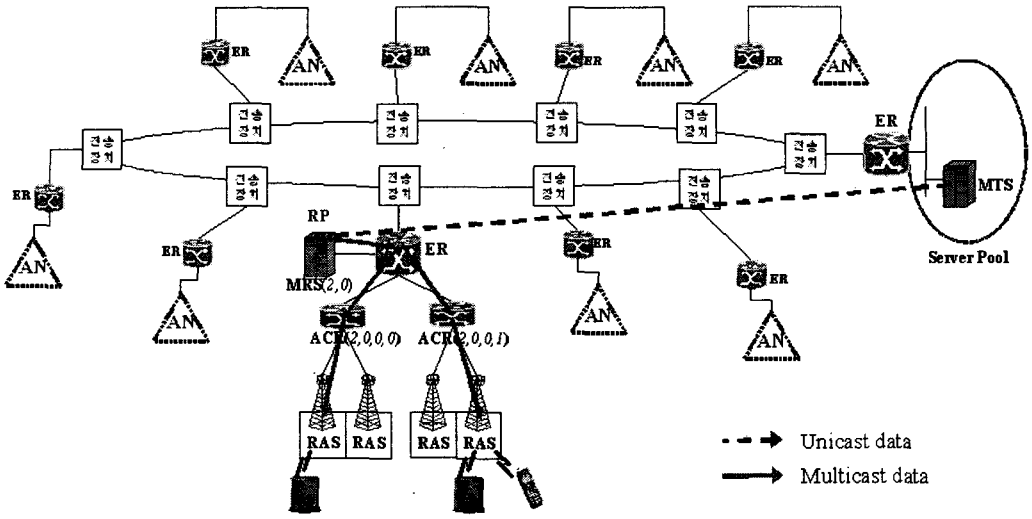

그림 6. 휴대인터넷 망에 복합 멀티캐스트 모델링

이터 패킷 수신을 요청하게 되고 MTS로부터 MRS까지 유니캐스트 터널링이 구성된다. 이렇게 구성된 유니캐스트 터널링을 이용하여 데이터 패킷은 MRS에 전송되고 MRS는 이 데이터 패킷을 멀티캐스트로 릴레이 하여 단말에 전달한다.

4. 멀티캐스트 시뮬레이션 결과 및 분석

본 절에서는 대표적 IP 멀티캐스트인 PIM-SM과 PIM-DM 및 복합 멀티캐스트를 A사 휴대인터넷 망에 적용할 경우 예상되는 성능 수준을 시뮬레이션을 통하여 비교 분석하였다. 성능 분석 목적은 휴대인터넷 망에 복합 멀티캐스트를 적용하였을 때 발생 가능한 성능 저하 수준을 파악하기 위한 것이다.

4.1 성능 평가 항목

멀티캐스트 시뮬레이션의 성능 분석을 위한 성능 평가 항목으로 다음을 선정하였다.

- SIT(Service Interruption Time) : 멀티캐스트 수신자가 셀 위치 이동의 결과로 이전의 RAS로부터의 멀티캐스트 수신이 중지된 시점부터 새로운 RAS로부터의 멀티캐스트 수신이 시작된 시점 사이의 시간, 즉 멀티캐스트 서비스 중단시간
- EED(End-to-End Delay) : 멀티캐스트 송신자로부터 수신자들까지의 평균 멀티캐스트 패킷 전달 지연 시간
- RDP(Relative Delay Penalty) : 특정 멀티캐스트 기술에서의 EED에 대한 다른 멀티캐스트 기술에서의 EED 비율
- OLU(Offered Load per User) : 하나의 멀티캐스트 수신자를 서비스하기 위하여 단위 시간당 전체 망에 부과되는 트래픽 양(단위는 Mbps)
- LS(Link Stress) : 특정 IP 멀티캐스트 기술에서의 단위 시간당 링크에 부과되는 트래픽 양에 대한 다른 멀티캐스트 기술에서 단위 시간당 링크에 부과되는 트래픽 양의 비율

4.2 시뮬레이션 결과 및 분석

시뮬레이션은 멀티캐스트 그룹의 크기, 즉 단말의 수에 따라 다양하게 수행되었다. 시뮬레이션은 각 단말의 수별로 10회까지 반복 수행하여 평균값을 취하였다.

SIT는 휴대인터넷과 같은 무선 환경에서 핸드오프가 자주 발생할 경우 이로 인한 데이터 연속성을 측정할 수 있는 평가항목이다. 그림 7은 각 멀티캐스트 기법에서 단말의 수에 따른 SIT의 변화를 보여준다. 이 결과를 분석하면 단말의 수가 적을 경우, 예를 들어 1-20개 정도에서는 복합 멀티캐스트가 IP 멀티캐스트 보다 성능이 상당히 떨어지지만, 단말의 수가 증가함에 따라 성능 차이가 줄어드는 것을 알 수 있다. 단말의 수가 적을 경우 복합 멀티캐스트의 핵심 망에서는 데이터 전송을 위하여 ER과 송신자 사이에 유니캐스트 터널링이 재구성된다. 하지만 단말의 수가 증가하면 이미 구성되어 있는 유니캐스트 터널

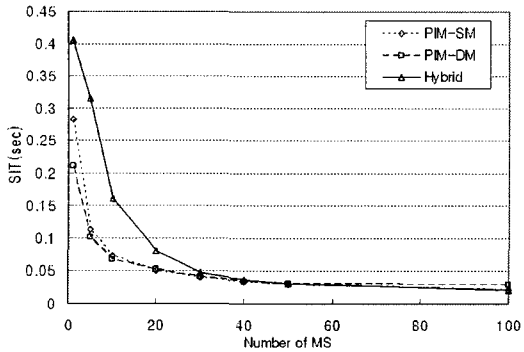

그림 7. 성능평가항목 SIT(Service Interruption Time)

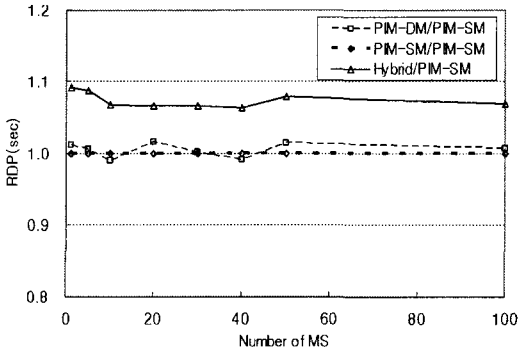

그림 9. 성능평가항목 RDP(Relative Delay Penalty)

링을 재사용함에 따라 성능차이가 크지 않은 것으로 분석되었다.

EED는 송신자로부터 데이터 패킷이 출발하여 멀티캐스트 수신자까지 도착했을 때의 평균 패킷 전달 지연시간이다. 그림 8에 따르면 IP 멀티캐스트나 복합 멀티캐스트 모두 단말 수의 증가에 따른 EED의 변화가 거의 없음을 알 수 있다. IP 멀티캐스트에 비하여 복합 멀티캐스트의 EED가 큰 이유는 MRS를 통하여 데이터를 전달하기 때문이다. 즉, ER과 MRS의 왕복으로 인한 지연시간이 추가되기 때문으로 분석되었다.

지연을 위한 다른 평가 항목으로 RDP가 있다. 본 논문에서는 PIM-SM의 EED 값을 기준으로 다른 두 멀티캐스트 기법의 EED 비율을 계산하였다. 그림 9의 결과에서 복합/PIM-SM의 RDP가 다른 결과들과 큰 차이를 보이지 않는 이유는 그림 8의 분석과 동일하게 복합 멀티캐스트에서 MRS로 인한 지연시간 증가분이 전체 지연에 미치는 영향이 크지 않기 때문이다.

OLU는 패킷의 비율을 기준으로 한 평가 항목으로 하나의 멀티캐스트 수신자를 서비스하기 위하여 단위 시간당 전체 망에 부과되는 트래픽의 양으로 단위는 Mbps이다. 일반적으로 유니캐스트의 경우 사용자가 많아질수록 거의 일정한 OLU를 보이나, 멀티캐스트의 경우는 사용자가 많아질수록 OLU가 낮아지는 특성이 있다. 그림 10에 따르면 복합 멀티캐스트의 OLU는 단말의 수가 증가하면서 다른 두 IP 멀티캐스트의 OLU에 수렴하고 있음을 알 수 있다. 이는 SIT의 분석결과와 동일한 이유로 단말의 수가 증가하면서 유니캐스트 터널링에 의한 데이터 전송 영향이 감소하기 때문이다.

LS는 패킷의 비율에 대한 다른 평가항목으로 단말의 수가 증가함에 따라 각 링크에 가중되는 패킷량이다. 그림 11은 전체 망에서의 LS를 나타낸다. 단말의 수가 증가함에 따라 PIM-SM에 대한 복합 멀티캐스트의 LS와 PIM-DM에 대한 복합 멀티캐스트의 LS가 점점 수렴하며 작아지고 있음을 볼 수 있다. 이는 단말의 수가 증가 하는 경우 패킷의 부하율 관점에서, IP 멀티캐스트에 대한 복합 멀티캐스트의 성능 저하가 거의 없음을 의미한다. 그러나 그림 11에서 단말의 수가 적은 경우, PIM-SM에 대한 복합 멀

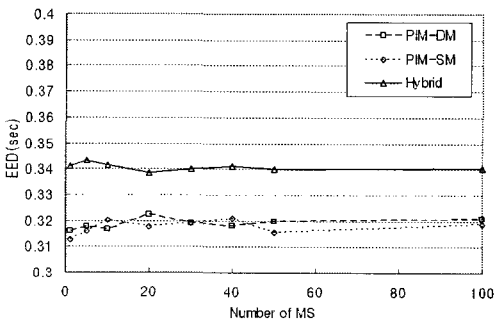

그림 8. 성능평가항목 EED(End-to-End Delay)

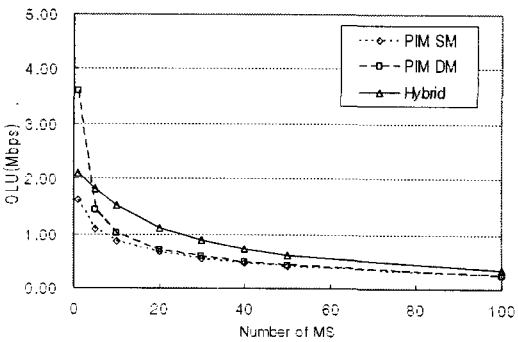

그림 10. 성능평가항목 OLU(Offered Load per User)

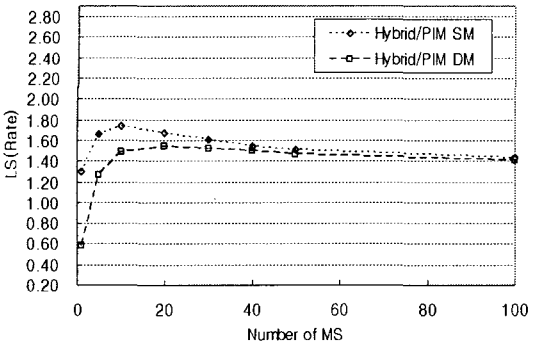

그림 11. 성능평가항목 LS(Link Stress) - 전체망

티캐스트의 LS 값의 변화가 큰 이유를 분석하기 위해, 핵심망에서의 단말의 수 증가에 따른 LS의 변화를 추가로 구하였다. 그림 12를 분석하면 단말의 수가 적을 경우 복합 멀티캐스트의 핵심망에서 유니캐스트 터널링 재구성이 자주 발생하고 이로 인한 LS의 값 변화 폭이 커진다. 하지만, 단말의 수가 증가하여 일정 수 이상이 되면 유니캐스트의 터널링 재구성보다 재사용의 빈도가 더 높게 발생하고 따라서 LS는 안정화 된다. 이런 결과로부터 앞서 분석한 결과와 마찬가지로 링크에 가중되는 패킷의 부하율의 관점에서 IP 멀티캐스트에 대한 복합 멀티캐스트의 성능 저하 수준이 크지 않음을 알 수 있다.

이동 IPv6(MIPv6) 망에서, IP 멀티캐스트는 응용계층 멀티캐스트에 비하여 고속단말의 경우 2배, 저속 단말의 경우 4-5배의 RDP 성능차이를 보인다. 또한 단말의 수가 200일 경우 응용계층 멀티캐스트는 IP 멀티캐스트에 대하여 LS가 1.7배 가량 높다[10,11]. 휴대인터넷은 단말이 고속으로 이동하는 환경이다. 복합 방식 멀티캐스트가 응용계층 멀티캐스트에 비하여 좋은 성능을 보이며 특히 유니캐스트

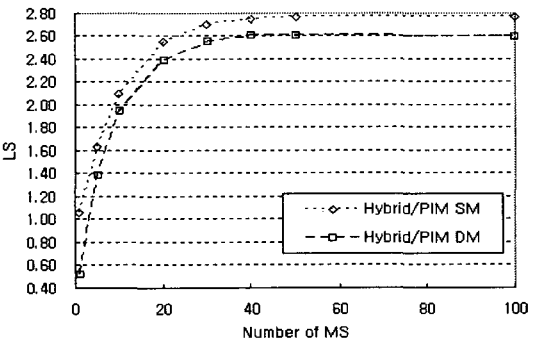

그림 12. 성능평가항목 LS(Link Stress) - 핵심망

터널링을 위한 A사 핵심망은 초고속망이다. 이와 같이 본 논문의 연구결과와 상당히 일치함을 확인하였다. 또한 시간적 측면인 SIT 항목에서도 원격가입(remote subscription), RBMoM(Range-Based Mobile Multicast) 등 멀티캐스트 프로토콜의 평균서비스중단시간이 본 논문의 결과와 크게 다르지 않음을 확인하였다[13].

5. 결 론

본 논문에서는 휴대인터넷 사업자중 한 사업자의 휴대인터넷망을 모델링하여 복합 멀티캐스트 방식을 제안하였고, 대표적인 IP 멀티캐스트의 성능에 대하여 어느 정도의 성능저하가 있는가를 시뮬레이션을 통하여 성능평가 하였다. 연구 결과 단말의 수가 적은 환경에서는 IP 멀티캐스트가 월등히 좋은 성능을 보이지만 단말의 수가 일정량 이상 커지게 되면 IP 멀티캐스트와 복합 멀티캐스트의 성능 차이가 점점 줄어드는 것으로 분석되었다. 이는 복합 멀티캐스트 핵심망에서 유니캐스트 터널링의 재사용 가능성이 커짐에 따라 유니캐스트로 인한 영향이 작아지기 때문이다. 구체적으로 수신자의 셀 위치이동 결과로 발생하는 멀티캐스트 서비스 중단시간에서 단말의 개수가 증가할수록 IP 멀티캐스트에 대한 성능차이가 크지 않음을 알 수 있었다. 멀티캐스트 송신자로부터 수신자들까지의 평균 멀티캐스트 패킷전달지연시간 측면에서는 복합방식에서 MRS를 통한 전달로 생기는 추가 지연시간을 제외하면 단말 수 증가에 따른 변화가 거의 없음을 확인하였다. 또한 하나의 멀티캐스트 수신자를 서비스하기 위한 트래픽 양 및 단위 시간당 링크에 부과되는 트래픽 등 양적 측면에서도 IP 멀티캐스트에 대하여 현저한 성능차이를 보이지 않음을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] TTA PG302-WG2, 2.3GHz 휴대인터넷 서비스 및 네트워크 요구사항, 정보통신기술보고서, 2002-134-4, 2004.

[2] 안순홍, 박태근, 김승훈, "휴대인터넷 서비스를 위한 멀티캐스트 비교," 2005년도 한국멀티미디어학회 추계학술발표대회, 제8권, 제2호, pp.103,

2005.

[3] D. Estrin, D. Farinacci, A. Helmy, D. Thaler, S. Derring, M. Handly, V. Jacobson, C. Liu, P. Sharma, and L. Wei, "Protocol Independent Multicast - Sparse Mode(PIM-SM): Protocol Specification," *RFC 2362*, June 1998.

[4] A. Adams, J. Nicholas, and W. Siadak, "Protocol Independent Multicast - Dense Mode(PIM-DM): Protocol Specification," *RFC 3973*, Jan. 2005.

[5] S. Banerjee, B. Bhattacharjee, and C. Kommareddy, "Scalable Application Layer Multicast," *Proceedings of ACM Sigcomm*, Vol. 32, No. 4, pp. 205-217, Aug. 2002.

[6] J. Liebeherr, M. Nahas, and W. Si, "Application-Layer Multicasting with Delaunay Triangulation Overlays," *IEEE JSAC*, Vol. 20, No. 8, pp. 1472-1488, Oct. 2002.

[7] D.M. Moen, *Overview of Overlay Multicast Protocols*, George Mason University, 2004.

[8] D. Pendarakis, S. Shi, D. Verma, and M. Waldvogel, "ALMI: An Application Level Multicast Infrastructure," *Proc. 3rd Usenix Symposium on Internet Technologies & Systems*, Mar. 2001.

[9] B. Zhang, S. Jamin, and L. Zhang, "Host Multicast: A framework for Delivering Multicast to End Users," *Proceedings of IEEE Infocom*, Vol. 3, pp. 1366-1375, June 2002.

[10] A. Garyfalos and K. Almeroth, "A Flexible Overlay Architecture for Mobile IPv6 Multicast," *IEEE JSAC*, Vol. 23, No. 11, pp. 2194-2205, Nov. 2005.

[11] A. Garyfalos, K. Almeroth, and J. Finney, "A Comparison of Network and Application Layer Multicast for Mobile IPv6 Networks," *Proceedings of the 6th ACM International Workshop on Modeling Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems*, pp. 58-65, Sep. 2003.

[12] UCB/LBNL/VINT Network Simulator - ns (version 2), http://www-Mash.CS.Berkeley.EDU/ns/

[13] S.J. Yang, H.K. Oh, and S.H. Park, "Efficient Multicast Routing Protocol for Mobile Hosts in IPv6 Based Networks," *IEE Electronics Letters*, Vol. 38, No. 16, pp. 936-938, Aug. 2002.

안 순 홍

2004년 2월 단국대학교 전자계산학과 졸업(이학사)

2006년 2월 단국대학교 컴퓨터과학 및 통계학과 컴퓨터과학전공 졸업(이학석사)

관심분야 : 멀티미디어 및 모바일 통신, 멀티미디어응용

김 승 훈

1985년 2월 인하대학교 전자계산학과 졸업(이학사)

1989년 8월 인하대학교 전자계산학과 졸업(이학석사)

1998년 2월 포항공과대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

1998년 3월~2001년 8월 상지대학교 컴퓨터정보공학부 조교수

2001년 9월~현재 단국대학교 컴퓨터학부 멀티미디어공학전공 부교수

관심분야 : 멀티미디어 및 모바일 통신, 센서네트워크, 멀티미디어응용