이동 속도 기반의 멀티캐스트 기법
(A Mobile Multicast Scheme based on Mobile Speed)

신 승 필 † 하 란 ††
(Seung-Pil Shin) (Rhan Ha)

요 약 최근 이동성을 제공하는 시스템이 매우 빠른 속도로 보급되고 있는 추세이며 그 서비스 분야도 다양해져 무선 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 커지고 있다. 멀티미디어 서비스는 큰 데이타 용량을 요구하며, 같은 정보를 여러 사용자들에게 보내야 하는 특징을 갖는다. 이동하는 사용자에게 이와 같은 특징을 갖는 멀티미디어 서비스를 효율적으로 제공하기 위해서는 이동성을 지원하는 멀티캐스트 기법이 필요하다. 본 논문에서는 Mobile IP 기반의 이동 네트워크 환경에서 멀티캐스트 서비스를 지원하는 기존 연구가 갖는 데이타 전송 경로의 비최적화, 빈번한 멀티캐스트 전송 트리의 재구성으로 인한 오버헤드, 서비스 단절의 문제를 해결하기 위해 이동 형태 기반의 가변 서비스 범위 멀티캐스트 기법을 제안한다. 이동 형태 기반의 가변 서비스 범위 멀티캐스트 기법은 서비스 범위를 호스트의 이동성에 따라 가변적으로 설정하고 자원 예약 기법을 사용하여 멀티캐스트 서비스를 지원한다. 다양한 실험을 통해 본 논문에서 제안된 멀티캐스트 기법을 성능 평가하였다.

키워드 : 이동 시스템, 가변 범위, 멀티캐스트

Abstract Recently as the mobile computing is burgeoning, multimedia services have become very popular. Multimedia services require large data volume and have to send the same data to several users. In order to provide efficient multimedia services that have those characteristic to mobile users, efficient multicast technique to support host mobility is required. Previous research that support multicast services in mobile computing based on Mobile IP have the non-optimization problem of data delivery path, overhead by frequent reconstruction of the multicast tree, and service disruption problem. In this paper, we propose the mobility pattern based multicast technique using variable service range according to the mobility of mobile hosts and resource reservation to solve this problems. The experimental results show that our proposed mechanism has improved performance than previous research.

Key words : Mobile System, Variable Range, Multicast

1. 서 론

최근 이동 네트워크 환경에서의 인터넷 사용의 급증과 더불어 다양한 종류의 멀티미디어 서비스가 사용자들에 의해 요구되고 있다. 인터넷을 이용해 영화를 볼 수 있는 VOD 서비스, 인터넷 방송 등이 대표적인 멀티미디어 서비스이다. 이러한 멀티미디어 서비스는 같은 정보를 여러 사람에게 보내야 하는 공통점이 있는데, 현재 인터넷에서 사용되는 일-대-일 전송방식보다는 일-대-다 또는 다-대-다 전송 방식의 멀티캐스트 기법을 사용하면 네트워크 자원을 효율적으로 이용하면서 데이타를 전송할 수 있다. 멀티캐스트 기법을 이동 네트워크 환경에서 지원하기 위해서는 기존 유선 네트워크에서의 멀티캐스트 지원기법[1-5]을 그대로 적용하기에는 문제가 따른다. 그 이유는 현재의 멀티캐스트 프로토콜은 유선 환경에서 고정된 호스트를 가정하고 있으며, 이동 네트워크 환경에서 멀티캐스트 서비스를 지원하기 위해서는 유동적인 그룹 멤버십뿐만 아니라 유동적인 멤버의 위치변화도 고려해야 하기 때문이다. Mobile IP에서는 이동성 지원을 위해서 이동 호스트가 최초로 주소를 할당 받은 네트워크의 이동 지원 라우터를 HA(Home Agent), 새로 이동한 네트워크의 이동 지원 라우터를 FA(Foreign Agent)라 하며 이들간의 터널(tunnel)을 설정한다. 현재의 Mobile IP를 이용하여 이동 네트워크 환경에서 멀티캐스트를 지원하기 위한 접근방법은 HA

· 이 논문은 2003학년도 홍익대학교 교내 연구비에 의하여 지원되었음
† 학생회원 : 홍익대학교 컴퓨터공학과
spshin@cs.honik.ac.kr
†† 종신회원 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 교수
rhanha@cs.hongik.ac.kr
논문접수 : 2003년 4월 22일
심사완료 : 2003년 9월 15일

와 FA 중 어느 것이 그룹의 멤버를 관리하고 그룹에 가입하는 연산을 수행하는가에 따라 HA기반 방식(양방향 터널링)과 FA기반 방식(원격 가입)으로 구분된다[6].

HA가 라우터의 역할을 담당하는 HA기반 방식은 HA를 기준으로 멀티캐스트 전송 트리가 구성되며, 이동 호스트가 외부 네트워크로 이동하는 경우에는 HA와 FA 멀티캐스트 사이에 터널을 설정하여 해당 FA로 멀티캐스트 데이타를 전달한다. 이 방식은 메시지가 항상 HA를 유하므로 메시지 전송 경로가 최적화되지 못하며, 만약 하나의 FA로 다른 HA로부터 같은 멀티캐스트 데이타를 수신하는 이동 호스트가 여러 개일 경우 이동 호스트들은 중복된 터널을 통해 데이타를 전송 받게 된다. 이 문제는 낮은 대역폭을 갖는 이동 네트워크 환경에서 네트워크 대역폭의 낭비를 초래한다. FA가 라우터의 역할을 담당하는 FA기반 방식은 멀티캐스트 데이타가 HA를 경유하지 않고, FA를 통해 이동 호스트에게 직접 전달된다. 이 방식은 FA를 기준으로 항상 최적의 멀티캐스트 전송 트리가 설정되어 네트워크 자원의 이용 효율이 높다. 그러나 이동 호스트가 이동할 때마다 멀티캐스트 그룹으로의 가입/탈퇴가 반복되어 처리 비용이 증가한다. 또한, 새로운 전송 트리가 구성되는 동안에 데이타 전송 지연과 데이타 손실 문제가 발생한다.

지속적인 데이타 전송이 필요한 멀티미디어 서비스를 효과적으로 제공하기 위해 유선 네트워크에서 RSVP(A New Resource ReSerVation Protocol)[9]가 연구되었다. 유선 네트워크에서는 호스트가 고정되어 있기 때문에 최초로 연결 설정시 필요로 하는 자원 예약 메시지만을 필요로 하였다. 그러나 RSVP에서는 호스트의 이동성을 고려하지 않았기 때문에 RSVP로는 이동 호스트가 이동한 새로운 위치를 알 수 없고, 이러한 이유로 RSVP를 무선 네트워크 상에서 그대로 적용하기 어렵다. RSVP를 확장하여 무선 네트워크 상에서 자원 예약 기법을 사용할 수 있도록 제안된 MRSVP(Mobile RSVP)[10]는 이동 호스트 각각에 대해 자원 관리를 하기 때문에 확장성의 문제와 이동 호스트의 관리에 대한 오버헤드 문제점이 있다.

본 논문에서는 기존의 멀티캐스트 기법이 갖는 문제점을 해결하기 위해 RBMoM(Range-based Mobile Multicast)[8]에서의 서비스 범위를 이동 호스트의 이동성에 따라 가변적으로 설정하고, 이와 함께 이동 방향에 대한 정보를 GPS(Global Positioning System)[12]를 통하여 얻어 이동 호스트가 서비스 범위 밖으로 이동할 때 이동하려는 방향의 네트워크에 자원 예약 기법을 함께 사용한다. 이를 통해 호스트의 이동으로 발생하는 멀티캐스트 그룹의 재구성 횟수를 줄이고, 이동 호스트의 서비스 단절을 최소화 시킨다. 또한 자원 예약시 발생하는 호스트 관리의 오버헤드를 줄이기 위해 가변적으로 설정된 서비스 범위를 하나의 그룹으로 설정하여 관리를 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 기존의 멀티캐스트 기법과 자원 예약 기법에 대해 설명하고, 3절에서는 제안하는 가변 서비스 범위 멀티캐스트 기법에 대해 기술한다. 4절에서 실험을 통해 제안된 기법을 평가 분석하고, 5절에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

이 절에서는 기존의 멀티캐스트 기법과 자원 예약 기법에 대해서 살펴본다. 먼저 이동 네트워크에서의 멀티캐스트 기법인 MoM[7], RBMoM[8] 등에 대해 알아본다. 그리고 자원 예약 기법인 RSVP[9]와 MRSVP[10]에 대해 설명한다.

2.1 멀티캐스트 기법

이동 네트워크 환경에서의 멀티캐스트 기법은 멀티캐스트 라우터의 역할을 HA가 담당하는 경우와 FA가 담당하는 경우로 구분된다[6]. HA 기반의 양방향 터널링 방식은 라우팅 비용이 낮은 장점을 갖지만 항상 HA를 경유하므로 메시지 전송 경로가 최적화되지 못하며, 중복 터널링 문제가 발생할 수 있어 대역폭 사용의 효율성을 제공하지 못한다. FA 기반의 원격 가입 방식은 FA를 기준으로 항상 최적의 멀티캐스트 전송 트리가 설정되고 양방향 터널링 방식에 비해 네트워크 자원의 이용 효율이 높다. 그러나 이동 호스트가 이동할 때마다 멀티캐스트 그룹으로의 가입/탈퇴가 반복되어 처리 비용이 증가하고, 새로운 전송 트리가 구성되는 동안에 데이타 전송 지연과 메시지 손실 문제가 발생하는 단점이 있다.

MoM[7]은 양방향 터널링 방식에 기반하여 이동 호스트들의 이동에 따라 발생할 수 있는 중복 터널링 문제를 해결하기 위한 프로토콜이다. MoM은 하나의 FA를 통해 여러 HA가 터널링을 함으로써 발생하는 중복된 데이타의 전송을 막기 위해 DMSP(Designated Multicast Service Provider)를 이용한다. DMSP는 중복 전송을 하는 HA들중에 하나가 선택되고 선택된 DMSP는 FA에게 데이타를 전달하는 역할을 한다. 즉, FA는 HA만을 DMSP로 지정함으로써 복수의 HA들로부터 데이타를 중복하여 수신하지 않도록 제어한다. 이 방식은 DMSP 핸드오프 문제가 발생하는데, DMSP 핸드오프는 FA가 새로운 DMSP를 선택하는 것을 의미한다. 이와 같은 핸드오프는 새로운 이동 호스트가 네트워크에 들어와서 현재의 DMSP보다 자신의 HA가 보다 적당하고 효과적인 것이 될 수 있을 경우 또는 현재 DMSP의 이동 호스트들이 다른 네트워크로 이동을 했을 경우에

발생하는데, DMSP 핸드오프가 발생하면 새로운 DMSP를 선택하기 이전에 데이타가 전달되어 전송할 데이타가 손실될 수 있다.

RBMoM[8]은 홉 카운트로 정의된 MHA(Multicast Home Agent)의 서비스 범위를 사용한다. MHA는 현재 이동 호스트가 위치하고 있는 FA에게 멀티캐스트 데이타를 터널링하는 책임을 지고 있는 에이전트로서 HA나 FA가 될 수 있다. 이 기법은 양방향 터널링과 원격 가입 방식의 중간 형태로서 이동 호스트가 MHA의 서비스 범위를 벗어날 경우에만 트리를 재구성하여 원격 가입 방식보다 트리 재구성 횟수를 줄이게 되고, 양방향 터널링 방식처럼 항상 HA를 거치지 않고 MHA의 서비스 범위 내에서 경로를 선택함으로써 최단에 가까운 경로 설정을 하게 된다. 이동 호스트가 MHA의 서비스 범위를 벗어나는 경우는 처음 방문 받은 FA가 자신을 MHA로 선택하고 멀티캐스트 그룹에 가입한 후, 자신의 서비스 범위만큼 이동 호스트에게 터널링을 해준다.

RBMoM에서는 MHA가 갖는 서비스 범위의 거리를 모두 일률적으로 같은 크기로 고정하여 사용하는데, 서비스 범위의 결정을 현재 그룹에 속한 멤버의 수에 기초하여 결정한다. 멤버의 수가 많으면 서비스 범위를 크게 설정하고 적으면 작게 설정하게 된다. 그리고 모든 이동 호스트의 이동 속도가 모두 같다는 가정하에 서비스 범위를 결정한다. 그러나 실제 이동 네트워크 환경에서는 호스트의 이동으로 인해 지속적으로 그룹의 수는 변화하고 호스트의 이동 속도도 다양하기 때문에 초기에 정한 서비스 범위가 최적의 역할을 못하게 되는 경우가 발생하게 된다. 그러므로 고정된 크기의 서비스 범위로는 현실적인 상황을 반영하지 못하는 단점이 있다. 또한 이동 호스트가 MHA의 서비스 범위 밖으로 이동할 경우 새로운 MHA를 선택하는 과정에서 서비스 단절의 문제가 발생한다. 표 1은 이동 네트워크 상에서의 멀티캐스트 기법의 장단점을 간단히 기술한 것이다.

2.2 자원 예약 기법

RSVP[9]는 호스트가 특정 애플리케이션 데이타 흐름을 위해 네트워크에 일정 서비스 품질을 요청하는데 사용되는 프로토콜이다. 라우터가 데이타 경로상의 모든 노드들에게 서비스 품질을 요청하는 메시지를 전달하고 요청된 서비스를 제공하기 위해 상태를 설정하고 유지하는데 RSVP를 사용한다. RSVP 요청 메시지는 일반적으로 데이타 경로상의 각 노드에 자원이 예약되도록 한다. 즉 RSVP는 서비스 품질을 제공하기 위한 인터넷 구조에서 자원 예약을 담당한다. 그리고 자원 예약망에서 호스트와 특정 흐름에 대해 네트워크 자원을 협상하여 예약하고 라우터의 자원 예약 요청을 전달하며 협상된 자원 예약 상태를 유지한다. RSVP는 애플리케이션이 요구한 흐름 특성을 승인 제어부와 정책 제어부에게 전달하여 이 흐름를 서비스하기에 충분한 자원이 있는지를 체크하고 사용자가 자원을 예약할 권리가 있는지 여부를 판단하게 된다. 자원 예약망에 존재하는 라우터들은 백그라운드로 자원 예약 메시지를 처리하여 승인 제어부와 정책 제어부를 거쳐 네트워크 자원을 할당하게 되고 애플리케이션은 할당된 대역폭 내에서 유니캐스트, 멀티캐스트 데이타 트래픽을 전송함으로써 서비스 품질 향상을 볼 수 있다. 그러나 RSVP는 고정된 호스트를 갖는 유선 네트워크를 위해 제안된 자원 예약 프로토콜로서 호스트의 이동을 지원해야 하는 이동 네트워크에서는 사용하기 어려운 단점을 갖는다.

MRSVP[10]는 유선 네트워크의 RSVP[9]를 무선 이동 네트워크 환경에 맞게 호스트의 이동성을 지원하는 기능을 제공하는 자원 예약 기법이다. MRSVP는 RSVP에서 사용하는 PATH 메시지를 Active PATH와 Passive PATH로, RSEV 메시지를 Active RESV와 Passive RESV로 세분화하였다. 이렇게 세분화한 메시지를 사용해서 호스트의 이동을 지원하기 위해 두 가지 타입의 예약을 정의하는데 active reservation과 passive reservation이다. Passive reservation은 이동 호스트가 현재 위치한 주변 지역에 미리 예약을 하여 그에 대한 경로에 대해 자원을 예약을 해놓지만 실제로 데이타가 전송되지 않는 예약 상태이다. Active reservation은 passive reservation 상태에서 이동 단말이 passive reservation 된 곳으로 이동을 하면 실제로 예약된 경로로 데이타를 전송하는 상태이다. 즉, passive reservation은 이동할 수 있는 곳에 이동하는 단말의 정보만을 미리 주어 실제로 이동했을 때 효과적인 데이타

표 1 Mobile Multicast 기법 분류

방 식	장 점	단 점
양방향 터널링	트리 재구성 비용이 낮음	중복 터널링 문제
원격 가입	라우팅 경로의 최적화	트리 재구성 비용이 높음
MoM	중복 터널링 문제 해결	DMSP 핸드오프 문제
RBMoM	양방향 터널링과 원격 가입의 중간 기법	고정된 서비스 범위의 사용

전송이 이루어질 수 있도록 하는 준비 단계이다. 이렇게 예약 기법을 두 단계로 나눔으로써 호스트의 이동성을 지원하고, 예약 실패에 따른 불필요한 자원의 낭비를 막는 장점을 갖는다.

3. 가변 범위 멀티캐스트 기법

제안하는 멀태캐스트 기법은 멀티캐스트 그룹의 재구성 횟수를 줄이고, 서비스 범위 밖으로 이동하는 호스트에게 서비스 단절을 최소화시켜 지속적인 서비스 제공을 받을 수 있게 한다. 제안 기법은 RBMoM에서 MHA의 서비스 범위를 멀티캐스트 그룹에 속한 이동 호스트의 이동 속도 정도에 따라 다양하게 설정하고, 자원 예약 기법을 함께 사용하여 이동 호스트가 이동했을 때 멀티캐스트 데이타를 지속적으로 전송받을 수 있도록 한다. 이동 호스트는 다양한 이동 특성을 갖기 때문에 RBMoM에서와 같이 서비스 범위를 고정하여 사용하는 것은 비효율적이다. 그 이유는 RBMoM이 서비스 범위를 설정하여 멀티캐스트 트리의 재구성 횟수를 줄이는 효과를 가져왔으나, 이동 특성을 고려하지 않고 초기에 정한 서비스 범위만을 사용하기 때문이다. RBMoM에서는 서비스 범위를 현재 그룹에 속한 이동 호스트의 수에 따라 결정하였고, 이동 호스트들의 이동 속도가 모두 같다고 가정하였기 때문에 실제의 상황을 반영하고 있지 못하고 있다. 이동성이 큰 호스트들이 보다 넓은 서비스 범위에서 멀티캐스트 서비스를 받으면 이동에 따른 트리의 재구성 횟수가 작은 서비스 범위를 가졌을 때보다 줄어드는 효과가 있고, 반대로 이동성이 적은 호스트들은 작은 서비스 범위를 통해 멀티캐스트 서비스를 받으면 데이타 전송 경로가 줄어드는 효과를 얻을 수 있다. 그래서 본 제안에서는 이동 호스트가 갖는 이동성[11]을 크게 3가지 형태로 분류하여 관리하고, 가변적인 서비스 범위 결정에 사용하게 된다. 이동 호스트들이 갖는 mobility-type은 표 2와 같다.

pico-mobility는 움직임이 거의 없는 경우를 나타내는데, 이동 단말의 사용자가 정지해 있거나 미약하게 움직이는 경우를 나타낸다. micro-mobility는 자동차 등의 이동 수단을 통해 pico-mobility보다 좀 더 빠르게 이동을 하는 경우를 나타내며, macro-mobility의 경우는 자동차 또는 기차 등의 이동 수단을 통해 매우 빠른 속도로 이동을 하고 있는 경우를 나타낸다.

표 2 Mobility 분류

Mobility	속도
Pico-mobility	0-10km : walk
Micro-mobility	10-50km : vehicle
Macro-mobility	50-200km : vehicle/train

서비스 범위는 표 2의 mobility 정보를 이용하여 결정하게 되는데, 다음의 식 (1)을 이용하여 결정되며, 식 (1)에서 사용되는 변수값 중 R_t는 시간 t에서의 서비스 범위를 나타낸다. 그리고 p, mi, ma는 각각 pico-mobility, micro-mobility, macro-mobility를 호스트의 개수를 의미한다. 그리고 W_p, W_{mi}, W_{ma}는 각각 p, mi, ma의 가중치를 의미한다.

$$R_t = \lfloor p \times W_p + mi \times W_i + ma \times W_a \rfloor \quad (1)$$

식 (1)이 나타내는 의미는 이동하는 호스트가 갖는 각각의 이동 타입에 맞는 가중치를 곱하여 반올림을 하는 것이다. 각각의 mobility에 가중치를 두는 것은 서비스 범위를 결정할 때 각 mobility의 개수가 어떻게 바뀌느냐에 따라 변해야 하는 서비스 범위를 올바르게 반영하기 위해서이다. 가중치를 결정할 때 pico-mobility의 가중치를 가장 작게 하고, 그 다음으로 micro, macro 순으로 크게 정해야한다. 그 이유는 이동 호스트들이 이동을 하여 각 mobility의 수가 변했을 때 서비스 범위에 가장 크게 영향을 미칠 수 있는 것은 macro-mobility이기 때문이다. R_t 값은 서비스 범위 안에 속한 이동 호스트의 수와 그 이동 호스트가 갖는 이동 속도에 따라 결정된다. 그리고 한번 정해진 값이 계속 고정되는 것이 아니라 이동 호스트의 이동에 따라 계속 변할 수 있다. 같은 수의 이동 호스트가 있을 지라도 이동 속도가 빠른 것이 많으냐 적으냐에 따라서 R_t 값은 변하게 된다. 또는 이동 속도가 같을지라도 이동 호스트의 수가 적으냐 많으냐에 따라 R_t 값은 변하게 되는 것이다. 그러나 이 값이 호스트의 이동으로 인해 빈번하게 변하는 것을 방지하기 위해 각 mobility에 따라 가중치를 적용시켜 사용한다.

MHA는 식(1)을 이용하여 결정된 서비스 범위를 가지고 데이타를 터널링하며, 호스트의 이동으로 인해 현재의 서비스 범위가 조정되어야 할 때 이전 서비스 범위와 비교하여 재조정을 하게 된다. 서비스 재조정은 다음의 설명에 따른다. 이전의 서비스 범위를 R_n, 이동 호스트들의 이동에 따라 새롭게 계산된 현재 서비스 범위를 R_{n+1}이라 할 때 R_n과 R_{n+1}이 같다면 이동 호스트들의 움직임이 적거나 서비스 범위의 재조정에 영향을 미칠 정도가 아니기 때문에 서비스 재조정이 필요가 없을 것이다. 그러나 R_{n+1}이 R_n보다 크다는 것은 이동성이 큰 호스트들이 많다는 것이므로 서비스 범위를 늘려 트리의 재구성 횟수를 줄일 수 있도록 해야 할 것이다. 그와 반대로 오히려 R_n이 R_{n+1}보다 크다는 것은 이동 호스트들의 움직임이 작은 pico-mobility를 갖는 호스트들이 많다는 것이므로 이때는 서비스 범위를 줄이는 것이 효율적이다. 그러나 서비스 범위를 줄임으로 인해서 서비스 범위를 벗어나게 되는 이동 호스트들이 있을 수 있

다. 이것은 서비스 범위를 줄였을 때 MHA에서 관리하는 이동 호스트의 개수와 줄이기 전의 이동 호스트 개수가 차이가 날 경우가 발생되면 서비스 범위를 줄이지 않고 그대로 유지해야 서비스 범위 안에 있는 이동 호스트가 지속적으로 멀티캐스트 서비스를 받을 수 있다.

초기의 서비스 범위는 트리를 처음 구성한 이후에 HA를 MHA로 정하고 MHA 속한 이동 타입에 따른 이동 호스트의 수에 따라 식 (1)을 적용하여 결정한다. 그리고 초기의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 RBMoM과 같이 CBT(Core Based Tree)[4]를 이용하여 설정한다. CBT는 송신자에서부터 코어(core)까지는 트리 경로가 변하지 않는 장점을 가지므로 이것을 이용한다. 제안하는 방법도 MHA가 코어가 되므로 송신측에서부터 MHA까지는 경로가 변하지 않고, 이동 호스트가 멀티캐스트 트리에 재가입한다는 것은 곧 코어에 가입하는 것을 의미한다. 그러므로 멀티캐스트 트리의 재구성이 이동 호스트의 이동으로 인해 전체적으로 변하지 않고, 서비스 범위의 재설정으로 변하게 되는 부분만 지역적으로 이루어지게 된다. 그리고 현재 이동 호스트가 위치한 서비스 범위 안의 MHA이외에 다른 위치에 있는 MHA는 MFA(Multicast Foreign Agent)라고 하겠다. MFA는 MHA와 같은 역할을 하며 용어의 차이만 있을 뿐이다.

그림 1은 제안하는 기법의 예제로서 이동 호스트들의 이동성에 따라 서비스 범위를 다르게 설정하는 것을 보여주고 있다. 이동성이 큰 호스트들이 많이 모여 있는 곳은 서비스 범위를 크게 하여 불필요한 트리의 재구성 횟수를 줄이고, 이동성이 적은 이동 호스트들이 많이 모여 있는 MHA는 그만큼 서비스 범위를 줄여 사용한다. 그리고 그림 2는 서비스 범위 변화에 따른 트리의 재구성을 보여주는 예제이다. 초기의 서비스 범위는 1이고, 서비스 범위 안에 속하는 FA는 2, 3이다. 이때 서비스

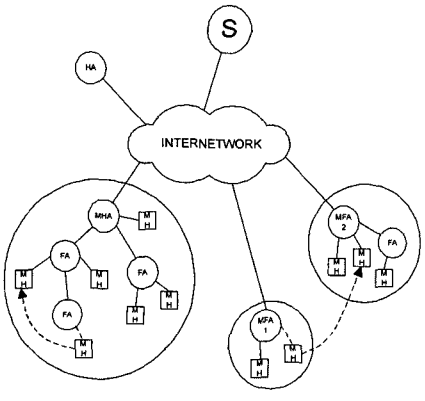

그림 1 가변 서비스 범위 멀티캐스트 기법

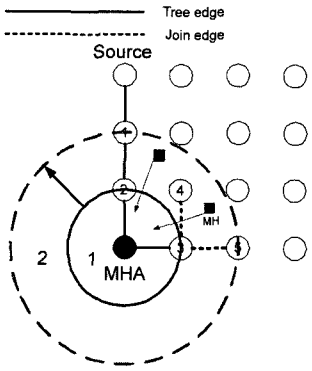

그림 2 멀티캐스트 트리의 재구성

범위가 2로 증가하여 FA 4와 5가 멀티캐스트 트리에 가입을 하게 되면 MHA(core)까지의 경로 변화는 없고, 기존의 경로에 FA 4와 5에 대한 경로를 덧붙여 전체 경로를 설정하게 된다. 반대로 서비스 범위가 2에서 1로 줄었을 때 MHA까지의 경로 변화는 없이 FA 4와 5를 전체 트리에서 삭제하여 트리를 재구성한다. 즉, 서비스 범위의 변화로 인해 전체적인 트리의 재구성이 일어나는 것이 아니고 지역적으로 트리의 재구성이 일어나게 되는 것이다.

이동 호스트가 이동을 하게 되면 서비스의 지속적인 제공을 위해 자원 예약을 하게 되는데, 이때 이동 호스트는 passive RESV message를 송신자에게 보내 자원 예약을 할 것을 알린다. passive RESV message를 받은 송신자는 passive PATH message를 보내 자원을 예약하기 위한 경로를 설정하게 된다. Passive message를 보내는 것은 이동 호스트가 자원을 예약한 이후에 자원을 예약한 곳으로 이동을 하지 않고, 다른 곳으로 방향을 바꾸어 이동을 하면 자원 예약한 경로의 불필요한 자원 낭비가 발생할 수 있는데, 이와 같은 불필요한 자원 예약에 따른 자원 낭비를 막기 위한 것이다. 이동 호스트가 passive 예약을 한 곳으로 실제 이동한 경우에 passive 상태를 active 상태로 바꾸어 실제적인 자원 예약이 이루어지게 하며, 데이타를 예약한 경로로 전송한다. 본 제안에서는 서비스 범위 안에서 이동할 때는 처음에 이동 호스트가 서비스 범위 안에 진입했을 때 한번만 passive RESV message를 보내고, 송신자도 처음에 한번만 passive PATH message를 보낸다. 이때 보내는 passive PATH message는 서비스 범위 안의 모든 경로에 보내지게 된다. 이렇게 하게 되면 이동 호스트가 서비스 범위 안에서 이동을 했을 때 더 이상의 불필요한 메시지 교환을 없앨 수 있다. 즉, 서비스 범위를 하나의 그룹으로 간주하여 서비스 범위 안의 경로에 대해 passive reservation을 한다. 이것을 통해 멀티

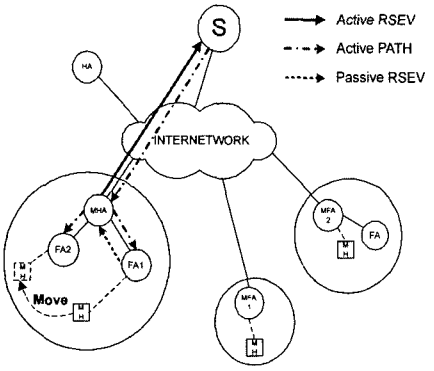

그림 3 서비스 범위 안에서 이동

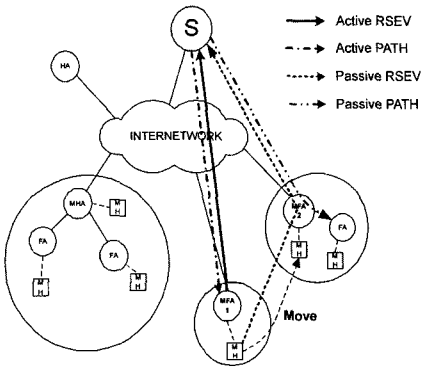

그림 4 서비스 범위 밖으로 이동

캐스트 그룹에 속한 모든 이동 호스트가 이동할 때마다 요구하는 자원 예약에 대한 오버헤드를 줄일 수 있다.

MRSVP는 이동 호스트가 다른 네트워크로 이동을 할 때마다 passive/active message를 송신자와 수신자가 매번 서로 교환하는데, 제안하는 기법에서는 이동 호스트가 서비스 범위 안에 진입하는 순간에 한번씩만 교환하고, 서비스 범위 안에서 다른 네트워크로 이동을 할 때는 MHA에서 passive 상태를 active 상태로 바꿔주는 작업만 하므로 메시지 교환 횟수가 줄게 된다. Passive message가 서비스 범위 안의 모든 경로에 이루어져 있으므로 이동이 있을 때는 active message를 통해 실제로 자원 예약이 이루어지고 데이타를 전송하게 된다. 그림 3은 서비스 범위 안에서의 이동에 따른 자원 예약을 보여주는데, passive PATH message는 이동 호스트가 서비스 범위 안에 진입했을 때 서비스 범위 안에 모든 경로에 보내지므로 그림에 나타나 있지 않다. 이동 호스트가 FA1에서 FA2로 이동을 하게 되면 passive PATH를 active PATH로 바꿔 데이타를 전송하게 된다. 그리고 서비스 범위 밖으로 이동했을 경우에는 GPS 정보를 이용하여 이동 방향에 대한 정보를 얻고, 이동하려는 곳으로 자원 예약을 하게 된다. 이때도 마찬가지로 이동 호스트는 passive RESV message를 이동하려는 곳의 송신자에게 한 번만 보내게 되고, 송신자는 이동하려는 곳의 서비스 범위 내의 모든 경로에 대해 passive PATH message를 보내 자원 예약을 위한 준비를 하게 된다. 그림 4는 서비스 범위 밖으로 이동했을 때의 동작을 보여준다. MFA1의 서비스 범위에 있었던 호스트가 MFA2의 서비스 범위로 이동을 하게 되면 MFA2를 거쳐 송신자에게 passive RESV message를 보내고, 송신자는 passive PATH message를 보내 경로를 설정한다. 이러한 passive 상태는 MFA2의 서비스 범위 안으로 이동하여 진입하게 되면 active 상태로 바뀌어 자원 예약한 경로를 통해 서비스를 받고, 이것은 서비스 범위 안에서 이동하는 경우와 같다.

이동 호스트가 이동할 때 이동 호스트가 움직이는 방향을 결정하기 위해 GPS 정보를 이용하게 되는데, 이동 호스트는 GPS[12]로부터 자신의 현재 위치, 현재 이동 방향에 대한 정보를 얻을 수 있으므로 이 정보를 현재 자신이 속한 MHA에게 보내 자신의 현재 상태를 지속적으로 알려준다. 본 논문에서 이동 호스트는 GPS로부터 자신의 위치 및 방향에 대한 정보를 정확히 얻을 수 있다고 가정한다. 이동 호스트는 방향 벡터를 가지고 이동을 하며, MHA로부터 멀어지게 되면 방향 벡터 값이 커지고, MHA로 가까워지면 방향 벡터값이 작아진다. 이동 방향 벡터값에 절대값을 취하면 MHA와 이동 호스트간의 거리값이 스칼라값으로 나오게 되므로, 이동 호스트가 MHA로부터 어느 정도 떨어져 있는지를 알 수 있다. 이 때 이동 호스트가 서비스 범위 가장자리에 있을 경우 근접한 위치의 MFA에게 이동 호스트의 상태 정보를 넘겨주어 서비스 범위의 재설정 또는 자원 예약에 대한 준비를 해놓는다. 각 이동 타입에 따른 가장자리에 대한 값의 결정은 식 (2)를 따른다.

$$B_j = R_t + (1 - W_j) \quad (2)$$

B_j는 앞에서 설명한 가장자리를 나타내기 위한 값으로 표 2에서 정의한 이동 타입에 따라 3개의 값을 가지게 되며, 서비스 범위보다 작은 값을 갖는다. j는 각 mobility에 따른 가중치를 표현하기 위해 사용된다. B_j는 pico-mobility일 때 가장 큰 값을 가지며, macro-mobility일 때 가장 작은 값을 갖게 된다. 이유는 이동 호스트가 현재 서비스 범위인 R_t와 B_j 사이에 있을 때 자원 예약을 하게 되는데, 이동성이 클수록 R_t와 B_j 사이에 머물러 있는 시간이 짧으므로 B_j값을 작게 하여 가장자리를 넓게 사용하기 위해서이다. 이동성이 작은

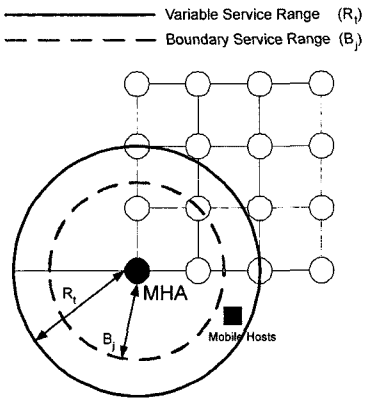

그림 5 서비스 범위와 가장자리 서비스 범위

것은 그 반대로 설명된다. 그리고 R_t는 이동 호스트가 현재 속한 MHA의 서비스 범위이며, W_j는 3절에서 설명한 이동 타입에 따른 가중치이다. 앞의 식 (2)를 통해 이동 호스트가 R_t와 B_j의 사이에 위치하게 되면 이동 호스트는 이동하고 있는 방향의 MHA에게 자신의 정보를 보내 서비스 범위의 재설정 및 자원 예약에 대한 준비를 하게 한다. 실제적으로 서비스 범위를 재설정하거나 자원 예약을 하는 시점은 이동 호스트가 현재의 MHA가 갖는 서비스 범위를 벗어날 때이다. 정보를 넘겨받은 MHA는 서비스 범위의 재설정을 결정하고, 이동 호스트가 실제로 현재 속한 서비스 범위에서 벗어나게 되면 서비스 범위의 재설정과 함께 자원 예약을 한다. 그리고 이때 자신이 속했던 MHA도 필요에 따라 서비스 범위의 재설정을 수행하게 된다. 그림 5는 서비스 범위(R_t)와 가장자리 사이(B_j)에 이동 호스트가 있는 모습을 보여주고 있는데, 그림에서와 같은 상황에서 자원 예약을 한다.

4. 성능 평가

성능 평가는 NS-2[13]를 이용하였으며, 네트워크는 10×10 mesh 네트워크로 구성을 하여 평가하였다. 초기의 서비스 범위는 트리를 처음 구성한 이후에 HA를 MHA로 정하고 MHA 속한 이동 타입에 따른 이동 호스트의 수에 따라 식 (1)을 적용하여 결정한다. 그리고 mobility에 따른 가중치를 W_p=0.1, W_i=0.3, W_a=0.5로 정하였다. 가중치는 각 표 2에 나타난 각 mobility가 갖는 속도의 비율에 따라 정한 것이며, 만약에 mobility를 더욱 세분화하여 사용한다면 가중치도 더욱 세분화하여 서비스 범위 결정에 반영시킬 수 있을 것이다. 멀티캐스트 패킷의 도착 시간 평균은 $pktsize*8/rate$이며, $\lambda=(1/rate)*pktsize*8$를 가지는 지수 분포를 따른다. 앞 식에서 8을 곱하는 이유는 패킷 크기가 byte로 표현되므로 bit로 변화시키기 위한 것이다. 그리고 트래픽을 2.4Mbps, 패킷의 크기는 512Byte로 정하였으며 멀티캐스트 그룹의 이동 호스트의 개수는 10-50개로 변화시키며 실험하였다. 각 호스트의 이동 속도는 0-200Km/hour로 랜덤하게 생성되게 하였으며, 각 노드간의 거리는 500m로 하였다. 그리고 그룹으로 가입하기 위하여 걸리는 시간은 20msec, 이동 호스트가 MHA까지 등록되기까지 걸리는 시간을 5msec로 가정하였다.

평가 요소는 호스트의 이동에 따른 멀티캐스트 트리의 재구성 횟수와 서비스 단절 시간으로 RBMoM[9], 원격 가입 방식[6]의 경우와 비교를 하였다. 트리의 재구성 횟수는 서비스 범위를 벗어나서 이동할 때 멀티캐스트 그룹으로의 가입 및 탈퇴 연산을 비교하였으며, 서비스 단절 시간은 서비스 범위를 벗어나 다른 네트워크로 이동했을 때 가입하기까지의 시간을 측정하여 비교하였다.

4.1 트리 구성

그림 6은 제안하는 기법 VRBMoM의 트리의 재구성 횟수를 원격 가입 방식, RBMoM과 같이 비교하였다. 그림에서 보듯이 제안하는 기법의 오버헤드가 다른 두 방식보다 낮은 것을 볼 수 있다. 원격 가입 방식은 이동 호스트가 이동할 때마다 트리를 다시 구성함으로 인해 트리 구성의 횟수가 매우 높게 나타났으며, RBMoM은 트리 재구성 횟수가 비교적 적은 결과를 나타내며, 이동 호스트의 이동성을 고려하지 않고 서비스 범위가 고정되어 있기 때문에, 이동성을 고려한 제안 기법이 더 적은 트리 재구성 횟수를 보인다. 그리고 네트워크를 20×20으로 크게 하여 실험을 했을 때의 트리 재구성 횟수를 보여준다. 다른 성능 측정 변수는 같은 값을 가지고 실험하였다. 그림 7을 보면 트리의 재구성 오버헤드가 그림 6과 비교했을 때 전체적으로 비슷한 성능을 보인다. 이것은 제안 기법의 트리 재구성의 오버헤드는 네트워크가 커져도 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 보여주고 있다. 이와 같은 결과 값을 보여주는 이유는 트리의 재구성이 이동 호스트의 이동이 어느 정도인가 따라 변하게 되는 것으로 네트워크가 커진 것만으로는 트리 재구성의 오버헤드에 큰 영향을 주지 않기 때문이다.

그림 8, 9, 10은 이동 호스트의 이동성을 각각 pico-, micro-, macro-mobility로 고정하고 트리의 재구성 횟수를 측정한 그래프이다. 세 그림에서 보면 원격 가입 방식은 항상 가장 많은 트리의 재구성 횟수를 보이고 있다. 그리고 이동성이 클수록 트리의 재구성 횟수는 더욱 늘어나는 것을 확인할 수 있다. 그림 9에서는 제안 기법의 트리 재구성 횟수가 조금 더 좋은 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 결과를 보이는 이유는 제안 기법이 이동 호스트가 모두 같은 이동성을 갖

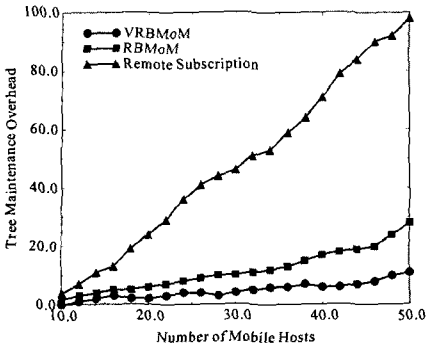

그림 6 10×10 네트워크에서의 트리 재구성 횟수

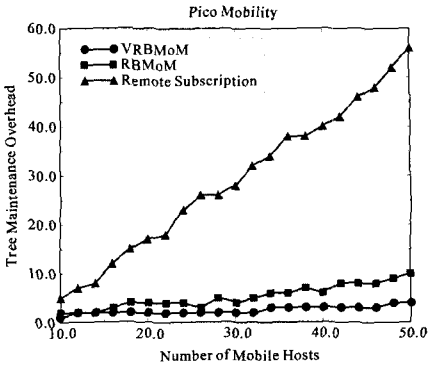

그림 8 Pico-mobility의 트리 재구성 횟수

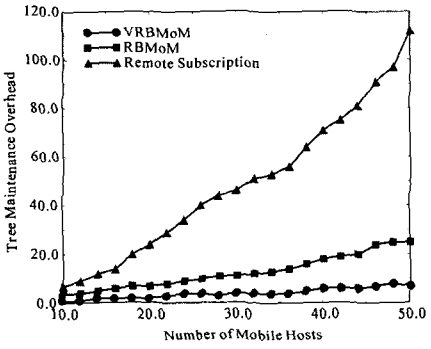

그림 7 20×20 네트워크에서의 트리 재구성 횟수

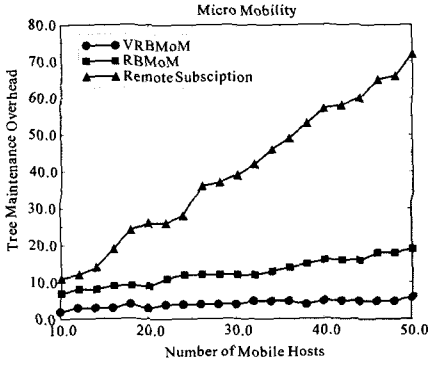

그림 9 Micro-mobility의 트리 재구성 횟수

더라도 RBMoM처럼 모두 같은 서비스 범위를 갖는 것이 아니라 서비스 범위에 속한 호스트의 개수에 따라 다르게 설정될 수 있는데, 그림 8의 실험에서 이와 같은 상황이 발생하여 RBMoM에서의 고정된 서비스 범위보다 크게 설정된 서비스 범위가 설정되었기 때문이다. 그림 9와 그림 10을 보면 mobility가 클수록 RBMoM과 제안 기법의 트리 재구성 횟수의 차이가 더욱 벌어지게 되는데, 그 이유는 이동성이 클수록 제안 기법에서는 서비스 범위가 넓어져서 이동 호스트가 서비스 범위를 벗어나서 이동하는 경우가 고정된 서비스 범위를 갖는 RBMoM보다 적기 때문에 트리의 재구성 횟수가 줄어들게 되는 것이다. 즉, 이동성이 큰 호스트들이 많을수록 제안 기법은 RBMoM보다 높은 성능 향상이 있음을 확인할 수 있다.

4.2 서비스 단절

그림 11, 12는 제안 기법의 서비스 단절 시간을 RBMoM, 원격 가입 방식과 비교한 것이다. 여기서 2.4Mbps의 트래픽을 갖는 데이타는 비디오 또는 오디오 등의 멀티미디어 서비스 데이타이며, 500Kbps의 트래픽을 갖는 데이타는 일반적인 바이너리 데이타 또는

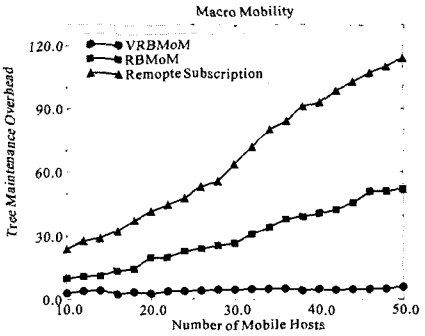

그림 10 Macro-mobility의 트리 재구성 횟수

텍스트 데이타를 의미한다. 서비스 단절은 이동 호스트가 현재가 자신이 속해 있는 서비스 범위를 벗어나 다른 서비스 범위로 이동을 할 때 발생하게 된다. 그림에서 보면 제안 기법과 원격 가입 방식, RBMoM 모두 서비스 단절이 있으나 제안 기법은 자원 예약을 사용하고 있기 때문에 서비스 단절 시간이 원격 가입 방식과 RBMoM보다 짧은 것을 볼 수 있다. 원격 가입 방식이 가장 긴 서비스 단절 시간을 보이는데, 이 경우에 이동

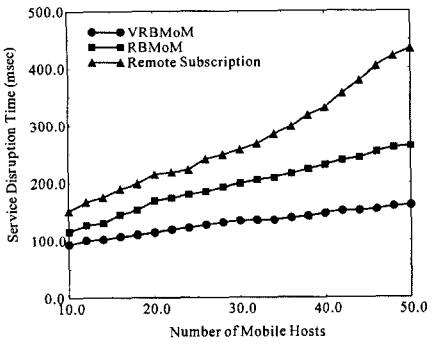

그림 11 2.4Mbps 트래픽 데이타의 서비스 단절 시간

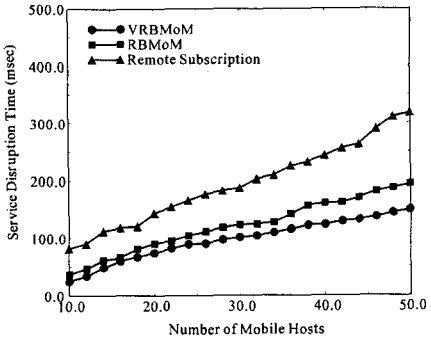

그림 12 500Kbps 트래픽 데이타의 서비스 단절 시간

호스트가 새로운 FA에 등록하는 횟수가 많으므로 그만큼 서비스 단절 시간이 길어진다. 그리고 그림 12는 트래픽을 500Kbps로 했을 때 서비스 단절 시간을 측정한 그래프이다. 그림 11과 비교하였을 때 각 기법의 성능 차이가 약간 줄어드는 것을 볼 수 있으나 그림 11과 마찬가지로 제안 기법의 성능이 가장 좋은 것을 볼 수 있다. 차이가 줄어든 이유는 2.4Mbps의 트래픽을 갖는 데이타의 경우 패킷이 전송되어 오는 간격이 짧고, 500Kbps의 트래픽을 갖는 데이타는 2.4Mbps의 데이타보다 패킷의 도착 시간 간격이 더 길다. 패킷의 도착 시간 간격이 더 길수록 서비스 단절의 영향을 적게 받으므로, 이러한 이유로 500Kbps의 트래픽을 갖는 데이타가 서비스 단절의 영향을 적게 받는다.

4.3 자원 예약 오버헤드

그림 13은 자원 예약을 하기 위한 송신자와 수신자간의 주고받는 메시지 교환 횟수를 비교한 것이다. 메시지는 passive RESV/PATH message와 active RESV/PATH message이다. 그림을 보면 MRSVP는 호스트가 이동할 때마다 각 메시지를 송신자와 수신자간에 모두 교환하지만 제안 기법은 서비스 범위 안에서 이동할 때는 처음 가입할 때만 메시지를 교환하고 그 이후에는 passive 예약 상태를 active 예약 상태로 바꿔주는 작업만을 하기 때문에 메시지 교환 횟수가 줄어듦을 확인할 수 있다.

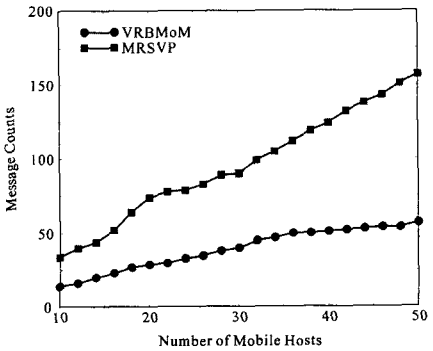

그림 13 자원 예약하기 위한 메시지 교환 횟수

5. 결 론

본 논문에서는 이동 네트워크에서 효율적으로 멀티캐스팅을 제공하기 위해 서비스 범위의 설정을 그룹에 속하는 이동 호스트들의 이동성에 따른 mobility-type를 통해 가변적으로 설정하고 이와 함께 자원 예약 기법을 사용하는 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 이동 호스트의 이동성에 적응하여 서비스 범위를 가변적으로 설정하여 사용하기 때문에 호스트의 이동으로 인한 트리의 재구성 횟수를 RBMoM보다 줄이는 성능 향상이 있다. 그리고 자원 예약 기법을 사용함으로써 서비스 범위를 벗어나서 이동할 때 발생하는 서비스 단절을 줄인다.

현재 이동 통신 환경이 급속도로 발전하면서 다수의 사용자가 이동 단말기를 통해 멀티미디어 서비스를 제공받고 있으며, 앞으로 더욱 많은 사용자가 이러한 서비스를 요구할 것이다. 유선 네트워크와 달리 이동성을 가지는 무선 네트워크에서 네트워크 자원을 효과적으로 사용하며 멀티미디어 서비스를 지원하기 위해서는 이동성을 지원하는 효율적인 멀티캐스트 기법이 필요하다. 제안한 기법은 서비스 범위를 그룹에 속하는 이동 호스트들의 이동성에 따른 mobility-type를 통해 가변적으로 설정하고, 자원 예약 기법을 사용함으로써 효율적인 멀티캐스트 서비스를 제공한다. 특히 본 논문에서 제안한 기법은 이동 호스트의 이동성을 고려하여 서비스 범위를 결정함으로 기존의 다른 기법에 비해 이동 호스트가 각기 다른 속도를 가지고 움직이는 실제 상황을 반영하였다.

제안 기법은 멀티캐스트 재구성의 오버헤드를 줄임으

로써 앞으로 더욱 증가할 이동 네트워크 사용자에게 이동의 투명성을 제공하고, 자원 예약 기법을 통해 서비스 단절을 줄여 안정적인 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 그리고 이를 통해 멀티캐스트 서비스에 대한 전체 사용자의 만족도를 높일 수 있다. 본 논문에서 제안한 멀티캐스트 기법에서 고려되지 않은 부분은 송신자의 이동이다. 앞으로 송신자의 이동도 고려하여 보다 효과적인 멀티캐스트 서비스를 제공할 수 있는 연구가 이루어져야할 것이다.

참 고 문 헌

[1] D. Waitzman, C. Partridge and S. Deering (eds.), Distance vector multicast routing protocol, RFC 1075, November 1988.

[2] J. Moy, Multicast Extension to OSPF, RFC 1584, March 1994.

[3] D. Estrin, D. Farinacci, A. Helmy, V. Jacobson, and L. Wei, Protocol Independent Multicast-Dense Mode (PIM-DM): Protocol Specification, Internet Draft, January 2003.

[4] A. Ballardie, P. Francis and J. Crowcroft, "Core Based Trees: An architecture for scalable inter-domain multicast routing," in Proceedings of ACM SIGCOMM, pp. 85-95, 1993.

[5] S. Deering, D. Estrin et al., Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification, RFC 2362, June 1998.

[6] C. Perkins, IP mobility support, RFC2002, October 1996.

[7] T. G. Harrison, C. L. Williamson "Mobile Multicast (MoM) Protocol: Multicast Support For Mobile Hosts," in Proceeding of ACM MOBICOM, pp. 151-160, 1997.

[8] C. R. Lin, K.-M. Wang, "Mobile Multicast Support in IP Network," INFOCOM, Vol3, pp. 1664-1672, 2000.

[9] L. Zhang, S. Deering, D. Estrin, S. Shenker and D. Zappala, "RSVP: A New Resource ReSerVation Protocol," IEEE Network, vol 7, pp. 8-18, September 1993.

[10] A. K. Talukdar, B. R. Badrinath and A. Acharya, "MRSVP: A Reservation Protocol for an Integrated Services Packet Network with Mobile Hosts," Tech. report TR-337, Rutgers university, 1998.

[11] S. Uskela, "Mobility management in mobile internet," Third International Conference on 3G Mobile Communication Technologies, pp. 91-95, 2002.

[12] M.-H. Chiu, M. Bassiouni, "Predictive channel reservation for mobile cellular networks based on GPS measurement," IEEE International Conference on Personal Wireless Communication, pp. 441-445, 1999.

[13] http://www.isi.edu/nsnam/ns/

신 승 필

2001년 8월 홍익대학교 컴퓨터공학과 졸업. 2001년 9월~현재 홍익대학교 대학원 컴퓨터공학과 실시간 시스템 전공 석사과정. 관심분야는 실시간 시스템, 이동 컴퓨팅, 멀티캐스트

하 란

1987년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업 1989년 서울대학교 컴퓨터공학과 석사 1989년 3월~1990년 7월 한국통신 전임연구원. 1995년 University of Illinois at Uubana-Champaign 컴퓨터공학 박사 1995년 9월~현재 홍익대학교 컴퓨터공학과 부교수. 관심분야는 실시간 시스템, 멀티미디어 시스템, 이동 컴퓨팅, 내장 시스템