

논문 2004-41TC-5-1

IPv6 기반 이동망에서 호스트 이동성 보장을 위한 최적화된 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

(An Optimal Multicast Routing Protocol for Guaranting Host Mobility
in IPv6-Based Mobile Networks)

양 승 제*, 강 명 규*, 박 성 한**

(Seung Jei Yang, Myeong Gyu Kang, and Sung Han Park)

요 약

본 논문에서는 IPv6 기반 이동망에서 호스트들의 이동성에 따른 최적화된 경로로 멀티캐스트 데이터를 전달하기 위한 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 제안한다. 이를 위하여 제안하는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 이동 호스트의 이동 속도에 따라 터널링 길이를 제한하여 트리 재구성 오버헤드를 줄인다. 또한 종단간 지연의 상한 값을 만족하면서 끊김 없는 핸드오프를 지원하는 것을 목적으로 한다. 시뮬레이션 및 분석적 결과는 기존 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들에 비해 제안하는 프로토콜이 이동 호스트의 이동성에 따라 트리 재구성과 터널링 서비스 및 멀티캐스트 패킷 손실 측면에서 보다 우수한 성능을 가짐을 보인다.

Abstract

In this paper, we propose a multicast routing protocol for the seamless delivery of multicast data to mobile hosts through the optimal route in IPv6-Based mobile networks. The proposed multicast routing protocol reduces the tree reconstruction overhead by limiting the tunneling length according to the mobility of mobile hosts. In this way, our protocol satisfies the bound of the end-to-end delay and supports the seamless handoff. Analytical and simulation results show that the proposed protocol has better performance in terms of the tree reconstruction, tunneling service and multicast packet loss than the previous protocols does.

Keywords : multicast routing, tunneling service, tree reconstruction, multicast packet loss

I. 서 론

인터넷 사용자의 이동성에 대한 욕구와 하드웨어 기술의 급속한 발전은 무선 인터넷이라는 거대한 시장을 만들어 빠른 속도로 성장하고 있다. 또한 무선 인터넷 사용자들의 다양한 무선 멀티미디어 서비스 특히 비디오 컨퍼런싱, VOD 서비스, 그룹 메일 전송과 같은 무

선 멀티캐스트 서비스에 대한 요구가 증가하고 있다^[1-3]. 따라서 이동 호스트들을 위한 효과적인 멀티캐스트 서비스에 대한 연구는 중요한 과제이다.

MoM^[4] 프로토콜은 Foreign Agent(FA)가 하나의 Home Agent(HA)를 Designated Multicast Service Provider(DMSP)로 지정하여 선택된 DMSP만이 FA로 멀티캐스트 데이터를 전달함으로써 터널 컨버전스 문제를 해결하고 있다. 그러나 이동 호스트의 핸드오프 빈도수가 증가하면 DMSP의 핸드오프가 빈번하게 발생하고, 이동 호스트가 HA로부터 멀리 떨어져 핸드오프 하는 경우에는 터널링 길이가 길어지는 문제점을 가진다. RBMoM^[5] 프로토콜은 IETF Mobile IP 워킹 그룹에서

* 학생회원, ** 정회원, 한양대학교 컴퓨터공학과
(Department of Computer Science and Engineering,
Hanyang University)

※ 이 논문은 2001년 한양대학교 교내연구비 지원으로 연구되었음.

접수일자: 2004년2월6일, 수정완료일: 2004년4월30일

제안하고 있는 remote subscription^[6]과 bi-directional tunneling^[6] 프로토콜의 혼합방식이다. RBMoM 프로토콜은 Multicast Home Agent(MHA)와 service range를 사용하여 터널링으로 인한 비용과 트리 재구성 비용간의 trade-off를 고려한다. 이 프로토콜은 멀티캐스트 트리 재구성을 위한 높은 비용을 지불하기 않고 최대한 짧은 경로로 멀티캐스트 데이터를 MHA에서 FA에게 터널링 할 때 가장 이상적인 결과를 보인다. 하지만 RBMoM 방식은 서비스 범위를 결정할 때 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 성능을 좌우하는 이동 호스트들의 이동성을 전혀 고려하고 있지 않다. 멀티캐스트 트리 재구성 비용은 이동 호스트의 핸드오프가 얼마나 자주 발생하는가에 달려있다. 이동 호스트의 이동성이 높다는 것은 이동 호스트가 다른 네트워크로 핸드오프할 빈도수가 높다는 것을 의미한다. 만약 이동 호스트의 이동성이 높은 경우에 서비스 범위를 작게 해주면, 이동 호스트가 서비스 범위를 벗어날 때 마다 트리를 재구성해야 하기 때문에 트리 재구성으로 인한 오버헤드 문제가 발생한다. 반면 이동 호스트의 이동성이 낮은 경우에는 다른 네트워크로 핸드오프할 빈도수가 작기 때문에 멀티캐스트 트리를 재구성하지 않고 MHA에게서 계속해서 터널링 서비스를 받게 된다. 이 경우 멀티캐스트 트리 재구성 비용을 줄일 수 있지만 서비스 시간이 지남에 따라 터널링 서비스로 인한 오버헤드가 트리 재구성으로 인한 오버헤드보다 커지기 때문에 오히려 성능 저하를 더 가져올 수 있다. 따라서 이동성이 높은 이동 호스트들에게는 트리 재구성으로 인한 오버헤드를 줄이기 위해 서비스 범위를 크게 해주어야 하고, 이동성이 낮은 이동 호스트들에게는 터널링으로 인한 오버헤드를 줄이기 위해 서비스 범위를 작게 해주어야 한다.

RBMoM 프로토콜의 또 다른 문제점은 이동 호스트가 서비스 범위를 벗어나 새로운 foreign network으로 이동 할 경우 foreign network이 현재 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않다면, 멀티캐스트 그룹에 가입하는데 걸리는 시간만큼 멀티캐스트 패킷 손실이 발생한다. DRBMoM^[7] 프로토콜에서는 RSVP기법을 사용하여 이러한 문제를 해결하고 있지만 RSVP 특성상 망자원의 낭비라는 문제점이 발생한다. 본 논문에서는 멀티캐스트 패킷 손실 문제를 해결하기 위해 이동 호스트가 서비스 범위를 벗어나 현재 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않은 foreign network으로 이동하는 경우, 이 네트워크이 멀티캐스트 그룹에 가입하여 멀티캐스트 데이터를

받을 때까지 기존의 MHA로부터 멀티캐스트 데이터를 받도록 한다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 이동 호스트의 이동성에 따른 서비스 범위를 결정하는 방법과 끊임 없는 핸드오프 기법을 제안한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 제안한 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 설명한다. III장에서는 멀티캐스트 비용에 대한 분석을 하고 IV장에서 성능 평가 내용을 기술한다. 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 본 론

제안하는 프로토콜에서는 이동 호스트의 이동성에 따라 서비스 범위를 결정한다. 따라서 제안하는 프로토콜에서 이동 호스트의 이동성에 따른 서비스 범위 값을 결정하는 방법은 상당히 중요하다. 일반적으로 이동 호스트의 이동성이 큰 경우에는 핸드오프 빈도수가 높기 때문에 서비스 범위를 크게 하여 트리 재구성에 따른 오버헤드를 줄이고, 이동 호스트의 이동성이 작은 경우에는 핸드오프 빈도수가 작기 때문에 서비스 범위를 작게 하여 터널링 서비스로 인한 오버헤드를 줄이는 것이 필요하다. 이러한 이동 호스트의 특성을 고려하여 시스템에 트리 재구성 시간을 설정하여 서비스 범위를 결정하는 기법(TSTRT, Tunneling Service based on Tree Reconstruction Time)을 제안한다. 먼저 본 논문에서는 이동 호스트가 다른 네트워크로 핸드오프 한 경우 이동 호스트의 멀티캐스트 서비스 시간이 트리 재구성 시간보다 작으면 터널링 서비스를 해주고, 트리 재구성 시간보다 크면 트리를 재구성한다. 따라서 이동 호스트의 핸드오프 속도에 따라 서비스 범위가 결정된다. 그러나 고속의 이동 호스트인 경우 상당히 긴 터널링 길이를 가질 수 있기 때문에 이러한 문제점을 보완하고자 제안하는 프로토콜에서는 maximum tunneling hop count (MTHC)라는 시스템 변수를 둔다. MTHC는 종단간 지연 상한 값을 만족하면서 최대 터널링 서비스를 해 줄 수 있는 터널링 홉 수이다. MTHC는 식 (1)과 같이 주어진다.

$$MTHC = \left\lfloor \frac{T_{\Delta max} - (H_S - MHA \times TD_{link}) - TD_{tunnel}}{TD_{link}} \right\rfloor \quad (1)$$

여기서 $T_{\Delta max}$ 와 $H_S - MHA$ 는 종단간 지연 상한 값과 소스에서 MHA까지의 홉 수이다. 또한 TD_{link} 와 TD_{tunnel} 은 한 링크 사이에서의 패킷 전송 지연 시간과

MHA에서 터널링 서비스에 관련한 지연 시간이다. 본 논문에서는 터널링 길이가 길어지는 것을 막기 위해 이동 호스트가 핸드오프 할 경우, 이동 호스트의 터널링 길이가 MTHC를 넘으면 트리를 재구성하도록 한다.

1. TSTRT 알고리즘

본 논문에서 멀티캐스트 에이전트들은 Tree Reconstruction Time(TRT)이라는 시스템 설정 값과 이동 호스트들은 service time이라는 시스템 변수를 가지도록 한다. TRT는 핸드오프 한 이동 호스트의 멀티캐스트 서비스 시간과 비교하여 트리를 재구성 할 지 아니면 터널링 서비스를 계속 할 지를 결정해주는 미리 설정된 시스템 값이다. Service time 값은 이동 호스트의 멀티캐스트 서비스 시간을 나타낸다. 이동 호스트가 다른 네트워크로 핸드오프 하여 join 메시지를 FA에게 보낼 때 service time 값을 같이 보낸다. FA는 이동 호스트의 service time 값과 TRT 값을 비교하여 이동 호스트의 service time 값이 TRT 값보다 크면 멀티캐스트 트리를 재구성하고, service time 값을 0으로 설정한다. 이동 호스트의 service time 값이 TRT 값보다 작으면 터널링 서비스를 하고, service time 값을 계속 증가 시킨다. 따라서 이동 호스트의 이동 속도에 따라서 터널링 서비스 범위가 결정된다. 본 논문에서는 이동 호스트의 이동 속도에 따른 터널링 서비스 범위를 variable service range(VSR)라 하며, VSR은 TRT 값을 만족하는 터널링 홉 수로서 각각의 이동 호스트들은 이동 속도에 따라 서로 다른 값을 가지게 된다. 또한 VSR이 너무 커지는 것을 막기 위해 중단간 지연 상한 값을 만족하는 최대 터널링 홉 수인 MTHC를 넘지 않도록 한다. 따라서 VSR은 아래의 식 (2)와 같이 주어진다.

$$\sum_{i=1}^{VSR} ST_i + (VSR \times D_{link}) \leq TRT \tag{2}$$

$$VSR \leq MTHC$$

여기서 $\sum_{i=1}^{VSR} ST_i$ 는 트리 재구성 전까지 이동 호스트가 거쳐간 네트워크 노드에서의 총 멀티캐스트 서비스 시간이다. 저속의 이동 호스트인 경우 네트워크에 머무르는 시간이 크기 때문에 VSR이 작게 되고, 고속의 이동 호스트인 경우 네트워크에 머무르는 시간이 작기 때문에 VSR이 크게 된다. 또한 VSR이 MTHC를 넘어 다른 네트워크로 핸드오프 하는 경우 트리 재구성을 통하여

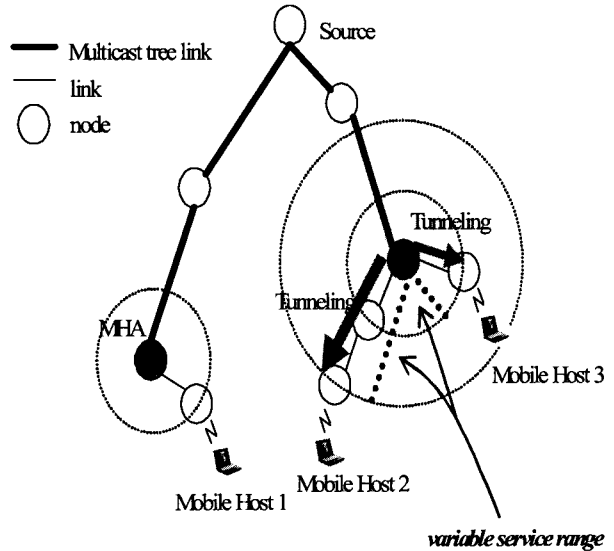


그림 1. 제안된 variable service range
Fig. 1. The proposed variable service range

터널링 서비스로 인한 오버헤드를 줄인다.

제안하는 프로토콜에서는 핸드오프 빈도수가 높은 고속의 이동 호스트에게 VSR을 크게 해 줌으로써 멀티캐스트 트리 재구성으로 인한 오버헤드를 줄인다. 또한 핸드오프 빈도수가 낮은 저속의 이동 호스트에게는 VSR을 작게 해 줌으로써 터널링 서비스로 인한 오버헤드를 줄인다. 제안하는 variable service range는 그림 1에 나타난다.

2. 끊김 없는 멀티캐스트 핸드오프

이동 호스트가 서비스 범위를 벗어나 멀티캐스트 그룹에 가입되지 않은 foreign network으로 핸드오프 할 경우 멀티캐스트 그룹에 가입하는데 걸리는 시간만큼 멀티캐스트 패킷 손실이 발생한다. 만약 망의 크기가 크고 이동 호스트들의 핸드오프 빈도수가 높다면, 트리 재구성 횟수가 증가하여 멀티캐스트 패킷 손실이 커질 수 있다. 따라서 멀티캐스트 패킷 손실을 유발하는 트리 재구성은 이동 호스트들에게 치명적인 문제가 된다. 본 논문에서는 멀티캐스트 트리 재구성 시간동안 발생하는 멀티캐스트 패킷 손실을 줄이고자 끊김 없는 멀티캐스트 핸드오프 기법을 제안한다. 이동 호스트가 서비스 범위를 벗어나 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않은 foreign network으로 이동 하는 경우 이 foreign network이 멀티캐스트 그룹에 가입하여 멀티캐스트 데이터를 받을 때까지 기존의 MHA로부터 계속해서 멀티캐스트 데이터를 받도록 하여 멀티캐스트 패킷 손실을

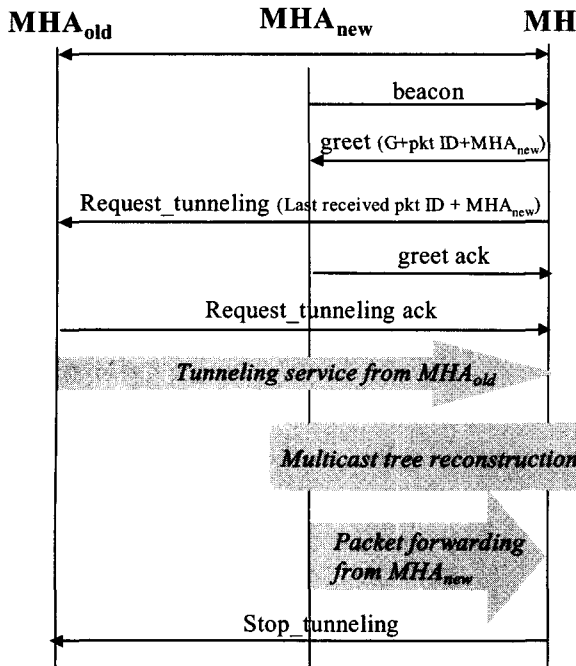


그림 2. 끊김 없는 멀티캐스트 핸드오프 동안의 메시지 교환

Fig. 2. Message Exchange during seamless multicast handoff

줄인다. 본 논문에서는 끊김 없는 멀티캐스트 핸드오프를 위하여 새로운 시그널링 메시지들을 아래에 정의한다.

Request_tunneling : 이동 호스트가 서비스 범위를 벗어나 멀티캐스트 그룹에 가입되지 않은 foreign network으로 이동 할 때, 기존의 MHA에게 터널링을 요구하는 메시지. 마지막으로수신한 패킷 ID와 새로운 MHA의ID를 포함한다.

Stop_tunneling : 기존 MHA에게 터널링 서비스를 중지하라고 요구하는 메시지

끊김 없는 멀티캐스트 핸드오프 동안의 메시지 교환 과정을 그림 2에 나타낸다.

이동 호스트가 서비스 범위를 벗어나 멀티캐스트 그룹에 가입되지 않은 foreign network으로 핸드오프 하는 경우 기존의 MHA에게 Request_tunneling 메시지를 보내 기존의 MHA로부터 터널링 서비스를 받는다. Foreign network이 멀티캐스트 그룹에 가입하여 새로운 MHA가 되어 멀티캐스트 데이터를 전달하게 되면 Stop_tunneling 메시지를 기존의 MHA에게 보내 터널링 서비스를 중지하라고 요구한다. 새로운 MHA로부터 멀티캐스트 데이터를 전달 받을 때까지 기존의 MHA에

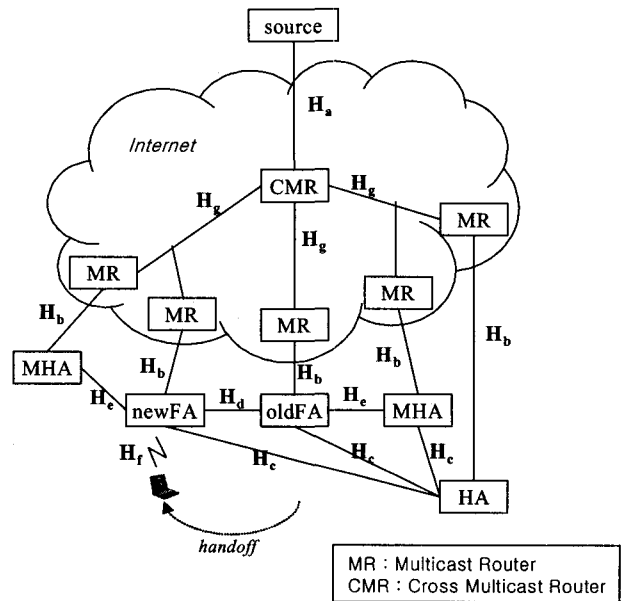


그림 3. 멀티캐스트 비용 분석을 위한 시스템 모델
Fig. 3. The system model for multicast cost analysis

게서 멀티캐스트 데이터를 받도록 하여 트리 재구성시에 발생하는 패킷 손실 문제를 해결한다.

III. 멀티캐스트 비용 분석

이동망에서 이동 호스트의 핸드오프가 멀티캐스트 프로토콜의 성능에 영향을 주는 중요한 요소이므로, 본 논문에서는 이동 호스트의 핸드오프에 따른 멀티캐스트 비용 분석을 하고자 한다. 특히 foreign network으로 핸드오프 한 이동 호스트가 멀티캐스트 패킷을 수신하는데 드는 평균 비용 및 트리 재구성 비용에 대한 성능 분석을 한다.

1. 분석적 모델

그림 3은 멀티캐스트 비용 분석을 위한 시스템 모델로서 기존 연구에서 제시한 시스템 모델을 확장한다^[8].

표 1은 성능 분석을 위한 시스템 변수들이다. 변수 값은 기존 연구를 참조한다^{[8],[9]}. 성능 분석을 위하여 필요한 비용은 표 2와 같이 정의된다.

이동 호스트가 foreign network으로 핸드오프 하는 경우, 이동 호스트가 멀티캐스트 패킷을 수신하는데 드는 평균 비용(C)과 트리 재구성 비용(T)은 다음과 같다.

$$C = (\text{Mobile IP 등록 비용}) + (\text{핸드오프 시 멀티캐스트 그룹에 참여하는데 드는 비용}) + (\text{foreign network$$

표 1. 성능 분석을 위한 시스템 파라미터
Table 1. System parameters for performance analysis.

Parameters	Description
λ	멀티캐스트 소스에서 발생시키는 멀티캐스트 패킷의 평균 비율
μ	이동 호스트가 다른 네트워크로 핸드오프 할 평균 비율
PMR	Packet to Mobility Ratio($=\frac{\lambda}{\mu}$), 이동 호스트가 foreign network에서 수신하는 멀티캐스트 패킷의 평균 수
M	네트워크 내 같은 멀티캐스트 그룹에 속한 이동 호스트들의 평균 멤버 수
l	멀티캐스트 데이터 패킷의 평균 길이
H_i	두 노드 사이의 거리, 홉수 계산($i=a,b,c,d,e,f,g$)
TD_{LINK}	패킷 전달 지연 시간(하나의 홉 사이의 link를 지나는 패킷 propagation 지연과 라우팅 지연을 합한 값)
TD_{GROUP}	멀티캐스트 그룹에 가입되는 패킷을 처리하는데 걸리는 지연 시간
TD_{TUNNEL}	터널링 관련 지연 시간
TD_{REG_HA}	HA에서 핸드오프 한 이동 호스트 위치를 등록하는데 걸리는 지연 시간
TD_{REG_MHA}	MHA에서 핸드오프 한 이동 호스트 위치를 등록하는데 걸리는 지연 시간
TD_{REG_DMSP}	DMSP 핸드오프 등록에 걸리는 지연 시간
P_{SR}	이동 호스트가 새로운 foreign network으로 핸드오프 시 기존의 서비스 범위 안에 있을 확률
P_{TR}	핸드오프 한 이동 호스트의 service time 값이 TRT 값보다 작을 확률
P_{MTHC}	핸드오프 한 이동 호스트가 maximum tunneling hop count 내에 있을 확률
P_{no_M}	멀티캐스트 그룹 멤버가 한 명도 없는 네트워크로 핸드오프 할 확률
P_{DMSP}	DMSP 핸드오프가 발생 할 확률
P_{no_MHA}	MHA에서 멀티캐스트 그룹 멤버 및 터널링 서비스 해 줄 멤버가 한 명도 없을 확률

으로 핸드오프 한 이동 호스트가 수신하는 멀티캐스트 패킷의 평균 수) (새로 방문한 네트워크의 이동 호스트에게 하나의 멀티캐스트 패킷이 전달되는데 드는 비용)

$$T = (\text{Mobile IP 등록 비용}) + (\text{새로 연결되는 경로 비용}) + (\text{해제되는 경로 비용})$$

표 2의 비용 변수에 대해 계산을 하면 다음과 같다.

$$C_{REG_MIP} = 2TD_{LINK}(H_f + H_e) + TD_{REG_HA} \quad (3)$$

$$C_{REG_GROUP} = P_{no_M} (TD_{LINK}(H_f + H_b) + TD_{GROUP}) \quad (4)$$

표 2. 성능 분석을 위한 비용 변수
Table 2. Cost variables for performance analysis.

Parameters	Description
C_{REG_MIP}	이동 호스트가 새로운 foreign network으로 핸드오프 시 Mobile IP 등록에 따른 비용
C_{REG_GROUP}	이동 호스트가 멀티캐스트 그룹에 가입되지 않은 foreign network으로 핸드오프 하는 경우, 멀티캐스트 그룹에 가입하는데 걸리는 비용
C_{REG_MHA}	서비스 범위 내에서 핸드오프 한 이동 호스트가 MHA에 등록하는데 걸리는 비용
C_{REG_newMHA}	서비스 범위 밖으로 핸드오프 한 이동 호스트가 새로운 MHA에 등록하는 걸리는 비용
C_{DMSP_HA}	MoM 프로토콜에서 이동 호스트의 핸드오프에 따른 HA의 DMSP 핸드오프 수행 시 걸리는 비용
C_{DMSP_MHA}	이동 호스트의 핸드오프에 따른 MHA의 DMSP 핸드오프 수행 시 걸리는 비용
C_{FA_T}	멀티캐스트 그룹에 가입되지 않은 foreign network으로 핸드오프 한 이동 호스트에게 멀티캐스트 데이터가 전달되는데 걸리는 비용
C_{HA_T}	Bi-directional tunneling 프로토콜에서 HA를 통해 멀티캐스트 데이터가 전달되는 걸리는 비용
C_{DMSP_T}	DMSP 핸드오프로 선택된 HA로부터 멀티캐스트 데이터가 전달되는데 걸리는 비용
C_{MHA_T}	서비스 범위 내에서 핸드오프 한 이동 호스트에게 MHA를 통해 멀티캐스트 데이터가 전달되는데 걸리는 비용
C_{JOIN}	멀티캐스트 트리의 경로가 생성되는데 드는 비용
C_{PRUNE}	멀티캐스트 트리의 경로가 해제되는데 드는 비용
C_{PRUNE_MHA}	MHA 노드가 멀티캐스트 트리에서 해제되는데 드는 비용

$$C_{REG_MHA} = 2TD_{LINK}(H_f + H_d + H_c) + TD_{REG_MHA} \quad (5)$$

$$C_{REG_newMHA} = 2TD_{LINK} \times H_f + TD_{REG_MHA} \quad (6)$$

$$C_{DMSP_HA} = P_{DMSP}(2TD_{LINK} \times H_d + TD_{REG_DMSP}) \quad (7)$$

$$C_{DMSP_MHA} = P_{DMSP}(2TD_{LINK} \times H_c + TD_{REG_DMSP}) \quad (8)$$

$$C_{FA_T} = \frac{\lambda}{\mu} \frac{1}{M} (1 \times TD_{LINK} \times (H_a + H_b + H_f + H_g)) \quad (9)$$

$$C_{HA_T} = \frac{\lambda}{\mu} (1 \times TD_{LINK}(H_a + H_b + H_c + H_f + H_g) + TD_{TUNNEL}) \quad (10)$$

$$C_{DMSP_T} = \frac{\lambda}{\mu} \frac{1}{M} (1 \times TD_{LINK}(H_a + H_b + H_d + H_f + H_g) + TD_{TUNNEL}) \quad (11)$$

$$C_{MHA_T} = \frac{\lambda}{\mu} \frac{1}{M} (1 \times TD_{LINK}(H_a + H_b + H_c + H_f + H_g) + TD_{TUNNEL}) \quad (12)$$

$$C_{JOIN} = P_{no_M}(TD_{LINK}(H_f + H_b) + TD_{GROUP}) \quad (13)$$

$$C_{PRUNE} = P_{no_M}(TD_{LINK}(H_b + H_g) + TD_{GROUP}) \quad (14)$$

$$C_{PRUNE_MFA} = P_{no_MHA}(TD_{LINK}(H_b + H_g) + TD_{GROUP}) \quad (15)$$

따라서 본 논문에서 제안하는 TSTRT 의 C_{TSTRT} 와 T_{TSTRT} 는 다음과 같이 주어진다.

$$C_{TSTRT} = C_{REG_MP} + P_{TR}\{P_{MTHC}(C_{REG_MHA} + C_{DMSP_MHA} + C_{MHA_T}) + (1 - P_{MTHC}) \times (C_{REG_GROUP} + C_{REG_newMHA} + C_{FA_T})\} + (1 - P_{TR})(C_{REG_GROUP} + C_{REG_newMHA} + C_{FA_T}) \quad (16)$$

$$T_{TSTRT} = C_{REG} + (1 - P_{TR})(C_{JOIN} + C_{PRUNE_MHA}) + P_{TR}(1 - P_{MTHC})(C_{JOIN} + C_{PRUNE_MHA}) \quad (17)$$

2. 성능 분석 결과

그림 4는 foreign network으로 핸드오프 한 이동 호스트의 멀티캐스트 패킷 수신 비용을 나타낸다.

PMR 값을 1에서 100까지 변화시키면서 bi-directional tunneling 프로토콜을 기준으로 각각의 프로토콜에 대한 비용 비율을 나타낸 그래프이다. 프로토콜들의 그래프가 1값을 넘지 않으므로 bi-directional tunneling 프로토콜이 가장 나쁜 결과를 갖는다. 그 이유는 bi-directional tunneling 프로토콜은 핸드오프 한 이동 호스트들 모두에게 터널링 서비스로 데이터를 전달함으로 멀티캐스트 라우팅 길이가 길어지고 터널 컨버전스 문제가 생기기 때문이다. 터널 컨버전스 문제를 해결한 MoM 프로토콜은 bi-directional tunneling 프로토콜보다 향상된 결과를 보이지만 긴 멀티캐스트 라우팅 길이와 터널링 오버헤드를 가진다. RBMoM 프로토콜은 서비스 범위를 사용하여 멀티캐스트 라우팅 길이가 길어지는 것을 제한하여 MoM 프로토콜보다 향상된 성능을 보인다. 그러나 RBMoM 프로토콜은 각각의 MHA들이 동일한 서비스 범위를 가지고 있기 때문에 서비스 범위를 어떻게 결정하느냐에 따라 결과가 달리 나온다.

Remote subscription 프로토콜은 최적의 라우팅 길이로 이동 호스트들에게 멀티캐스트 데이터를 전달함으로 가장 좋은 성능을 보인다. 본 논문에서 제안하고 있는 TSTRT 프로토콜은 이동 호스트의 이동성을 고려한 멀티캐스트 라우팅 기법으로 PMR 값이 증가하면서 제안하는 프로토콜들의 결과가 좋아진다. PRM 값이 증가한다는 것은 이동 호스트의 이동성이 낮은 경우로 네트워크에 머무르는 시간이 증가함을 의미한다. 따라서 PMR 값이 증가할수록 서비스 범위가 작아짐으로써 최적의

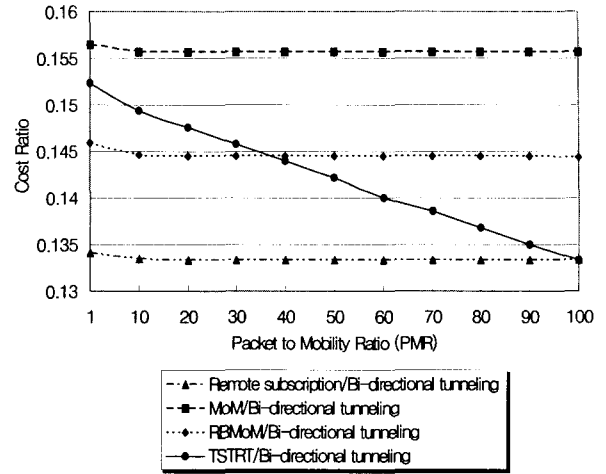


그림 4. 멀티캐스트 패킷 수신 비용
Fig. 4. Multicast packet receiving cost.

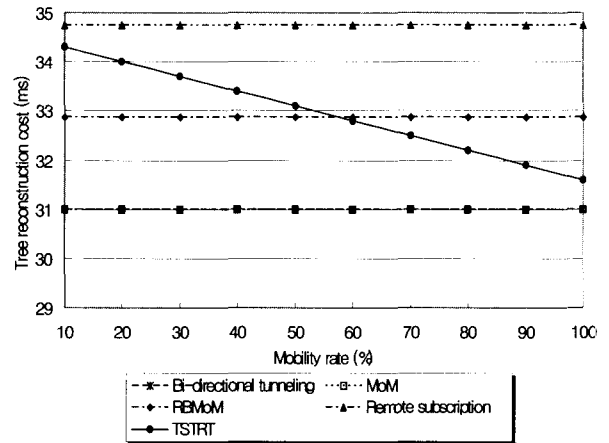


그림 5. 멀티캐스트 트리 재구성 비용
Fig. 5. Multicast tree reconstruction cost

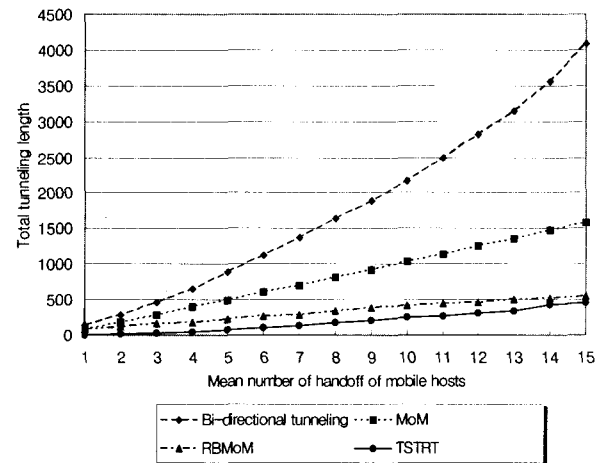


그림 6. 총 터널링 길이 (멀티캐스트 그룹 멤버 = 100)
Fig. 6. Total tunneling length (multicast group member = 100)

라우팅 경로로 이동 호스트들에게 멀티캐스트 데이터가 전달되어 이동 호스트들의 전달 비용이 줄어든다.

그림 5는 이동 호스트의 핸드오프에 따른 트리 재구성 비용을 나타낸다.

Remote subscription 프로토콜은 이동 호스트들이 핸드오프 할 때마다 트리를 재구성하기 때문에 가장 나쁜 결과를 보인다. Bi-directional tunneling 프로토콜과 MoM 프로토콜은 트리를 재구성하지 않기 때문에 트리 재구성에 대한 비용면에서 가장 좋은 성능을 보인다. 본 논문에서 제안하는 TSTRT 프로토콜은 이동 호스트의 이동성이 커짐에 따라 서비스 범위를 크게 해 줌으로써 트리 재구성 비용이 감소하여 RBMoM 프로토콜보다 더 좋은 성능을 갖는다.

IV. 성능 평가

1. 성능 평가 모델

본 논문에서의 성능평가는 터널링 길이, DMSP 핸드오프 횟수, 멀티캐스트 패킷 손실, 트리 재구성 횟수를 성능 척도로 고려한다. 시뮬레이션에서의 망 위상은 1010 메쉬 위상의 LAN들로 구성되어 있다고 가정한다. 이 중 임의의 노드를 선택하여 멀티캐스트 소스로 설정하고 멀티캐스트 그룹 멤버를 전체 네트워크에 고르게 분산 되도록 설정한다. 멀티캐스트 그룹내의 소스는 하나만을 가정하고 참여하는 멀티캐스트 그룹 멤버 수는 100명으로 한다. 종단간 지연 상한 값은 77ms로 설정한다. 초기 멀티캐스트 그룹에 참여하는 이동 호스트들의 HA들을 MHA로 설정한다. 각각의 이동 호스트들은 시뮬레이션 시간동안 네트워크 노드들 사이를 1/4 확률로 이동하도록 가정한다. 각각의 이동 호스트의 멀티캐스트 서비스 시간은 3분으로 하고, TRT 값은 1분에 대하여 시뮬레이션을 한다. 이동 호스트들의 핸드오프 횟수는 1에서 15까지 구분하여 이동 호스트의 핸드오프 횟수에 따라 성능 평가한다. RBMoM 프로토콜의 서비스 범위는 홉 수 2로 설정한다. 본 논문에서는 이동 호스트가 새로운 foreign network으로 핸드오프 할 경우 트리를 재구성 하는 경우에만 패킷 손실이 발생한다고 가정한다.

2. 성능 평가 결과

그림 6은 멀티캐스트 그룹 멤버 수가 100일 때 이동 호스트의 핸드오프 비율에 따른 터널링 길이이다. 터널링 길이가 길어지면 멀티캐스트 데이터를 전달하는 경

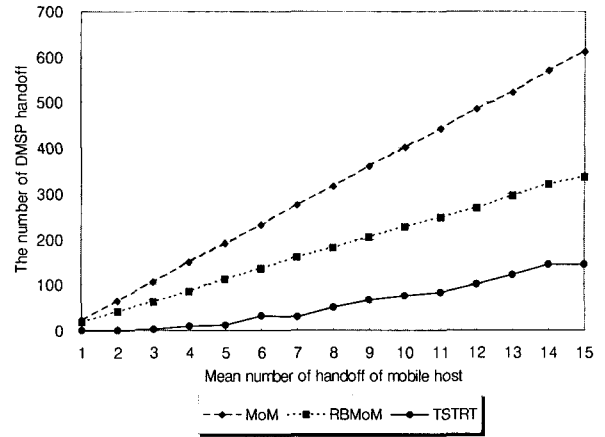


그림 7. DMSP 핸드오프 횟수 (멀티캐스트 그룹 멤버 = 100)

Fig. 7. The number of DMSP handoff (multicast group member = 100)

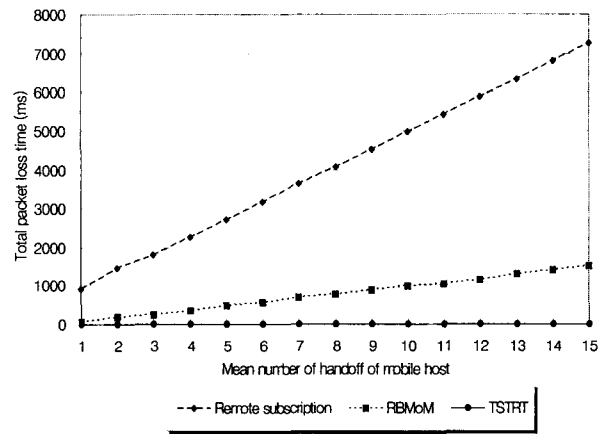


그림 8. 총 패킷 손실 시간 (멀티캐스트 그룹 멤버 = 100)

Fig. 8. Total packet loss time (multicast group member = 100)

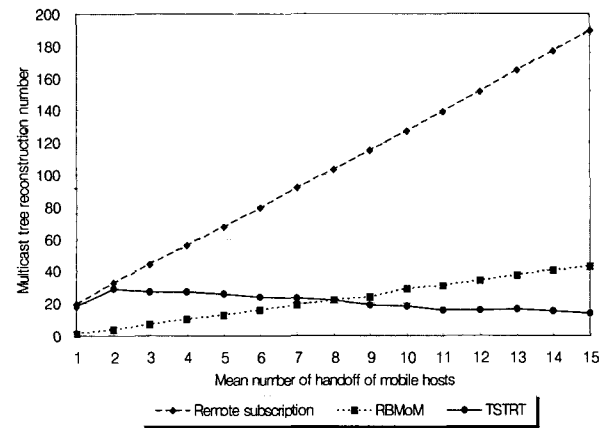


그림 9. 멀티캐스트 트리 재구성 횟수 (멀티캐스트 그룹 멤버 = 100)

Fig. 9. The number of multicast tree reconstruction (multicast group member = 100)

로가 길어져 네트워크 트래픽량이 증가하기 때문에 터널링 길이가 짧을수록 좋다.

Bi-directional tunneling 프로토콜은 유니캐스트 Mobile-IP 터널링 서비스를 이용하여 핸드오프 한 이동 호스트들 모두에게 멀티캐스트 데이터를 보내기 때문에 멀티캐스트 데이터 전달을 위한 라우팅 길이가 길어지는 단점과 터널 컨버전스 문제로 가장 나쁜 결과를 보인다. 터널 컨버전스 문제를 해결한 MoM 프로토콜은 bi-directional tunneling 프로토콜보다 향상된 결과를 보이지만 HA기반의 터널링 서비스이기 때문에 터널링 길이가 길어진다. RBMoM 프로토콜은 MHA와 서비스 범위를 이용하여 터널링 길이를 제한함으로써 HA기반 프로토콜보다 터널링 길이가 줄어든다. 그림 6에서 제안하는 TSTRTPROTO콜은 이동 호스트의 이동성에 따라 서비스 범위를 결정하고 이동성이 높은 이동 호스트인 경우 MTHC를 사용하여 터널링 길이를 제한함으로써 최적의 터널링 경로를 보여준다.

그림 7은 멀티캐스트 그룹 멤버 수가 100일 때 이동 호스트의 핸드오프 비율에 따른 DMSP 핸드오프 횟수에 대한 결과이다. 잦은 DMSP 핸드오프로 인한 네트워크 오버헤드 증가는 네트워크 성능을 저하시키기 때문에 DMSP 핸드오프 횟수가 적을수록 좋은 성능을 보인다. DMSP 핸드오프 횟수는 터널링 길이에 비례하기 때문에 터널링 길이가 가장 긴 MoM 프로토콜이 가장 안 좋은 결과를 보이고, 서비스 범위를 갖는 RBMoM 프로토콜이 MoM 프로토콜 보다 향상된 결과를 보인다. MoM과 RBMoM 프로토콜 모두 이동 호스트의 핸드오프 비율이 커짐에 따라 DMSP 핸드오프 횟수가 증가한다. 제안하는 TSTRTPROTO콜은 이동성이 낮은 이동 호스트인 경우 서비스 범위를 작게 하여 트리를 재구성하기 때문에 DMSP 핸드오프가 거의 일어나지 않고, 이동성이 높은 이동 호스트인 경우에만 DMSP 핸드오프가 발생함으로 기존 프로토콜보다 DMSP 핸드오프 횟수가 적다.

그림 8은 멀티캐스트 그룹 멤버수가 100일 때 이동 호스트가 서비스 범위를 벗어나 멀티캐스트 트리를 재구성 하는 동안 발생하는 패킷 손실 시간의 합이다.

Remote subscription 프로토콜은 이동 호스트가 핸드오프 할 때마다 멀티캐스트 트리를 재구성하기 때문에 트리 재구성 시간이 다른 프로토콜에 비해 가장 높고 그에 따라 패킷 손실이 가장 높다. RBMoM 프로토콜은 서비스 범위를 벗어나는 패킷 손실이 발생하므로 remote subscription보다 성능이 좋지만 이동 호스트의

핸드오프 빈도수가 증가함에 따라 패킷 손실 시간이 증가한다. 제안하는 프로토콜은 끊임 없는 멀티캐스트 핸드오프 기법을 적용하여 이동 호스트가 서비스 범위를 벗어나 멀티캐스트 그룹에 가입되지 않은 foreign network으로 이동하는 경우에 발생하는 패킷 손실을 줄여 가장 좋은 결과를 보인다.

그림 9는 멀티캐스트 그룹 멤버 수가 100일 때 이동 호스트의 핸드오프 횟수에 따른 트리 재구성 횟수이다.

Remote subscription 프로토콜은 이동 호스트가 새로운 foreign network으로 핸드오프 할 때마다 트리를 재구성하기 때문에 가장 나쁜 결과를 보인다. RBMoM 프로토콜은 서비스 범위에 따라 트리 재구성 횟수가 결정되는데 서비스 범위를 작게 하면 이동 호스트의 핸드오프 횟수에 따라 트리 재구성 횟수도 증가한다. 제안하는 TSTRTPROTO콜은 TRT 값이 1분인 경우의 결과로써 핸드오프 빈도수가 작은 저속의 이동 호스트들은 핸드오프 시 트리가 재구성될 확률이 높기 때문에 그림 9에서 볼 수 있듯이 이동 호스트의 평균 핸드오프 횟수가 작은 경우에는 RBMoM 프로토콜보다 멀티캐스트 트리 재구성 횟수가 높다. 하지만 이동 호스트의 평균 핸드오프 수가 높아지면서 이동성이 높은 이동 호스트들에게는 서비스 범위를 크게 해줌으로써 트리 재구성에 대한 오버헤드를 줄인다. 따라서 멀티캐스트 트리 재구성 횟수가 다른 프로토콜에 비해 줄어들어 안정적인 결과를 보인다

V. 결 론

본 논문에서는 이동 호스트의 이동성이 큰 경우에는 서비스 범위를 크게 하여 트리 재구성에 따른 오버헤드를 줄이고, 이동성이 작은 경우에는 서비스 범위를 작게 하여 터널링 서비스로 인한 오버헤드를 줄인다. 또한 이동 호스트의 핸드오프 동안 발생하는 패킷 손실을 줄이는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 이동 호스트의 이동성을 고려하여 서비스 범위를 다르게 적용하는 기법과 끊임 없는 멀티캐스트 핸드오프 기법을 제안한다. Service time과 TRT라는 시스템 변수를 사용하여 이동 호스트가 네트워크에 머무르는 시간과 미리 설정된 트리 재구성 시간에 따라 이동 호스트의 이동성을 결정한다. 또한 이동 호스트가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않은 foreign network으로 핸드오프 하는 경우 foreign network이 멀티캐스트 그룹에 가입하여 멀티캐스트 데이터를 수신할 때까지 기존의 터널링 서비스로

멀티캐스트 데이터를 받는다. 멀티캐스트 비용 분석 및 시뮬레이션 결과는 제안하는 프로토콜이 기존 프로토콜들에 비해 이동 호스트들에게 효율적으로 멀티캐스트 서비스를 제공하리라 기대되며, 향후 보다 정확한 이동 호스트들의 이동성 예측 프로토콜을 적용하는 연구가 추가적으로 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Christophe Jelger and Thomas Noel, "Multicast for Mobile Hosts in IP Networks: Progress and Challenges," *IEEE Wireless Communications*, Vol.9, No.5, pp.58-65, Oct. 2002

[2] Hrishikesh Gossain, Carlos de Moraes Cordeiro and Dharma P. Agrawal, "Multicast: Wired to Wireless," *IEEE Communication Magazine*, Vol.40, No.6, pp.116-123, June 2002

[3] Victor O. K. Li and Zaichen Zhang, "Internet Multicast Routing and Transport Control Protocols," *Proc. the IEEE*, Vol.90, No.3, pp.360-391, Mar. 2002

[4] G.Harrison, C.L.Williamson, W.L.Mackrell and R.B.Bunt, "Mobile Multicast (MoM) Protocol: Multicast Support for Mobile Hosts," *Proc. ACM/IEEE MOBICOM'97*, pp.151-160, Sept. 1997.

[5] R.Lin and K.M.Wang, "Mobile Multicast Support in IP Networks," *INFOCOM2000*, pp.1664-1672, Mar. 2000.

[6] C. Perkins, "IP Mobility Support," *RFC 2002*, IBM, Oct. 1996.

[7] Seung Jei Yang and Sung Han Park, "A dynamic service range-based multicast routing scheme using RSVP in mobile IP networks," *Proc. IEEE GLOBECOM'01*, pp.2395-2399, Dec. 2001

[8] R. Jain et al. "Mobile Internet Access and QoS Guarantees Using Mobile IP and RSVP with Location Registers," *Proc. IEEE ICC'98*, pp.1690-1695, June 1998.

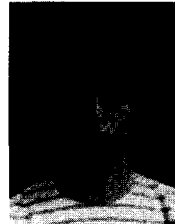
[9] G.Cho and L.F.Marshall, "An Efficient Location and Routing Scheme for Mobile Computing Environments," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 13, No. 5, pp.868-879, June 1995.

저 자 소 개



양 승 제(학생회원)
 1997년 한양대학교 전자계산학과 학사
 1999년 한양대학교 전자계산학과 석사
 2003년 한양대학교 컴퓨터공학과 박사

<주관심분야: 무선 멀티캐스팅, IP 기반 셀룰러 네트워크>



강 명 규(학생회원)
 2000년 한양대학교 전자컴퓨터 공학부 학사
 2002년 한양대학교 컴퓨터공학과 석사
 현재 한양대학교 컴퓨터공학과 박사과정

<주관심분야: 멀티미디어, Wireless multicasting, MPEG-4, MPEG-7>



박 성 한(정회원)
 1970년 한양대학교 전자공학과 학사
 1973년 서울대학교 전자공학과 석사
 1984년 미국 텍사스 주립대 전기 및 컴퓨터공학 박사

2003년 전자공학회 회장
 1986년~현재 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수
 <주관심분야: IP RAN, Wireless multicasting, IP Security, Home Networking>

IPv6 기반 이동망에서 호스트 이동성 보장을 위한 최적화된 멀티캐스트 라우팅 프로토콜