

논문 2006-43TC-12-6

Mobile IPv6 네트워크를 위한 효율적인 멀티캐스트 전송 기법

(Efficient multicast Transmission Mechanism for Mobile IPv6 Networks Environments)

이인식*, 서두옥**, 이동호**

(In sik Lee, Doo ok Seo, and Dong ho Lee)

요약

차세대 인터넷 프로토콜인 IPv6에 대한 관심이 증대되는 반면에 IT 산업 분야에서 이의 활용에 대한 문제 또한 증대되는 실정이다. 특히 미래의 인터넷 기술은 다양한 응용 서비스들이 이질적인 망을 포함하는 All-IP망을 기반으로 할 것이라는 예상 속에서 다양한 응용 서비스의 창출을 위해서는 망 차원에서 이동성과 멀티캐스팅 서비스의 지원이 반드시 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 차세대 인터넷 프로토콜인 IPv6망에서 보다 효율적으로 이동성 및 멀티캐스트를 지원할 수 있는 매커니즘을 제안한다. 본 실험은 NS-2를 이용하였으며, 멀티캐스트 전송에 참여하는 호스트의 이동성에 따른 데이터 전달 지연 시간과 멀티캐스트 그룹에 대한 가입/탈퇴 횟수 관점에서 성능을 분석하였다

Abstract

The interest for IPv6, Which is next generation IP, increases, while th difficulty for adopting it into IT indestries also increase too. We also expect that Internet technologies develop o basis of All-IP networks, which include various heterogeneous networks. Therefore, it is necessary for network to support mobility and multicast capavility to create application with wide-variety. In this paper, we propose a scheme that be able to provide mobility and multicast efficient in IPv6 networks. The proposed scheme has been implemented and experimented on NS-2 and validated with respect to multicast packet delay time and count of Joining and pruning)

Keywords : Mobile IP/IPv6, IP Multicast, IGMP

I. 서론

이동 멀티캐스트 포로토콜은 동적 그룹 멤버십 관리 뿐만 아니라 동적인 멤버의 위치 관리도 다루고 있다. 인터넷에서 지금까지의 멀티캐스트 프로토콜들 (DVMRP^[1], MOSPF^[2], CBT^[3], PIM^[4])은 호스트의 이동성이 전혀 고려되지 않은 정적인 상태에서 멀티캐스트 트리의 구축 방법을 제시하고 있다. 즉, 하나의 그룹 멤버가 이동을 할 때 마다 매 번 멀티캐스트 트리를 재

구축 하는 것은 과중한 부담이 들며, 적절한 시점에 트리를 재구축하지 않아서 현재의 상황을 반영하지 않을 경우 멀티캐스트 트래픽의 라우팅이 매우 비효율적이고 부정확할 가능성이 높다. 또한 IETF Mobile IP는 멀티캐스트 패킷의 전송을 고려하지 않는다. 그러므로 이동 컴퓨팅 환경에서의 멀티캐스트 지원을 위해서는 이러한 기술의 연동 및 확장이 요구된다.

한편으로, 이동 호스트(MH:Mobile Host)의 이동성을 고려한 멀티캐스트 방안으로서 무선 ATM망에 기반한 방안들이 제안되었다. 특히 Ad-Hoc 망에서 이동 단말의 멀티캐스트 연결을 관리하기 위한 방안들^[5,6,7]은 제시되어져 있으나 이러한 방안들은 ATM 망을 백본으로 하는 망 구조에서 ATM 기능을 가지는 무선 단말의 이동성이 발생할 경우, 패킷 손실을 방지하고 핸드오버를 처리하는 기능을 제공한다. 그러나 이것은 ATM 망과

* 정회원, 현대 디지털 테크
(HYUNDAI Digital Technology)

** 정회원, 광운대학교 컴퓨터공학부
(KwangWoon University)

※ 이 논문은 2006년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음
접수일자: 2006년8월31일, 수정완료일: 2006년12월12일

같은 NBMA(Non Broadcast Multiple Access)을 대상으로 하고 있으며 Cx(Crossover Switch) 발견과 같은 알고리즘 구현을 필요로 한다. Xcast^[8]는 멀티캐스트 서비스를 제공하기 위해 새롭게 제안된 방으로 적은 그룹 멤버를 가진 많은 수의 멀티캐스트 그룹을 지원하기에 적합하다. 이러한 Xcast를 이용한 멀티캐스트 서비스를 Mobile IP^[9] 환경에서 지원하기 위해 제안된 방안이 XMIP^[9]이다. 하지만 XMIPv4에서는 기존의 MIPv4가 갖는 삼각 라우팅 문제를 그대로 갖고 있으며 패킷 손실에 대처할 수 있는 방안이 제시되어 있지 않다.

양방향 터널링(Bi-directional tunneling) 기법과 원격 가입(Remote subscription) 기법에서, 양방향 터널링 기법은 데이터 전송 경로의 비최적화, 비효율적인 데이터 중복 전송의 문제를 가지고 있고, 원격가입 기법은 빈번한 멀티캐스트 전송 트리의 재구성으로 인한 오버헤드 문제를 갖고 있다. 따라서 단순히 이동 컴퓨팅 환경에서 멀티캐스트를 제공하기 위해서는 호환성을 고려하여 양방향 터널링 기법이 요구되지만, 라우팅 효율성을 고려한다면 원격가입 방법이 더 효과적이다.

논문은 이 두 가지 방법을 모두 포용하고 그들의 장점을 이용하여 이동 호스트의 잦은 핸드오프(handoff) 문제를 해결하고, 멀티캐스트 전송 트리의 재구성으로 인한 오버헤드를 줄이는 방법은 제안한다.

본 논문의 II장에서는 제안한 기법의 동작 및 개념을 살펴보고, III장에서는 NS-2를 이용한 실험을 통해 기존의 방법과 제안한 방법의 성능을 비교분석한다. 마지막으로 IV장에서 결론 및 향후 과제를 제시함으로써 논문을 맺는다.

II. 본 론

이동 호스트가 외부 네트워크로 이동했을 때 외부 네트워크 라우터는 이동 호스트가 멀티캐스트 서비스를 효율적으로 받을 수 있도록 하기 위해 외부 네트워크 라우터 자신이 멀티캐스트 그룹에 참여할 것인지, 아닌지를 결정해야 한다. 현재 사용되는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들(DVMRP, PIM-SM, MOSPF)은 노드가 멀티캐스트 그룹에 참여 되었을 때만을 가정한다.

멀티캐스트 그룹(MG)의 소스 노드와 목적지 노드는 (sn, D) 라고 표현하며 여기서 sn 는 멀티캐스트 그룹(MG)의 소스 노드이며, D 는 소스 노드와 연결된 목적지 노드라고 정의한다. $T = (V_T, E_T)$ 에서 V_T 는 멀티캐스트 트리에 존재하는 노드들을 나타내며, sn

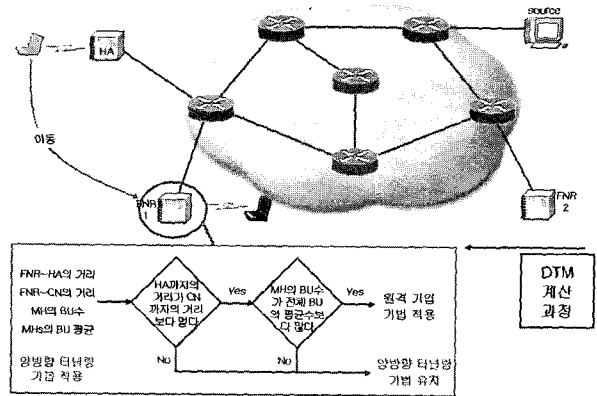


그림 1. 선택적 원격 가입 기법의 기본 동작
Fig. 1. The operation of selective remote subscription.

과 D 는 V_T 에 포함된다. E_T 는 트리에 연결 링크를 나타낸다.

본 논문에서 제안한 메커니즘은 이동 호스트가 홈 에이전트를 통하여 멀티캐스트 패킷을 수신하는 양방향 터널링 기법을 기반으로 하고 있으며, 이동 호스트가 홈 네트워크를 떠나 외부 네트워크로 이동했을 때 외부 네트워크 라우터가 제안한 메트릭 계산을 통해 선택적으로 멀티캐스트 그룹에 가입 하는 방식이다.

그림 1에서 이동 호스트가 홈 에이전트를 통하여 멀티캐스트 패킷을 수신하고, 홈 네트워크를 벗어나 외부 네트워크로 이동하였다. 이동 호스트가 외부 네트워크로 이동 후에도 멀티캐스트 서비스를 원한다면 이동 호스트가 존재하는 외부 네트워크의 라우터는 이동 호스트의 홈 에이전트와의 거리와 멀티캐스트 그룹의 소스 노드와의 거리를 비교하고 이동 호스트가 전송하는 바인딩 업데이트 수와 전체 바인딩 업데이트 수의 평균을 비교하여 외부 네트워크 라우터가 직접 멀티캐스트 그룹에 가입할 지를 결정하게 된다.

1. 시간과 거리

이동 호스트가 외부 네트워크로 이동했을 때 바인딩 업데이트(Binding Update : BU) 목적지 옵션을 포함한 패킷을 외부 네트워크 라우터를 경유하여 소스 노드에 보낸다. 만약 이동 호스트가 멀티캐스트 그룹에 가입요청을 하면 외부 네트워크 라우터는 이동 호스트가 멀티캐스트 그룹에 참여할 자격이 있는지, 또는 양방향 터널링 기법대로 홈 에이전트를 통해 멀티캐스트 패킷을 받게 되는지를 결정하기 위해 메트릭 계산을 하게 될 것이다. 이동 호스트의 홈 에이전트로부터의 Mobile IP 터널링은 유니캐스트를 사용한다.

멀티캐스트 트리에 참여를 결정하기 위해 본 논문에서 제안한 기법은 시간과 거리의 개념을 이용한다. 시간은 이동 호스트가 외부 네트워크에 얼마나 오랫동안 머무는지를 정의한다. 이동 호스트는 외부 네트워크에 잠시 머무른 뒤 곧바로 다른 외부 네트워크로 이동할 가능성이 있으며, 이러한 경우에는 외부 네트워크 라우터는 멀티캐스트 트리에 참여할 수 없다고 결정한다. 반대로, 이동 호스트가 외부 네트워크에 한동안 머물게 될 가능성도 고려해야 한다. 만약 이동 호스트가 LifeTime을 넘어 멀티캐스트 서비스를 원한다면 이동 호스트는 그 기간이 만료되기 전에 새로운 바인딩 업데이트 메시지를 보내야만 한다^[21]. 즉, 이동 호스트가 바인딩 업데이트 메시지를 보낼수록 이동 호스트가 외부 네트워크에 머무르는 시간이 길어진다는 것을 알 수 있다. 그림 2 는 바인딩 업데이트 옵션을 나타낸다.

이 경우에, 양방향 터널링 기법대로 이동 호스트가 홈 에이전트를 통하여 멀티캐스트 패킷을 받는 것은 비효율적이다. 왜냐하면 홈 에이전트에서 이동 호스트까지의 전송은 유니캐스트로 이루어지기 때문에 이동 호스트가 위치한 외부 네트워크 라우터가 직접 멀티캐스트 서비스를 제공하는 것이 보다 효율적일 것이다. 그렇기 때문에 홈 에이전트로부터 멀티캐스트 서비스는 효율적인 대역폭 사용을 이룰 수 없다. 이 경우 외부 네트워크 라우터는 멀티캐스트 그룹에 참여해야 하며, 그 뒤 직접 이동 호스트에게 멀티캐스트 패킷을 전달하는 원격 가입 기법을 적용해야 한다.

시간과는 대조적으로 거리는 이동 호스트와 멀티캐스트 그룹의 소스 노드와의 거리를 정의한다. 만약 이동 호스트에서 홈 에이전트까지의 거리가 이동 호스트에서 멀티캐스트 그룹의 소스 노드까지의 거리보다 멀다면 이동 호스트가 홈 에이전트를 통하여 멀티캐스트 패킷을 받는 것은 비효율적이라고 할 수 있다. 그렇기 때문에 외부 네트워크 라우터가 직접 멀티캐스트 그룹에 가입하여 이동 호스트에게 멀티캐스트 패킷을 전달하는 것이 가장 효율적인 방법이라고 할 수 있다.

		Option Type	Option Length
AHSID		Received	Sequence #
LifeTime			
Sub-Options...			

그림 2. 바인딩 업데이트 옵션
Fig. 2. The binding update option.

2. 선택적 원격 가입 기법의 개요

본 논문에서 제안한 기법은 두 개의 테이블을 정의한다. 하나는 바인딩 테이블로써 각 외부 네트워크 라우터는 이동 호스트의 정보를 포함한 바인딩 테이블을 유지해야 한다. 바인딩 테이블에는 이동 호스트의 CoA, 바인딩 업데이트의 총 횟수(N_{BU}), 이동 호스트가 참여하게 될 멀티캐스트 그룹(MG)에 대한 정보를 기록된다. 다른 하나는 네트워크 테이블로써 각 멀티캐스트 그룹의 소스 노드에 의해 기록 되어진다. 네트워크 테이블에는 이동 호스트의 외부 네트워크 라우터, 각 이동 호스트들의 바인딩 업데이트의 총 횟수(N_{BU}), 멀티캐스트 서비스를 받거나 원하는 모든 이동 호스트의 N_{BU} 의 전체 평균($\overline{m_{BU}}$), 외부 네트워크 라우터가 참여하게 될 멀티캐스트 그룹(MG)에 대한 정보가 기록된다.

3. DTM

제안한 기법은 외부 네트워크 라우터가 멀티캐스트 그룹에 대한 참여여부를 결정하기 위해 DTM이라는 메트릭을 사용한다. DTM을 다음과 같이 정의한다.

$$DTM = ad + (1 - a)t$$

where

$$d = \begin{cases} 1 & \text{if } D_{FH} > D_{FS} \\ 0 & \text{if } D_{FH} \leq D_{FS} \end{cases}$$

$$t = \begin{cases} 1 & \text{if } N_{BU} \geq \overline{m_{BU}} \\ 0 & \text{if } N_{BU} < \overline{m_{BU}} \end{cases}$$

여기서 d, t 는 각각 거리와 시간을 나타낸다. d 를 결정하기 위한 요소로써 D_{FH} 와 D_{FS} 는 각각 외부 네트워크 라우터로부터 홈 에이전트까지의 거리, 외부 네트워크 라우터로부터 멀티캐스트 그룹의 소스 노드까지의 거리이다. 만약 d 에서 D_{FH} 가 D_{FS} 보다 크다면, 이것은 이동 호스트가 홈 에이전트보다 멀티캐스트 그룹의 소스 노드에 더 가까이 있다는 것이 된다. 이 경우 d 의 값을 1로 세팅한다. t 에서 N_{BU} 가 $\overline{m_{BU}}$ 보다 크다는 것은 이동 호스트가 다른 이동 호스트들이 각각의 외부 네트워크에 머무른 시간보다 더 오래 해당 외부 네트워크에 머물러 있음을 말한다. 이 경우 t 의 값을 1로 세팅한다. 제안한 기법에서 외부 네트워크 라우터가 직접 멀티캐스트 그룹에 참여하기 위해서는 d 와 t 의 값이

모두 1이 되어야만 한다. a 는 가중치 상수 값이다 ($0 < a < 1$). 0과 1 사이의 값으로 a 의 값을 선택하는 것은 d 와 t 를 모두 고려하여 DTM 을 계산하기 위함이다.

4. 선택적 원격 가입 기법의 동작과정

그림 3과 같이 $(sn, D) = (A, \{C, D, E, F\})$ 라고 가정하고 이동 호스트1과 이동 호스트2는 노드 F(홈 에이전트)에서 노드 H(외부 네트워크 라우터), 그리고 노드 D(홈 에이전트)에서 노드 G(외부 네트워크 라우터)로 각각 이동하였다.

초기 단계에서 각 이동 호스트는 등록절차를 마친 후에 홈 에이전트를 통하여 멀티캐스트 패킷을 받게 될 것이다. 이동 호스트1은 홈 에이전트에게 모두 2번의 바인딩 업데이트 메시지를 보냈고, 이동 호스트2는 홈 에이전트에게 모두 6번의 바인딩 업데이트 메시지를 보냈다고 가정하였다. 이것은 각 외부 네트워크 라우터가 소스 노드에게 외부 네트워크 라우터가 유지하고 있는 바인딩 테이블을 주기적으로 보내게 됨을 의미한다.

즉, 그림 3에서 노드 H와 G는 모두 노드 A에게 바인딩 테이블에 기록된 정보를 보내게 된다. 소스 노드는 각 이동 호스트의 바인딩 테이블을 받은 후 $\overline{m_{BU}}$ 를 계산할 것이고, 그 값을 네트워크 테이블에 기록할 것이다.

$N_{BU} = \{N_{BU1}, N_{BU2}, N_{BU3}, \dots, N_{BUx}\}$ 는 멀티캐스트 그룹에 등록하지 않은 외부 네트워크 라우터의 영역에 있는 모든 이동 호스트들의 N_{BU} 를 나타낸다. 또한 μN_{BU} 는 N_{BU} 의 평균을 나타내며, 다음과 같이 계산된다.

$$\mu N_{BU} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{BUi}}{X}$$

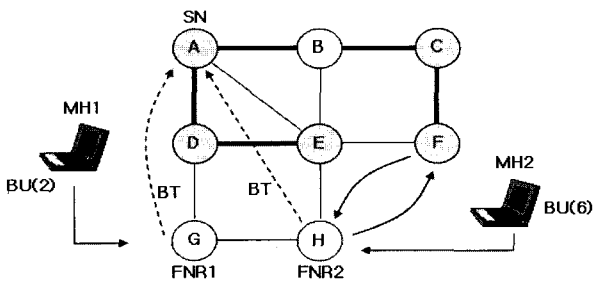


그림 3. 선택적 원격 가입 기법의 동작과정
Fig. 3. The operation procedure of selective remote subscription.

여기서 $\sum_{i=1}^n N_{BUi}$ 는 N_{BU} 에 있는 모든 데이터 값의 합을 나타낸다. 그것에 대응하는 표준편차는 다음과 같이 계산된다.

$$\sigma N_{BU} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_{BUi} - \mu N_{BU})^2}{X}}$$

가. Chebyshev 정리

$\overline{m_{BU}}$ 를 구하기 위해 본 논문에서 제안한 기법은 Chebyshev 정리를 이용하였다. $\overline{m_{BU}}$ 를 구하기 위해 모든 이동 호스트들의 N_{BU} 를 이용할 필요는 없으므로 멀티캐스트 그룹에 등록되지 않은 외부 네트워크에 있는 이동 호스트의 N_{BU} 만을 이용한다.

Chebyshev 정리는 주어진 자료에 대해 평균과 표준편차를 계산하면 평균을 중심으로 일정한 구간 속에 포함된 관찰치의 비율을 구할 수 있다. 자료의 분포가 정규 분포가 아니던가, 또는 분포가 불분명할 경우에는 Chebyshev의 정리를 이용하여 이러한 비율을 결정할 수가 있는데 이는 다음과 같다.

Chebyshev의 정리
어떠한 자료에 있어서 평균 $\pm k$ 표준편차 이내에 존재할 관찰치의 비율은 최소한 전체 관찰치의 $1 - \frac{1}{k^2}$ 이다. 여기서 $k > 1$ 이다.

Chebyshev의 정리에 따라 k 값을 구하고 그 값을 이용하여 $\overline{m_{BU}}$ 는 Chebyshev의 정리에 따라 다음과 같이 계산 될 수 있다.

$$\overline{m_{BU}} = \mu N_{BU} + k\sigma N_{BU}$$

예를 들어 그림 3.3을 보면 $N_{BU} = (6, 2)$, $\mu N_{BU} = 4$, 그리고 $\sigma N_{BU} = 1.58$ 이 된다. 만약 $k = 1.1$ 이라면 $\overline{m_{BU}} = 5.738$ 이 된다. $\overline{m_{BU}}$ 의 값은 주어진 k 값에 따라 임의로 조절할 수 있다.

D_{FH} 와 D_{FS} 의 값을 비교함에 있어 D_{FH} 의 값은 외부 네트워크 라우터에 있는 유니캐스트 라우팅 테이블을 검사하므로 쉽게 찾을 수 있다. 유니캐스트 경로는 홈 길이에서 가장 짧은 경로를 유지한다. 예를 들어 그림 4(a)와 그림 4(b)에서 보는 것과 같이 $(sn, D) =$

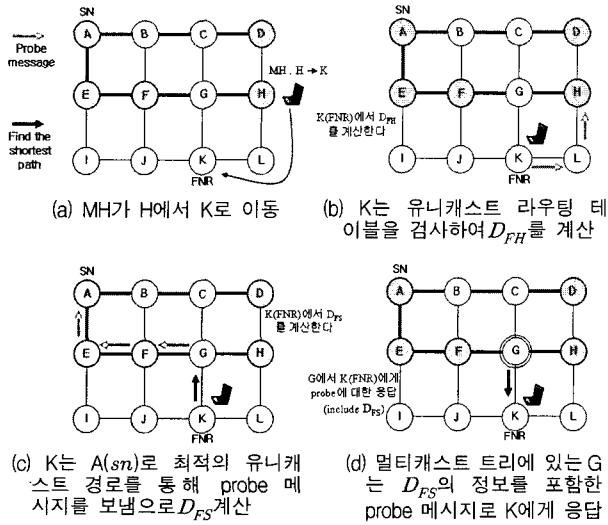


그림 4. D_{FS} 의 계산 과정

Fig. 4. The calculation procedure of D_{FS} .

(A, {D, E, F, H}), 그리고 $V_T = \{A, B, C, D, E, F, G, H\}$ 임을 알 수 있다. 이동 호스트의 홈 에이전트와 외부 네트워크 라우터는 각각 노드 H와 노드 K가 된다. 이동 호스트가 노드 K에 도착했을 때 노드 K는 유니캐스트 라우팅 테이블을 검사함으로써 D_{FH} 의 값을 찾을 수 있을 것이며, 2홉의 경로는 $K \rightarrow L \rightarrow H$ 가 된다.

D_{FH} 와 D_{FS} 의 값을 비교함에 있어서 D_{FS} 의 값은 외부 네트워크 라우터가 유니캐스트 최단 경로를 따라 소스 노드로 프로브 메시지를 보내는 것에 의해 얻을 수 있다. 만약 외부 네트워크 라우터가 소스 노드로 전송한 프로브 메시지를 멀티캐스트 트리에 존재하는 노드가 받는다면 D_{FS} 의 정보를 포함한 프로브 메시지로 응답할 것이다. 하지만 프로브 메시지가 소스 노드까지 전달되는 동안 멀티캐스트 트리에 존재하는 노드를 만나지 못한다면 프로브 메시지는 소스 노드까지 전달될 것이다. 예를 들어 그림 4(c)에서 보는 것과 같이 노드 K는 유니캐스트 라우팅 테이블을 검사하므로 홈 에이전트로 가는 최단 경로를 찾게 될 것이다. 그런 다음 소스 노드 쪽으로 프로브 메시지를 보낼 것이다. 그리고 그림 4(d)에 보이는 것과 같이 소스 노드로 향하는 프로브 메시지가 멀티캐스트 트리에 존재하는 노드 G를 만나게 되면 노드 G는 노드 K에게 D_{FS} 의 값이 1 홉이라는 응답을 할 것이다.

d 와 t 의 값을 구한 후에 DTM 은 아래의 식대로 외부 네트워크 라우터에 의해 계산되어진다.

$$DTM = \begin{cases} 1 & \text{if } (d=1 \text{ and } t=1) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

만약 $DTM = 1$ 이라면 외부 네트워크 라우터는 멀티캐스트 그룹에 참여할 수 있는 자격을 얻게 되어 멀티캐스트 그룹에 가입한다. 이것은 외부 네트워크 라우터가 멀티캐스트 트리에 등록하게 되고 모든 멀티캐스트 패킷을 직접 받아 해당 네트워크에 존재하는 해당 이동 호스트에게 멀티캐스트 패킷을 전송하게 된다. 다른 경우에는 외부 네트워크 라우터가 멀티캐스트 트리에 등록하는 것을 허락하지 않으며 이동 호스트는 양방향 터널링 기법에 의해 홈 에이전트를 통하여 멀티캐스트 패킷을 수신하게 될 것이다.

예를 들어 그림 3에서 보이는 것과 같이 오직 노드 H만이 $N_{BU} > \overline{m_{BU}} = 6 > 5.738$ 과 $D_{FS} < D_{FH}$ 이 되는 이후부터 멀티캐스트 그룹에 등록할 수 있는 자격을 얻게 되어 직접 멀티캐스트 그룹에 가입한다. 만약 $k = 1.5$ 라면 외부 네트워크 라우터들 중 아무도 멀티캐스트 그룹에 등록하지 못할 것이다. 또한, k 가 주어질 값보다 더 작다면 멀티캐스트 그룹에 등록할 수 있는 노드가 더 늘어날 것이다.

III. 실험

본 논문의 II장에서는 이동 호스트의 이동에 따라 메트릭 계산을 통해 이동 호스트가 위치한 네트워크의 에이전트가 직접 멀티캐스트 그룹에 가입하여 해당 이동 호스트에게 멀티캐스트 서비스를 제공하는 방안을 제안하였다. 본 장에서는 알고리즘 분석을 하고 이 모델을 제안된 방법에 적용하여 관련연구와 비교 분석한다.

1. IGMP 참가 지연시간

이동 호스트가 외부 네트워크로 이동했을 경우 핸드오프가 일어나게 된다. 이 때 외부 네트워크에 있는 다른 이동 호스트가 자신이 받고자 하는 멀티캐스트 그룹의 데이터를 받고 있다면 링크 레이어(Link Layer)의 핸드오프만으로 해당 그룹의 데이터를 받을 수 있다. 하지만 외부 네트워크에 해당 그룹의 멀티캐스트 데이터를 받는 다른 이동 호스트가 없다면 외부 네트워크 라우터에게 멀티캐스트 그룹 가입을 요청하거나, 기존의 홈 에이전트로부터 데이터를 터널링 받아야 한다. 이 때 외부 네트워크 라우터에게 멀티캐스트 그룹 가입 요청을 하게 되면 이동 호스트는 가입이 완료될 때까지

데이터를 받지 못함으로 인해 통신의 단절이 발생하게 된다.

이러한 요인은 상당히 유동적으로 작용하게 된다. 외부 네트워크 라우터의 IGMP 쿼리 메시지가 전달되는 시점과 이동 호스트가 멀티캐스트 그룹에 가입 요청을 하는 시점이 통신 단절 시간을 결정하게 된다. 최악의 경우는 멀티캐스트 그룹에 가입을 결정하자마자 IGMP 쿼리 메시지를 받아 그룹의 멤버로 가입하게 되는 것이다. 하지만 최악의 경우로 IGMP 쿼리 메시지가 지난간 직후에 멀티캐스트 그룹에 가입하고자 할 때고 있다. 이러한 유동성으로 인해 IGMP 쿼리 메시지를 어느 시점에 보내야 하는지는 결정하는 것이 불가능하다.

이 실험은 RedHat Linux 9(Kernel 2.4.20)의 커널에서 구현되었다. 두 대의 컴퓨터를 직접 연결하고 한 대의 컴퓨터는 멀티캐스트 데이터 소스 및 라우터로 설정하고, 또 한 대의 컴퓨터는 호스트로 설정하여 실험하였다. 호스트에서 멀티캐스트 그룹에 가입을 하는 시점부터 해당 그룹의 멀티캐스트 데이터를 처음으로 수신하는 시점까지의 시간 간격을 측정하였으며, 총 20번의 실험을 통해 측정하였다.

표 1에서 나타난 바와 같이 측정결과는 평균 62.02초이다. 이것은 IGMP 쿼리 메시지의 주기가 125초라는 것을 생각한다면 예상에서 크게 벗어나지 않는 결과이다. 이러한 시간의 차이는 외부 네트워크 라우터와 Designated Router 사이에서도 비슷하게 생긴다. 그렇다면 실제로는 약 2분의 멀티캐스트 그룹 가입 지연 시간이 발생한다. 또한 데이터의 측정 편차가 12초에서 124.6초까지 매우 컸다. 이는 라우터의 IGMP 쿼리를 얼마나 빨리 받느냐에 따라 달라진다.

하나 더 고려해야 할 점은 리포트 메시지를 쿼리를 수신하자마자 바로 보내지 않고 기다린다는 것이다. 실제로 이동 호스트는 IGMP 쿼리를 수신한 후에 0초 내

지 10초 동안 기다렸다가 리포트를 한다. 이는 외부 네트워크 라우터 내지는 라우터에 리포트 메시지가 물리는 현상을 방지하기 위함이다.

2 시뮬레이션 모델

가. 시나리오 설정

본 논문의 실험을 위해서 다음과 같은 매개변수들이 정의된다. 이동 호스트의 수, 패킷의 크기, 트래픽 양, 노드의 버퍼 크기, 노드간 대역폭의 크기 및 각 에이전트가 수용 가능한 인터페이스 큐의 크기 등을 고려한다.

기본적인 매개변수인 트래픽의 양과 패킷 크기의 매개변수는 네트워크간의 대역폭의 크기로 다시 정의하였다.

나. 시뮬레이션 환경

제안한 기법의 성능 평가를 위하여 NS(network simulator) 2를 사용하였다.

그림 6 은 모의실험을 위한 네트워크 구성을 보여주고 있으며, 네트워크의 구성 요소는 게이트웨이 라우터, 백본 라우터, 이동 호스트로 구성되어 있다. 그리고 각 무선 네트워크의 에이전트들은 기본적으로 멀티캐스트

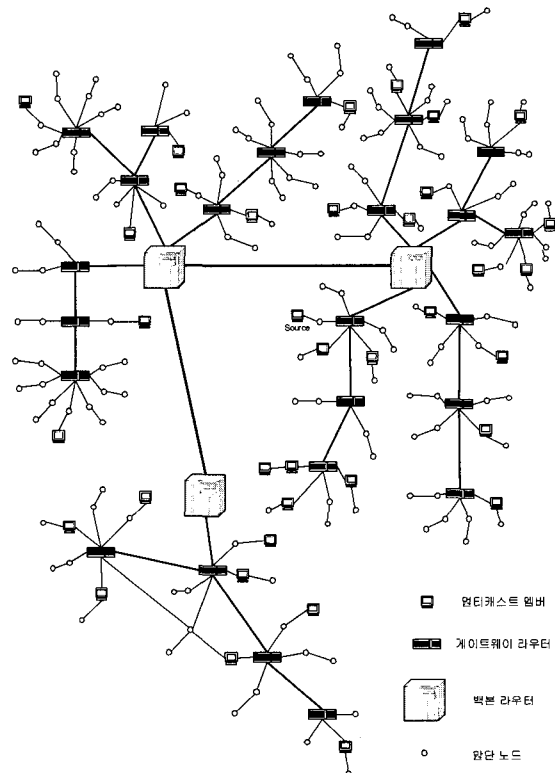


그림 6. 실험을 위한 네트워크 토폴로지
Fig. 6. The network topology for simulations.

표 1. IGMP 지연시간 결과 (단위 : 초)
Table 1. The result of IGMP delay time.

실험 횟수	IGMP 지연시간(sec)	실험 횟수	IGMP 지연시간(sec)
1회	91.6	11회	58.0
2회	75.1	12회	106.3
3회	29.0	13회	44.9
4회	43.7	14회	51.6
5회	121.6	15회	78.6
6회	63.5	16회	20.8
7회	69.6	17회	35.7
8회	74.0	18회	12.0
9회	19.1	19회	81.7
10회	95.3	20회	60.4

표 2. 시뮬레이션 파라미터

Table 2. The Simulation parameters.

기호	설명	값
n	실험 모델에서 사용되는 라우터의 총수	25
L	이웃한 두 노드간의 전송 범위의 반경	100
MH	이동하는 호스트의 수	0~100
d	소스 노드와 MH 의 거리	Hop count
t	MH 가 외부 네트워크에 머무는 시간	1~60
a	가중치 상수	0, 1, 0.2
k	가중치 상수	1.1
D	멀티캐스트 초기 멤버 수	37

라우터를 동작하는 것으로 가정하였다.

각 이동 호스트들은 제한 없이 각 무선 네트워크를 자유롭게 돌아다니며, 실험 편의상 루프(loop)가 없는 형태로 구성하였다.

3. 성능 분석

$a = 0.2$, $DTM = d$ and t , DTM 은 t 와 d 를 모두 고려한다. 그림 4.2와 그림 4.3에서와 같이 원격 가입 기법은 이동 호스트의 잦은 이동에서 가입과 탈퇴의 많은 횟수를 산출했음을 알 수 있었다. 이 결과, 멀티캐스트 트리를 보다 빈번히 재구성하게 된다.

왜냐하면 원격 가입 기법은 이동 호스트가 멀티캐스트 그룹에 가입된 외부 네트워크로 이동하지 않았을 경우 이동시마다 새롭게 멀티캐스트 그룹에 가입해야 하기 때문이다. 원격 가입 기법에 의해 연결된 멀티캐스트 네트워크는 매우 불안정하고, 또한 다른 기법보다 더 많은 네트워크 자원을 낭비하게 된다.

본 논문에서 제안한 기법은 멀티캐스트 멤버의 수가 원격 가입 기법에 비해 많았으며, 가입과 탈퇴의 총 수는 오히려 더 적었다. 그러므로 멀티캐스트 네트워크는

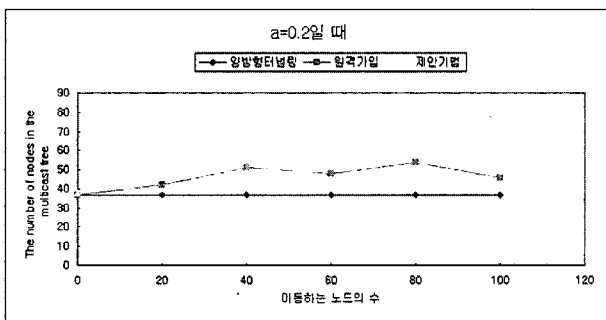


그림 7. 멀티캐스트 그룹에 가입된 노드의 수
Fig. 7. The number of nodes in the multicast group.

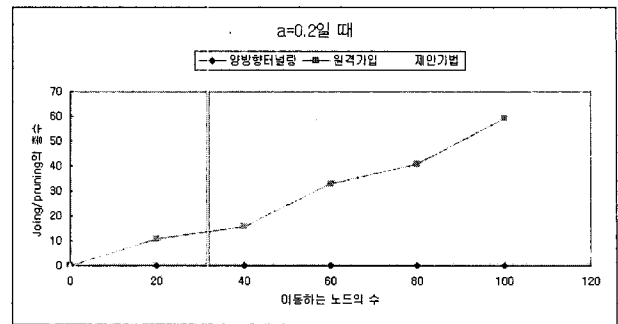


그림 8. 가입과 탈퇴의 총 횟수
Fig. 8. The total number of joining and pruning.

더 안정적이고 멀티캐스트 패킷의 전송면에서도 더 효율적이라 할 수 있다.

가. 양방향 터널링 기법의 전송 지연

그림 9는 양방향 터널링 기법의 전송 지연에 대한 그래프이다. 이동 호스트가 각각의 네트워크를 벗어나는 순간 외부 네트워크 라우터와 IGMP를 이용한 터널링 절차를 수행하고 홈 에이전트를 통하여 이동한 외부 네트워크로 터널링을 수행한다.

각 네트워크로 이동시 터널링 수행을 위한 절차 때문에 일부의 지연이 발생함을 알 수 있다. 또한 이동 호스트가 이동한 외부 네트워크의 라우터가 홈 에이전트로부터 원거리에 위치할수록 터널링의 수행시 발생하는 지연이 증가함을 알 수 있다.

여기서 고려해야 할 사항이 터널링을 수행하는 과정에서는 부하의 증감은 터널링을 수행하기 위해서 등록을 수행하는 절차에 따르는 부하와 실제 데이터그램을 전송하는데 드는 전송 부하가 존재한다. 데이터그램 송수신시 부과되는 지연에 대한 부하는 대역폭과 거리에 의존한다.

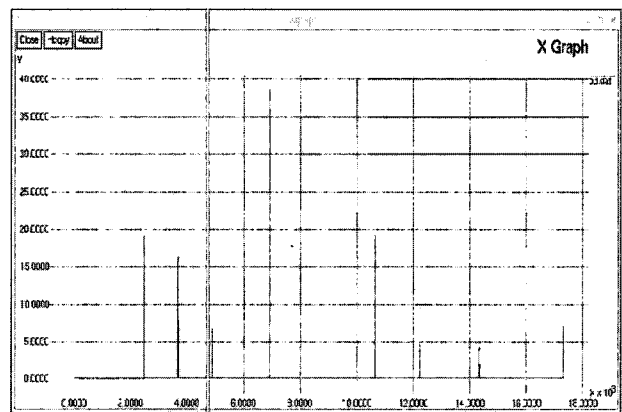


그림 9. 양방향 터널링 기법의 전송지연
Fig. 9. The transmission delay of bi-directional tunneling.

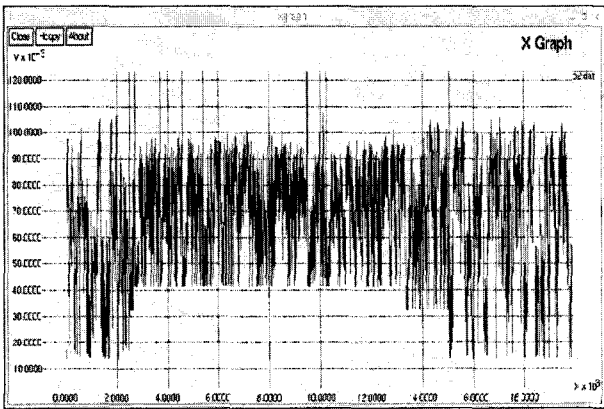


그림 10. 양방향 터널링 기법의 데이터 그래프 전송지연 그래프

Fig. 10. The transmission delay Graph of bi-directional tunneling.

그러므로 전체 부하량은 터널링 수행을 위한 접속시 발생하는 지연과 거리에 비례하는 전송 부하의 합으로 표현이 가능하고, 네트워크간의 이동시 동일 터널링 부하지연이 발생한다고 가정하면(호스트나 라우터의 프로세싱 시간과 성능이 동일하다고 가정) 결국 네트워크간 이동시 변하는 홈 에이전트와의 거리에 비례해서 전송 지연이 증가함을 알 수 있다.

그림 10 에서도 알 수 있듯이 이러한 현상은 특히 전송매체의 대역폭이 감소하거나 전송 시 요구되는 데이터의 양이 증가하는 경우 전송 매체에서 발생하는 지연과 더불어 비례적으로 증가함으로, 무선 네트워크 환경에 고용량의 멀티미디어 전송으로 전환되어 가는 현재의 통신 환경에서 급격한 통신 부하를 초래할 수 있다.

그림 10 에서 이동 호스트가 홈 네트워크에 있을 때에는 전송지연이 적음을 알 수 있으나, 외부 네트워크로 이동 후에는 지연이 증가함을 알 수 있다. 또한 외부 네트워크로 이동 후 상당한 전송 지연 특성을 나타내고 있으며, 차츰 홈 네트워크로 이동함으로써 터널링에 따르는 전송 지연이 감소함을 알 수 있다.

나. 원격 가입 기법의 전송 지연

그림 11 에서는 이동 호스트가 홈 네트워크를 벗어나는 순간 외부 네트워크 라우터와 IGMP를 이용한 멀티캐스트 멤버 재가입을 수행한다. 이동한 외부 네트워크의 라우터는 이동 호스트의 새로운 멀티캐스트 멤버 가입 절차를 수행하고, 만약 네트워크 영역내에 기존의 멤버가 존재하지 않는 경우에는 동일 그룹의 수신자로부터 외부 네트워크 라우터까지 멀티캐스트 데이터그램을 수신받기 위해 최적의 경로를 설정한다.

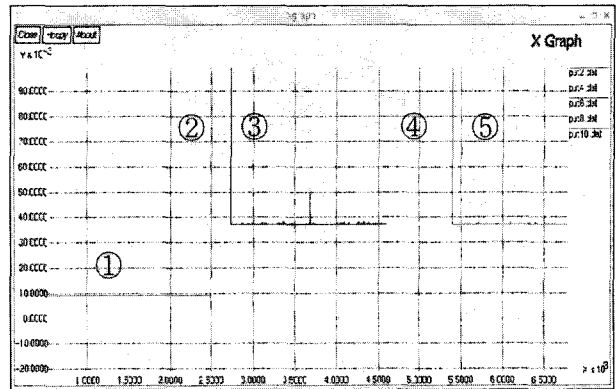


그림 11. 원격 가입 기법의 전송 지연

Fig. 11. The transmission delay of remote subscription.

멀티캐스트 그룹에 대한 재가입 절차가 끝나고 나서는 송신자로부터 데이터그램을 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 의해서 설정된 최적의 경로로 데이터그램을 이동한 외부 네트워크 라우터까지 송신한다. 수신된 데이터그램은 하부의 네트워크로 방송되며 이동 호스트는 멀티캐스트 그룹의 멤버로써 데이터그램을 수신하게 된다.

그림 11 에서 볼 수 있듯이 원격 가입에 따르는 이동 호스트의 데이터그램 전송 지연은 이동 호스트가 임의의 외부 네트워크로 이동 후 각 외부 네트워크에 등록하는 절차 과정에서 지연을 초래하고 있다. 멀티캐스트 그룹 멤버 등록에 따르는 지연은 초기 이동과정에서 중요한 지연을 일으키는 요소이지만 일단 멤버 등록이 완료되면 최적의 경로로 데이터그램을 수신하게 됨으로 전송 지연이 감소함을 알 수 있다.

그림 11 에서는 처음의 빨강색(①) 그래프는 처음 등록된 홈 에이전트에서의 전송지연을 나타내고 있으며, 두 번째의 초록색(②)은 외부 네트워크로 이동한 후의 전송지연을 나타내고 있다. 약간의 패킷 지연이 발생하는 경우와 처음 급상승하는 지연은 이동 호스트가 원격 가입을 수행하면서 나타나는 멀티캐스트 그룹에 대한 재등록 지연과 짧은 기간 동안의 전송 때문에 나타나는 전체적인 패킷의 지연을 나타내고 있다. 또한 파랑(③), 노랑(④), 보라색(⑤)은 다른 외부 네트워크로 이동 후 멀티캐스트 그룹에 재등록을 통하여 전송되는 패킷의 전송 특성을 나타내고 있다.

이러한 원격 가입에 따르는 전송 지연 형태를 분석하면 이동 호스트가 동일한 네트워크 내에서 장시간 머물면서 멀티캐스트 데이터그램을 수신하게 되면, 데이터 전송의 전체적인 측면에서 상대적으로 전송 지연시 발생하는 멤버 가입 부하를 줄이는 효과를 기대할 수 있

다. 또한 이동한 외부 네트워크에 이동 호스트가 가입을 희망하는 멀티캐스트 멤버가 이미 존재하는 경우에는 송신자로부터 외부 네트워크 라우터까지 경로를 재설정 할 필요가 없으므로, 이동 호스트가 해당 멀티캐스트 그룹에 홈 네트워크에서 처음으로 가입하는 경우와는 비교적으로 가입시 부하가 적음을 짐작할 수 있다. 또한 원격 가입 기법은 터널링의 부하를 고려하지 않아도 됨으로 멀티캐스트 그룹에 대한 재가입에 따르는 부하량에 비례적으로 의존하게 됨을 알 수 있다.

다. 선택적 원격 가입 기법의 전송 지연

본 논문에서 제안하고 있는 네트워크 구조는 양방향 터널링 기법과 원격가입 기법의 병행을 통해서 가장 효율적인 안정상태를 유지하고, 유연적으로 네트워크의 적응력을 증가시키는데 있다. 양방향 터널링 기법이 가지고 있는 원격 이동에 따르는 데이터그램 전송 지연을 최소화하고, 원격 가입 기법의 빈번한 재가입에 따르는 부하량을 줄일 수 있다.

그림 12 에서 알 수 있듯이 근거리의 네트워크 이동에서는 터널링에 따르는 부하가 추가된다. 그러나 홈 네트워크로부터 멀리 이동 할수록 멀티캐스트 그룹의 재가입에 따르는 부하를 줄일 수 있게 되며, 홈 네트워크로부터의 거리가 멀어지게 되면 터널링에 따르는 부하가 커지게 되므로 이동 호스트가 머물러 있는 네트워크의 라우터에 의해 원격 가입 기법을 적용한다. 그러므로 이동 호스트의 멀티캐스트 그룹의 재가입 횟수를 줄여주며, 터널링에 따르는 부하를 줄여줌으로 양방향 터널링 기법과 원격 가입 기법이 갖고 있는 문제점을 보완하여 지연을 줄일 수 있었다.

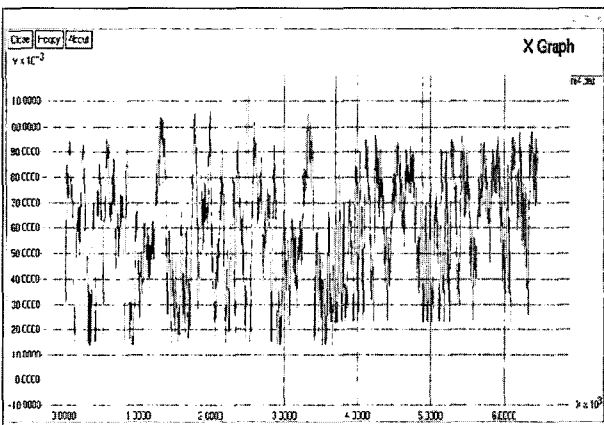


그림 12. 선택적 원격가입 기법의 전송 지연
Fig. 12. The transmission delay of selective remote subscription.

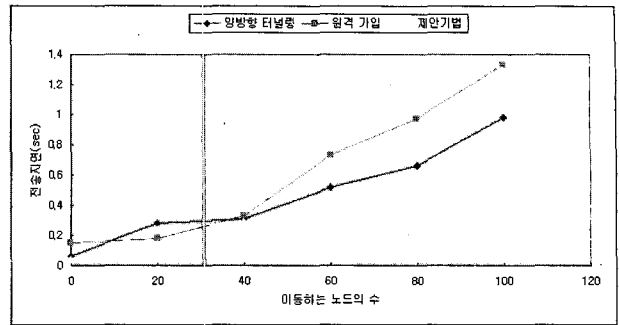


그림 13. 각 기법별 평균 전송지연 비교
Fig. 13. The comparison of average transmission delay by three scheme.

라. 각 기법의 전송지연에 대한 비교분석

그림 13 은 위에서 언급한 세 가지 기법의 전송지연에 관한 특성을 동일한 환경에서 같은 이동성에 근거하여 실험한 결과이다. 양방향 터널링 기법이 전송지연 시간이 가장 클 것으로 예상되었지만 이동 호스트의 수가 증가함에 따라 원격 가입 기법이 가장 큰 전송 지연 시간을 나타내었다. 앞에서 언급한 바와 같이 IGMP를 통한 멀티캐스트 그룹 가입 시간이 전체 데이터그램 지연에 큰 영향을 끼친다는 것을 알 수 있었으며, 터널링에 따르는 부하에 비해 멀티캐스트 그룹의 재가입에 따르는 부하가 가장 크다는 것을 알 수 있었다.

이러한 기법간의 지연 특성 분석을 통하여 홈 네트워크에서부터 원격 이동시 양방향 터널링 기법은 데이터그램 전송의 거리상 지연이 초래되고, 원격 가입 기법은 거리에 무관하다. 또한 제안한 기법은 홈 네트워크로부터 멀어지게 되면 원격 가입 기법을 적용하므로 양방향 터널링 기법에 비해 상대적으로 거리에 따른 지연을 줄일 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문은 기존의 이동 컴퓨팅 환경에서 멀티캐스트 서비스를 제공하는데 야기되는 문제점을 해결하고 새로운 구조적 분할환경에서 효율적인 서비스를 제공하기 위한 시스템을 제안하였다.

기존의 멀티캐스팅 서비스를 제공하는데 주요한 기반기술 중 양방향 터널링 기법에 의한 멀티캐스트 데이터 전송은 비 멀티캐스트 라우터로 호스트의 이동을 허락하였고, 라우팅 경로의 최적화를 위한 경로 재설에 따르는 비용을 최소화하기 위한 장점을 지니고 있지만, 홈 네트워크로부터 원격거리의 호스트 이동에 따르는 데이터 전송에 거리특성을 극복하지 못하고 많은 전송 부

하를 초래하고 있으며, 부가적으로 터널 집중화 및 확장 터널 집중화의 문제점들을 야기 시킨다.

또한 원격 가입 방법은 이동에 따르는 멀티캐스트 그룹 멤버 재등록 절차를 통하여 이동 호스트에게 최적의 데이터 전송 경로를 제공하기 위한 노력에 반해서, 빈번한 호스트의 이동시 발생하는 멀티캐스트 그룹 가입/탈퇴 절차 및 경로 재설정 프로세싱 부하를 야기 시킴으로 인해서 이동 호스트에게 최적의 이동 서비스를 제공하지 못한다.

본 논문에서 제안한 선택적 원격 가입 기법은 양방향 터널링 기법을 기반으로 선택적으로 원격 가입 기법을 적용하여 호스트의 핸드오프가 발생했을 경우 멀티캐스트 전송 경로의 최적화와 멀티캐스트 그룹에 대한 가입 횟수를 줄임으로써 네트워크 지연을 최소화 하는 모바일 멀티캐스트 전송 기법이다.

실험 결과를 비교 분석한 결과, 호스트의 이동성을 고려하지 않는 양방향 터널링 방식보다 멀티캐스트 전송 경로가 평균 5홉 이상 감소하였고, 호스트의 이동시마다 멀티캐스트 그룹에 새롭게 가입하는 원격 가입 기법에 비해 가입 횟수를 크게 줄임으로써 가입 절차로 인한 네트워크 단절률과 전송 지연률이 평균 38% 감소하였다. 따라서 모바일 멀티캐스트 전송 기법인 양방향 터널링 기법과 원격 가입 기법을 모두 적용한 선택적 원격 가입 기법이 단일 기법으로 사용했을 때보다 효율적임을 알 수 있다.

향후 차세대 이동통신 환경에 적합한 네트워크 구조에 근접한 환경에 대해서 적응력 시험 및 종합적인 이동 호스트의 적성 및 적용에 관한 연구가 지속되어야 할 것이다. 또한, 급격히 증가하는 다수의 이동성 및 빈번한 이동 환경을 적용하기 위한 부가적인 기술이 연구되어야 할 것이며, 적응력 향상을 위해서 다양한 데이터 링크 계층과의 연관성도 동일한 수준으로 지속적으로 적용되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] D. Waizman, C. Patridge, S. Deering, "Distance vector multicast routing protocol", RFC 1075, Nov. 1988.
- [2] J. Moy, "Multicast Extension to OSPF", Communications of the ACM, Aug. 1994.
- [3] A. Ballardie, P. Francis, and J. Crowcroft, "Core Based Trees(CBT) Multicast Routing Architecture", RFC 2201, Sep. 1997.
- [4] S. Deering, D. Estring, "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM) : Protocol Specification", RFC 2362, June. 1998.
- [5] C. K. Toh, "The Design and Implementation of a Hybrid Handover Protocol for Multimedia Wireless LANs", MOBICOM 95, Nov. 1995.
- [6] C. K. Toh, "Crossover Switch Discovery Schemes for Fast Handovers in Wireless ATM LANs", ACM Journal on Mobile Networks and Application, 1996.
- [7] C. K. Tohm, "Performance Evaluation of Crossover Switch Discovery Algorithm for Wireless ATM LASs", ACM Journal On Mobile Networks and Application, 1996.
- [8] R. Bovie, "Explicit Multicast Basic Specification", draft- ooms- xcast-basic- spec- 02.txt, Mar. 2001.
- [9] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4", draft-ietf-mobileip-rfc2002-bis-06.txt, June 2001
- [10] V.Chikarmane, R.Bunt, and C.Williamson, "Mobile IP-Based Multicast as a Service for Mobile Hosts", Proceedings of the Second International Workshop on Services in Distributed and Networked Environments, Whisler, BC, Canada, June, 1995.
- [11] C. Rose, "Minimizing the Average Cost of Paging and Registration: A Timer-Based method", ACM Wireless Networks, Vol. 2, 1996.
- [12] S.Deering and D.Cherton, "Multicast Routing in Datagram Internet works and Extended LANs", ACM Transactions on Computer Systems, Vol. 8, May 1990.
- [13] T.Hiller, "Wireless IP Network Architecture based on IETF protocol", TR45.6 Ballot, Feb. 2000.
- [14] K. S. Jang, Y. S. Kim, B. K.Kim, "Partition-Structured Multicast Service for Mobile IP", ICT99, Cheju Korea, June 1999.
- [15] C.Perkins, "IP encapsulation within IP", IETF RFC 2002, IBM corp October 1996.
- [16] H.S.Shin, Y.H.Suh, "Multicast Routing Protocol in Mobile Networks", ICC2000.
- [17] S. Thompson, and T. Nartin, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration", RFC1971, August 1996.
- [18] H.Wada, T.Yozawa, T.Ohnishi, and Y.Tanaka, "Mobile Computing Environment Based on internet Packet Forwarding", Proc. 1993 Winter USENIX San Diego, CA, 1993.
- [19] S.Deering, R.Hinden, "Internet Protocol Version 6(IPv6) Specification," Internet Draft.
- [20] A.Ballardie, P.Francis, and J.Crowcroft, "Core

Based Trees (CBT) : And Architecture for Scalable Inter-domain Multicast Routing”, Proceedings of the 1993 ACM SIGCOMM Conference, San Francisco, CA, September 1993.

저 자 소 개



이 인 식(정회원)
2003년 광운대학교 전자공학과
학사 졸업.
2006년 광운대학교 컴퓨터과학과
석사 졸업.
<주관심분야 : 무선인터넷, 초고속
통신, Multicast, IPv6, MPEG
System>



이 동 호(정회원)
1979년 서울대학교 전자공학과
학사 졸업.
1983년 서울대학교 전자공학과
석사 졸업.
1988년 서울대학교 전자공학과
박사 졸업.
1984년~현재 광운대학교 컴퓨터과학과 교수
<주관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 차세대 인터넷>



서 두 옥(정회원)
2002년 광주대학교 컴퓨터공학과
학사 졸업.
2004년 광운대학교 컴퓨터과학과
석사 졸업.
2004년~현재 광운대학교 컴퓨터
과학과 박사 수료
<주관심분야 : 차세대 인터넷, Qos, IPv6, >