

인터넷 멀티캐스트 환경에서의 이동 단말을 위한 핸드오프 제어 방안

손 지 연[†] · 원 유 재^{††} · 박 준 석^{††} · 김 명 규^{††} · 황 승 구^{†††}

요 약

본 논문에서는 인터넷 멀티캐스트 환경에서 이동 단말을 지원하기 위한 방안을 제안한다. 제안된 알고리즘은 단말이 이동할 때마다 해당 멀티캐스트 그룹에 재가입하는 방안을 기반으로 하며, 이 경우 취약점이 되는 이동 네트워크의 특성 및 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 특성으로 인한 통신 단절의 문제점을 보완하기 위해 IETF Mobile IP의 양방향 터널링 방안을 도입하였다. 또한 본 논문에서는 제안 방안에 대한 핸드오프 지연 시간 및 패킷 손실량 분석과 기존 방안들에 대한 비교를 통해서 견고성, 확장성 및 라우팅 효율성 면에서 우수함을 보였다.

Handoff Control Algorithm for Mobile Hosts in the Internet Multicast Environments

Ji-Yeon Son[†] · Yoo-Jae Won^{††} · Jun-Seok Park^{††}
Myung-Gyu Kim^{††} · Seung-Ku Hwang^{†††}

ABSTRACT

This paper proposes a new solution to support Internet Multicast for mobile hosts. The proposed algorithm is based on the remote subscription approach of IETF Mobile IP that mobile node re-subscribes to its desired multicast groups while at a foreign network. In addition, we adopt the bi-directional tunneling to minimize the disruption of multicast service due to movement of a host from network to another. This paper also analyzes the handoff latencies and data packet loss amount of our algorithm and compares to other approaches. Our analysis shows that the proposed algorithm has good robustness, scalability and routing efficiency.

1. 개 요

최근 이동 컴퓨팅 기술이 성숙되어짐에 따라 차세대 인터넷에서도 이동 단말(MH: Mobile Host)들을 고려하고자 하는 시도들이 활발히 진행되고 있다. 단말의 이동성을 지원하기 위해서는 기본적으로 이동 단말이

외부 네트워크로 이동하더라도 통신이 단절되지 않고, 지속적인 서비스를 제공해 주어야 하는데, 현재 인터넷 표준 단체인 IETF Mobile IP [7]에서는 이동성 지원을 위해서 이동 단말이 최초로 주소를 할당 받은 네트워크(홈 네트워크)의 이동 지원 라우터를 HA(Home Agent)라 하고, 새로 이동한 네트워크(외부 네트워크)의 이동 지원 라우터를 FA(Foreign Agent)라 칭하여, 이들간에 터널을 설정하는 방안을 제안하고 있다. 이는 이동 단말로 향하는 모든 데이터들이 HA를 경유해

[†] 정 회 원 : 한국전자통신연구원 연구원

^{††} 정 회 원 : 한국전자통신연구원 선임연구원

^{†††} 정 회 원 : 한국전자통신연구원 멀티미디어 연구부 부장
논문접수 : 1998년 8월 28일, 심사완료 : 1999년 9월 10일

야 함으로써 야기되는 라우팅의 비효율성 문제를 안고 있으나, 전반적으로 많은 연구[9]들이 진행되어 있고, 표준화 작업[7][8][11]도 상당한 진전을 보이고 있다.

반면, 인터넷 멀티캐스트 환경의 경우에는 이동성을 지원하는데 있어서 보다 복잡한 문제들을 갖는다. 인터넷 멀티캐스트는 서브 네트워크에서 호스트 그룹을 관리하는 IGMP (Internet Group Management Protocol) [10]와 멀티캐스트 라우팅 프로토콜[12][13][14][15]에 의해 동작하는데, 기존의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들은 그룹 주소와 데이터 패킷의 근원지(Source) 주소를 보고 경로를 결정하며, 모두 호스트에 유선 네트워크들이 고정되어 있는 것을 전제로 한다. 따라서, 단말이 이동한 네트워크가 해당 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않거나, 멀티캐스트 기능을 지원하지 않을 경우, 또는 홉 카운트 수가 증가함으로써 TTL(Time To Live) 범위를 초과하는 경우에는 멀티캐스트 데이터를 지속적으로 수신하지 못하는 경우가 발생된다. 또한 멀티캐스트 데이터를 그룹 호스트들에게 전달하기 위한 라우팅 트리가 송신자를 중심으로 형성되는 DVMRP[14]나 MOSPF[15] 경우에는 이동 단말로부터 송신되는 멀티캐스트 데이터들이 라우터들에 의해 버려질 수 있다. 이는 DVMRP에서 채택하고 있는 RPM(Reverse Path Multicasting) 기법의 경우 송신자로부터 최적의 경로로 도착한 멀티캐스트 데이터에 대해서만 다른 라우터에게 전달하며, MOSPF의 경우에도 수신 호스트에게 최적의 경로를 제공하는 라우터들에게만 멀티캐스트 데이터를 전송하므로, 이동 단말의 위치가 변경되면 이후 단말로부터의 데이터들은 최적 경로 이외의 경로로부터 온 데이터로 간주되기 때문이다.

이와 같이 이동에 의한 일시적인 통신 단절(이후 핸드오프라고 칭함)에 의해서 손실된 데이터들은 필요성 여부에 따라 중단 시스템에서 복구될 수는 있으나, 이는 이동 단말에서의 부담이 클 뿐만 아니라, 네트워크 트래픽을 급증시키는 요인이 될 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 멀티캐스트 라우팅 방식의 특성과 IETF의 Mobile IP[7] 터널 등록 방식을 이용하여 네트워크 계층에서 핸드오프에 의한 멀티캐스트 데이터 손실을 최소화시키는 방안을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 이동 환경에서 멀티캐스트를 지원하기 위한 기존 연구들

을 조사하였고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 알고리즘들의 개요 및 상세 설계에 관해 기술하였으며, 4장에서는 제안된 방안에 대한 분석 및 다른 방안과의 비교를 통해 타당성을 증명하였으며, 마지막으로 이에 대한 결론을 맺는다.

2. 기존 연구

IP 인터넷 환경에서 이동 단말들에게 멀티캐스트를 지원하는 방안으로 가장 처음 제안된 방안은 Acharya의 Mobile IP Multicast [1][2]이다. 이는 콜롬비아 대학에서 제안한 Mobile IP를 기반으로 하며, 캠퍼스 단위로 이동 지원 라우터 (MSR : Mobile Support Router)을 두어 MSR들간의 멀티캐스트 터널(MTUNNEL)을 통해 멀티캐스트 데이터를 송수신하는 방안이다. 이 방안은 IETF의 Mobile IP를 기반으로 하지 않는데다 모든 MSR들에게 데이터를 방송함으로써 확장성에 문제[5]가 있으며, 다른 캠퍼스로 이동할 경우에는 홉 카운트 증가로 인한 TTL 문제가 발생될 수 있다.

반면, IETF Mobile IP[7]에서는 이동 멀티캐스트를 위한 두가지 방안을 제안하고 있다. 첫째는 이동 단말이 모든 데이터 패킷들을 HA를 통해서 송수신하는 방안으로서, 양방향 터널링 (bi-directional tunneling) 이라 부른다. 이 방안은 송수신자의 이동성을 모두 처리 가능하며, 패킷의 연속성은 어느 정도 보장해 줄 수 있으나 라우팅의 비효율성 문제와 확장성 문제가 존재한다[6]. 라우팅의 비효율성 문제는 유니캐스트 환경의 경우와 동일하며, 확장성 문제는 하나의 HA 내에 동일한 멀티캐스트 그룹에 속한 이동 단말 수가 많을수록 멀티캐스트 데이터임에도 불구하고 이동 단말 수만큼의 유니캐스트 전송이 이루어지는 문제이다. 두번째는 이동 단말이 외부 네트워크로 이동할 때마다 이동한 서브 네트워크의 멀티캐스트 라우터를 통해 데이터를 송수신하는 방법으로서, 원격 가입 (remote subscription) 방안이라 불려진다. 이 방법은 간단하며, 라우팅의 효율이 좋은 반면, 새로 멀티캐스트 라우팅 트리에 가입하는 시간보다 각 외부 네트워크에 이동 단말이 머무르는 시간이 더 짧을 경우에는 제대로 동작하지 않는 단점이 있다. 또한 1장에서 언급한 바와 같이 새로 이동한 네트워크의 특성, 이동 단말의 위치, 홉카운트의 증가 등의 이유로 통신의 단절이 발생될

수 있으며, 이동 단말이 데이터를 송신하는 경우에는 데이터 손실이 더욱 심각해질 수 있다.

MoM (Mobile Multicast) 프로토콜[6]은 IETF Mobile IP에서의 터널링에 의한 멀티캐스트를 지원하되, 이동 단말들의 이동에 따라서 발생할 수 있는 터널 집중화 문제[3][4]를 해결하기 위해서 제안되어졌다. 터널 집중화 문제는 서로 다른 네트워크에 분산되어 있는 MH들이 한 네트워크로 이동하게 되면서 터널의 끝점이 하나의 FA로 집중되는 현상을 말한다. 이로 인해 발생하는 패킷 중복 전송 문제를 해결하기 위해서 MoM에서는 FA로 하여금 다수의 HA들 중에서 하나의 DMSP (Designated Multicast Service Provider)를 지정하도록 해서, 데이터 전송 책임을 부여하는 방법을 사용한다. 그러나, 이 방법은 DMSP를 별도로 관리해야 하는 부담이 있으며, 기존의 터널링 방법이 안고 있는 라우팅의 비효율성 문제를 그대로 안고 있다.

3. 해결 방안

인터넷 환경에서 이동 단말을 위한 멀티캐스트 기능을 지원하는데 있어서 가장 중요한 고려 사항들로는 라우팅의 효율성(routing efficiency), 확장성(scalability)과 견고성(robustness)을 들 수 있다. 이때 라우팅의 효율성은 경로 설정에 있어서의 최적성(optimality)을 의미하며, 확장성은 인터넷 상에서 이동 단말의 수가 증가하더라도 제대로 동작하는지를 의미하며, 견고성은 이동 단말들의 위치 및 이동한 네트워크의 특성, 홉 카운트 수 증가에 대해 얼마나 유연하게 대처할 수 있는지를 의미한다.

그러나, 2장에서와 지적인 바와 같이 기존의 방안들 중에는 세가지 모두를 만족하는 방안이 존재하지 않는다. 따라서 본 논문에서는 상기 고려사항을 모두 만족하는 방안으로 IETF Mobile IP의 원격 가입 방법을 기반으로 하되, 단점이 되는 견고성 문제의 보완을 위해서 양방향 터널링 방식을 병행하는 방안을 제안하고자 한다. 본 절 이후에 언급된 터널은 양방향 터널을 의미한다.

3.1 가정

본 알고리즘을 제안하는데 있어서 다음과 같은 가정을 전제로 한다.

- 전송되는 멀티캐스트 데이터는 손실되거나 중복, 또는 지연될 수 있으며, 순서 및 신뢰성을 보장하지 않는다.
- 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 특정 프로토콜에 의존하지 않으나, 라우팅 트리에 대한 가입 요청 (Join/ Graft)에 대해 명백한 응답 메시지를 수신한다고 가정한다.
- HA와 FA는 모두 이동하지 않는다고 가정하며, 만일 해당 네트워크가 멀티캐스트 기능을 지원할 경우, 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 지정된 라우터 (Designated Router)가 HA 또는 FA의 기능을 담당한다고 가정한다.

3.2 제안 알고리즘 절차

제안하고자 하는 알고리즘의 절차를 간략하게 나타내면 다음 (그림 1-a)와 같다. (그림 1)의 MSR(Mobility Support Router)은 셀(cell)이라는 일정 범위 지역을 관장하는 특정 라우터로서, 각 셀에 위치한 MH들과 무선으로 통신할 수 있으며, 고정 유선 네트워크 노드들과 연결되어 유선 네트워크의 라우터들과 같이 호스트간의 통신을 가능하도록 한다. 또한 (그림 1-b)는 본 논문에서 제안하는 핸드 오프 절차에 의해 송신자인 FH₁으로부터 MH₁에 이르는 멀티캐스트 데이터의 흐름 경로가 어떻게 변화되는지를 나타낸 것이다.

(그림 1)에서와 같이 이동 단말 MH₁이 홈 네트워크인 셀₂에서 외부 네트워크 셀₁으로 이동한 이후의 절차를 보다 구체적으로 기술하면 다음과 같다.

- 1) MH₁은 우선 이동성 지원 라우터인 MSR₁을 찾아가 가입 요청을 한다. MH₁ 측에서 MSR₁을 찾는 절차는 IETF Mobile IP[7]에서의 에이전트 발견 절차 (Agent Discovery)를 따른다. 가입 요청을 위한 메시지는 MSR₁이 MSR₂와 MR₂에 전달할 정보들을 포함한다. 또한 이 메시지는 터널 등록만을 요청하는 플래그를 두어, MH₁이 라우팅 프로토콜의 특성과 관계없이 터널을 통해 멀티캐스트 데이터를 송신하고자 할 경우를 지원한다.
- 2) MH₁으로부터 가입 요청 메시지를 수신받은 MSR₁은 먼저 자신의 멀티캐스트 기능 지원 여부를 체크한다. 만일 멀티캐스트 기능을 지원하지 않는 경우

이거나 터널 등록만을 요청하는 경우에는 MH₁의 HA인 MSR₂에 터널 등록 요청을 한다. 이때 MSR₁은 이동 단말들의 관리를 위해서 방문자 리스트를 유지하는데, 여기에 MH₁을 위한 방문자 항목을 생성하고, MSR₂로부터 등록 요청에 대한 응답을 기다린다. MSR₂로부터 등록 요청에 대한 응답이 도착하면, 터널 등록 절차가 완료되었음을 MH₁에게 통보한다. 이때 FH₁으로부터의 데이터 흐름은 (그림 1-b)의 1단계에서 2단계로만 변화된다.

3) MSR₁이 멀티캐스트 라우터이고, 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않은 경우에는 MH₁으로부터 수신한 메시지의 정보를 이용하여 MSR₂에 터널 등록 요청을 하는 동시에 MSR₁의 멀티캐스트 라우팅 트리의 상위 라우터인 MR₂에 가입 (Join/Graft) 요청을 한다.

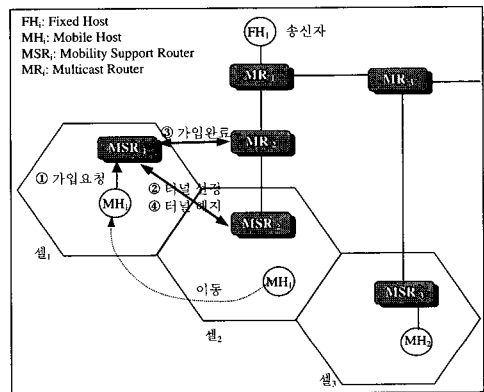
a) MR₂에 가입 요청을 한 상태에서 MSR₂와의 터널 등록 절차가 먼저 완료될 경우에는 MH₁측에 터널 등록이 완료되었음을 알리고, 이후 MR₂로의 라우팅 트리에 대한 가입 절차가 완료될 때까지 설정된 터널을 이용하여 멀티캐스트 데이터를 증계한다.

- 만일 가입 요청에 대해 MR₂로부터 계속 응답이 없을 경우에는 가입 실패로 간주하고 MH₁이 셀에 머무르는 동안 등록된 터널을 사용한다
- (그림 2-a)의 과 같이 MR₂로부터의 응답에 의해 가입 절차가 완료되고 나면, 일시적으로 등록되었던 터널을 해지시키며, 해당 방문자 항목 및 관련 정보들을 모두 삭제한다. 또한 MH₁에도 가입 요청이 성공적으로 수행되었음을 알린다 이때의 멀티캐스트 데이터 흐름은 (그림 1-b)의 1단계에서 2단계를 거쳐3단계로 변화된다.

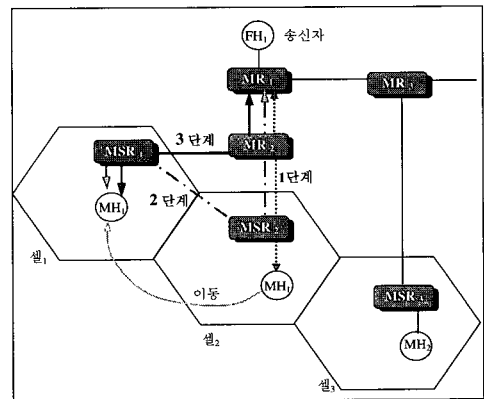
b) MR₂에 가입 요청을 한 상태에서, 터널 등록 절차보다 라우팅 트리의 가입 절차가 먼저 완료될 경우에는, 진행 중인 터널 등록을 취소시키며, 해당 방문자 항목 및 관련 정보들을 모두 삭제한다. 또한 MH₁에도 가입 요청이 성공적으로 수행되었음을 알린다. 라우팅 트리의 상위 라우터로부터 멀티캐스트 데이터를 수신하여 MH₁에게 전달한다. 이는 터널 설정으로 인한 지연 시간이 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 의한 가입 지연 시

간보다 길 경우를 의미한다. 이때 데이터 흐름은 (그림 1-b)의 1단계에서 2단계를 거치지 않고 바로 3단계로 변화된다

- 4) 만일 MSR₁이 멀티캐스트 라우터이고, 해당 그룹에 이미 가입되어 있는 경우, MH₁으로부터 가입 요청 메시지를 수신하면, 핸드오프를 위한 별도의 절차를 수행하지 않으며, MH₁에는 가입이 성공적으로 수행되었음을 알린다. (그림 1-b)에서는 2단계를 거치지 않고 1단계에서 3단계로 변화된다.



(a) 핸드오프 절차



(b) MH 이동에 따른 데이터 흐름 경로 변화

(그림 1) 이동 멀티캐스트 환경을 위한 제안 방안

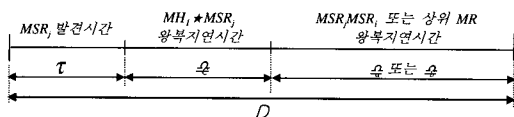
4. 분석

본 절에서는 제안된 알고리즘을 비롯한 양방향 터널링과 원격가입 방식 각각의 핸드오프 시간을 분석 비

교하고, 핸드오프 시간 동안에 발생하는 데이터 손실량을 분석해보기로 한다. 먼저, 다음과 같은 네트워크 환경을 가정한다. 임의의 네트워크 N 에서 멀티캐스트 그룹 G 를 형성하는 MSR들의 집합을 $R_G = \{MSR_1, MSR_2, \dots, MSR_m\}$ 라 하고, 이들 중에 멀티캐스트 기능을지원하는 라우터들이 k ($0 \leq k \leq m$) 만큼 존재한다고 가정한다. 또한 각각의 MSR들이 관리하는 네트워크(셀)에서 동작하면서 그룹 G 의 서비스를 이용하는 모든 이동 단말들의 집합을 $H_G = \{MH_1, MH_2, \dots, MH_n\}$ 라고 정의하며, 이들은 균일 분포(uniform distribution)에 따라 각각의 셀에 위치한다. H_G 에 속하는 MH들이 단위 시간당 평균적으로 이동하는 횟수를 λ (1/sec)라 한다.

4.1 핸드오프 시간 분석

임의의 MH가 셀 i ($0 < i \leq m$)에서 셀 j ($0 < j \leq m, i \neq j$)로 이동하여, FA를 발견하면서부터 MSR_j 에게 가입 요청을 하여 MSR_j 가 이에 대한 응답을 받을 때까지의 지연 시간을 핸드오프 지연 시간 D 라 하면, 이는 상기 (그림 2)와 같다.



(그림 2) 핸드오프 시간

(그림 2)에서 MH가 MSR_j 를 발견하는데 소요되는 평균 시간을 τ 라 하고, MH에서 MSR_j 에 가입 요청 메시지를 송신하기 위한 평균 전송 지연 시간과 MSR_j 로부터 응답메시지를 전달받는 평균 전달 지연 시간의 합을 δ_c 라 하며, MSR_j 측에서 원격가입 요청과 터널 등록 요청에 대한 응답을 받는데 소요되는 평균 왕복 지연시간을 각각 δ_a 와 δ_b 라 할 때, 일정 시간 T 동안 본 논문에서 제안된 알고리즘에 의해 MH측에서 발생하는 총 핸드오프 시간 D^p 는 다음과 같다.

$$D^{p(T)} = \lambda T \left(\tau + \frac{k}{m} (P(\rho_j=0)(\delta_c + \delta_a) + P(\rho_j \neq 0)\delta_c) + \frac{m-k}{m} (\delta_c + \delta_b) \right) \quad (1)$$

수식 (1)에서 $P(\rho_j=0)$ 은 MSR_j 이 그룹 G 의 멀티캐스트 라우팅 트리에 추가로 가입해야 할 확률로서, ρ_j

는 임의의 순간에 셀 j ($0 < j \leq m$)에 위치하고 있는 $MH \in H_G$ 의 수를 말한다. 즉, ρ_j 는 셀 j 의 밀도를 나타내며, $\sum_{j=1}^m \rho_j = n$ 이다. 따라서 $\rho_j=0$ 는 이동한 셀 j 내에 H_G 에 속하는 이동 단말이 전혀 존재하지 않는 경우를 의미한다. $P(\rho_j=0)$ 은 각각의 이동 단말이 특정 i 번째 셀에 위치할 확률이 $\frac{1}{m}$ 이므로, 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$P(\rho_j=0) = \left(1 - \frac{1}{m}\right)^n \quad (2)$$

수식 (2)에 의해서 수식 (1)은 다음과 같이 얻어질 수 있다.

$$D^{p(T)} = \lambda T \left(\tau = \delta_c + \delta_b + \frac{k \left(\frac{m-1}{m}\right)^n (\delta_a + \delta_b)}{m} \right) \quad (3)$$

같은 방법에 의해 시간 T 동안의 양방향 터널링과 원격 가입에 의한 핸드오프 시간을 각각 D^l 과 D^r 이라 하면, 이들은 다음과 같이 얻어질 수 있다.

$$D^l(T) = \lambda T (\tau + \delta_c + \delta_b) \quad (4)$$

$$D^{R(T)} = \lambda T \left(\tau + \frac{k}{m} (P(\rho_j=0)(\delta_c + \delta_a) + P(\rho_j \neq 0)\delta_c) + \frac{m-k}{m\lambda} \right),$$

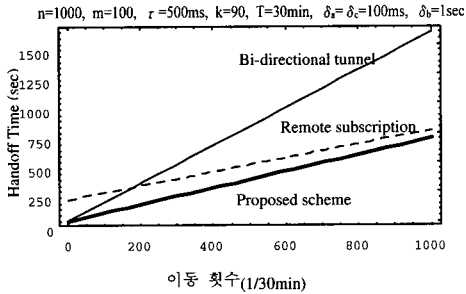
$$\lambda T \left(\tau + \frac{m-k}{m\lambda} + \frac{k \left(\frac{m-1}{m}\right)^n (\delta_c + \delta_a)}{m} \right) \quad (5)$$

수식 (5)에서 $\frac{1}{\lambda}$ 은 MSR_j 가 멀티캐스트 기능을 지원하지 않는 라우터일 경우, MH가 셀 j 에 머무르는 시간 전체를 핸드오프 시간으로 계산한 것이다.

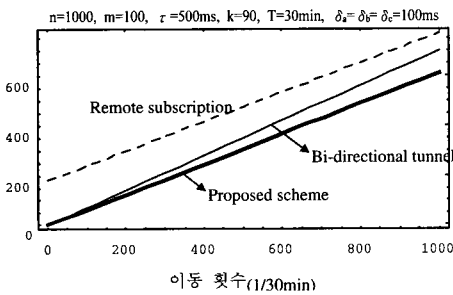
상기 수식 (3), (4), (5)에서 나타난 바와 같이 각 알고리즘에 의한 핸드오프 시간은 터널 등록을 위한 평균왕복지연 시간과 멀티캐스트 라우팅 트리에 가입을 위한 평균왕복지연 시간 차에 따라 크게 좌우될 수 있다. 그러나 실제 두 왕복지연시간의 차이는 매 경우마다 다를 수 있기 때문에 예측하기가 매우 어렵다. 따라서 본 논문에서는 두 왕복지연시간 차에 대한 모든 조건들을 셀 밀도가 높은 경우와 낮은 경우로 나누고, 조건에 따라서 각 알고리즘들의 핸드오프 시간이 어떻게 변화하는지를 살펴보기로 한다.

먼저, 평균 셀 밀도(ρ)가 상대적으로 높고, 멀티캐

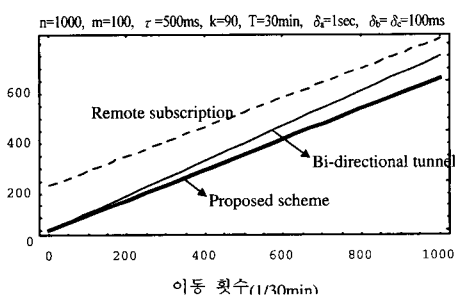
스트 기능을 지원하지 않는 라우터의 비율이 10%인 경우에 각 조건 별로 MH의 이동 횟수를 변화시킴에 따른 알고리즘들의 핸드오프 시간을 살펴보면, 다음(그림 3)과 같다.



(a) 셀 밀도($\rho = 10$)가 높고, $\delta_a < \delta_b$ 인 경우,



(b) 셀 밀도($\rho = 10$)가 높고, $\delta_a = \delta_b$ 인 경우,



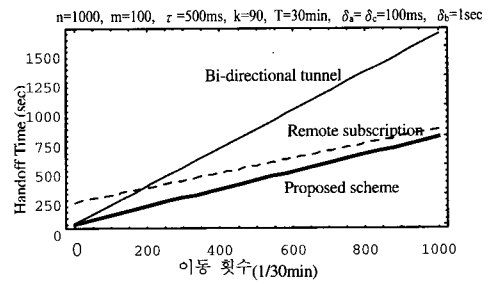
(c) 셀 밀도($\rho = 10$)가 높고, $\delta_a > \delta_b$ 인 경우,

(그림 3) 셀 밀도($\rho = 10$)가 높을 때 이동 횟수에 따른 핸드오프 시간의 변화

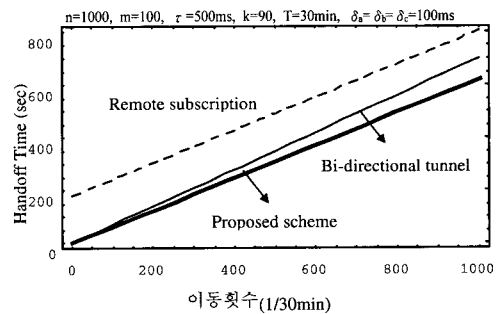
(그림 3)에서 보는 바와 같이 셀밀도($\rho=10$)가 상대적으로 높은 경우에는 라우팅 트리에 가입을 위한 왕복지연 시간(δ_a)이나 터널 등록을 위한 왕복지연시간(δ_b)의 차나 단말의 이동성과 상관없이 제안된 알고리즘의 핸드오프 시간이 가장 최소임을 알 수 있다. 반면, 멀티캐스트를 지원하지 않는 라우터의 비율이 10%

인 경우에는 $\delta_a < \delta_b$ 인 경우를 제외하고는 양방향 터널링 방안의 핸드오프이 원격가입 방안의 핸드오프 시간보다 단축됨을 알 수 있다. 이는 셀의 밀도가 높더라도 멀티캐스트를 지원하지 않는 라우터들의 비율이 핸드오프 시간에 민감하게 영향을 끼침을 알 수 있다.

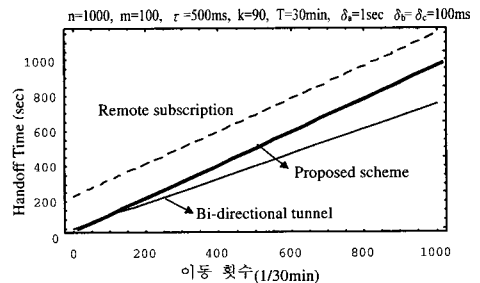
다음(그림 4)는 평균 셀 밀도가 상대적으로 낮을 때, 상기 수식 (3), (4), (5)를 근거로 MH의 이동 횟수를 변화시킴에 따라 본 알고리즘과 양방향 터널링 및 원격 가입 방식에 의한 총 핸드오프 시간을 비교한 것이다.



(a) 셀 밀도($\rho = 1$)가 낮고, $\delta_a < \delta_b$ 인 경우,



(b) 셀 밀도($\rho = 1$)가 낮고, $\delta_a = \delta_b$ 인 경우,



(c) 셀 밀도($\rho = 1$)가 낮고, $\delta_a > \delta_b$ 인 경우,

(그림 4) 셀 밀도($\rho = 1$)가 낮을 때, 이동 횟수에 따른 핸드오프 시간의 변화

(그림 4-(c))와 같이 평균 셀 밀도($\rho=1$)가 비교적 낮을 때, 원격가입에 의한 왕복지연시간(δ_a)이 더 긴 경우에는, 오히려 양방향 터널링 방식의 핸드오프 시간이 다른 알고리즘들에 비해서 낮은 것을 볼 수 있다. 이는 셀밀도가 상대적으로 낮아짐으로 해서 원격 가입 방안이나 제안된 알고리즘의 경우, MH가 셀을 이동할 때마다 원격 가입 요청을 추가로 해야 할 확률이 상대적으로 높아졌기 때문이다. 그러나 $\delta_a \leq \delta_b$ 인 경우에는 셀밀도가 낮더라도 제안된 알고리즘에 의한 핸드오프 시간이 가장 작다. 그 이유는 셀 밀도와 관계 없이 무조건 터널 등록 요청을 해야 하는 양방향 터널 방식에 비해서 기호기 차이 만큼 가입 요청에 의한 지연 시간을 단축시킬 수 있으며, 가입 요청이 실패 시 지체되는 핸드오프 시간을 터널 등록에 의해 단축시킬 수 있기 때문이다.

다음 <표 1>은 상기 (그림 3, 4)에 나타난 결과를 요약한 것이다. <표 1>에서 보는 바와 같이 평균 셀밀도가 10정도로 높은 경우에는 왕복지연시간의 차나 이동성에 관계없이 모든 경우에 본 논문에서 제안된 알고리즘의 핸드오프 시간이 가장 최소임을 보여준다. 또한, 터널 등록에 대한 왕복지연시간이 더 길 경우에는 원격 가입 방식이 양방향 터널링 방식보다 핸드오프 시간이 짧은 반면, 원격가입을 위한 왕복지연시간이 더 길거나 같을 경우에는 양방향 터널링 방식의 핸드오프 시간이 더 짧다. 한편, 평균 1로 셀밀도가 낮으면서 멀티캐스트 라우팅 트리 가입을 위한 왕복지연시간이 터널 등록을 위한 왕복지연시간보다 약 3배 이상을 초과할 경우에는 오히려 양방향 터널링 방식이 가장 우수하다. 그러나 터널등록 지연 시간이 더 작거나 크더라도 3배 이상 초과하지만 않으면, 이 역시 본 논문에서 제안된 알고리즘의

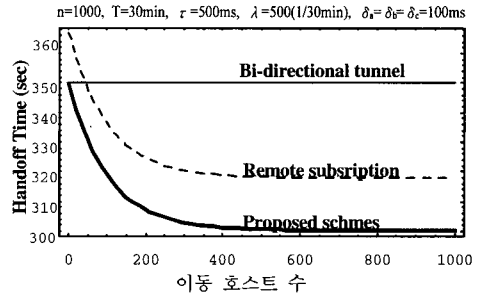
<표 1> 핸드오프 시간의 비교

	평균 셀밀도가 높을 때($\rho=10$)		평균 셀밀도가 낮을 때($\rho=1$)	
	$\lambda \leq 1/(9\text{sec})$	$\lambda > 1/(9\text{sec})$	$\lambda \leq 1/(9\text{sec})$	$\lambda > 1/(9\text{sec})$
$\delta_a < \delta_b$	$D^r < D^t < D^m$	$D^r = D^t < D^m$	$D^r < D^t < D^m$	$D^r < D^t < D^m$
$\delta_a = \delta_b$	$D^r < D^t < D^m$	$D^r < D^t < D^m$	$D^r < D^t < D^m$	$D^r < D^t < D^m$
$\delta_a > \delta_b$	$D^r < D^t < D^m$	$D^r < D^t < D^m$	$D^r < D^t < D^m$	$D^r < D^t < D^m$

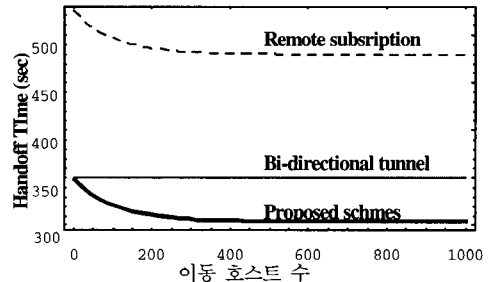
핸드오프 시간이 가장 최소화며, 만일 3배를 초과하더라도 원격가입 방식보다는 제안된 알고리즘의 핸드오프 시간이 크게 개선되었음을 알 수 있다.

다음 (그림 5)는 이동 단말 수 증가에 따른 핸드오

프 시간의 변화를 그린 것이다.



(a) 멀티캐스트 지원 MSR 비율이 높은 경우 ($k=99$),



(b) 멀티캐스트 지원 MSR 비율이 낮은 경우 ($k=90$)

(그림 5) 이동 단말 수 증가에 따른 핸드오프 시간

(그림 5-a)를 살펴보면, 양방향 터널링 방식의 핸드오프 시간은 이동 단말 수와 무관하지만 핸드 오프 시간이 상대적으로 높은데 반해서, 원격 가입 방식과 제안된 방식은 이동 단말 수가 증가함에 따라 핸드오프 지연 시간이 급격히 감소함을 볼 수 있다. 이는 이동 단말 수가 증가하면 셀의 밀도가 높아져 추가 가입 요청 횟수가 줄어들기 때문이다. 반면, (그림 5-b)는 (그림 5-a)에 비해 멀티캐스트를 지원하는 MSR의 비율이 상대적으로 낮은 경우를 보여준 것으로서, 이 경우에는 이동 단말 수가 증가하더라도 가입 요청이 실패할 확률이 증가하면서 원격 가입 방법에 의한 핸드오프 시간이 가장 길어짐을 알 수 있다.

4.2 데이터 손실량 분석

본 절에서는 핸드 오프 시간으로 인한 데이터 패킷 손실량을 분석해 보기로 한다. 이때 손실되는 메시지 양은 패킷의 수로 결정되며, 이는 핸드오프 시간과 송신자의 데이터 송신률에 비례함을 추측할 수 있다. 먼저, 송신자 S는 멀티캐스트 그룹 G내에 속한 임의의 고정 호스트로서, γ 의 전송률(Byte/sec)로 데이터를

그룹 G 내의 n 개 호스트들에게 멀티캐스트 한다고 가정한다. 이때 임의의 이동 단말 MH_r 가 이동함으로써 발생하는 핸드오프 시간을 D_r 라 하고, 전송되는 데이터는 I (sec) 주기마다 μ (byte) 패킷 크기만큼 전송된다고 할 때, 송신자 S 에 대해 MH_r 가 이동함으로써 손실된 패킷의 수 $Packet_Loss_r$ 는 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$Packet_Loss_r = \lceil \frac{D_r \times \gamma}{\mu} \rceil ; I \leq D_r \quad (6)$$

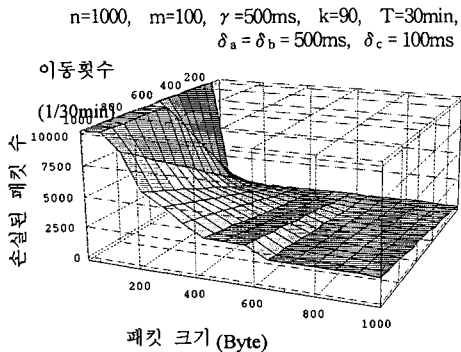
$$Packet_Loss_r = 0 ; I > D_r \quad (7)$$

상기 수식 (6), (7)은 MH_r 가 이동함으로써 발생한 핸드오프 시간이 송신측에서 연속적으로 보내는 데이터 패킷간의 시간 간격보다 작을 경우에는 패킷 손실이 발생되지 않음을 의미한다. 또한 송신 호스트 측에서 보내는 패킷들간의 시간 간격 I 가 작으면 작을수록 패킷 손실이 많이 발생될 것이다.

만일 $I \leq D_r$ 조건을 만족한다고 할 때, 시간 T 동안 평균 λ 의 속도로 이동하는 MH_r 에서 핸드 오프에 의해 발생하는 총 패킷 손실량은 다음과 같이 수식 (6)에 4.1절의 수식 (3)을 적용함으로써 얻어질 수 있다.

$$Packet_Loss_r(T) = \lambda T \left[\frac{\gamma(m(\tau = \delta_c + \delta_b) + k(\frac{m-1}{m})^n \delta_a + (m-k)\delta_n)}{\mu m} \right] \quad (8)$$

다음 (그림 6)은 수식 (8)을 기반으로 데이터 송신률이 100Kb/s일때, 패킷 크기와 이동 횟수에 따라서 손실되는 데이터 패킷의 수를 나타낸 것이다. 예측한 바



(그림 6) 패킷 크기와 이동 횟수에 따른 데이터 손실량

와 같이 데이터 패킷의 크기가 작을 경우에는, 이동성이 클수록 손실되는 데이터 패킷 수가 크게 증가함을 볼 수 있다. 그러나, 패킷이 일정 크기 이상일 경우에는 이동성이 커지더라도 손실되는 패킷 수가 완만하게 증가함을 볼 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 인터넷 멀티캐스트 환경에서 이동 단말을 지원하기 위해 IETF Mobile IP[7]의 원격 가입 방안을 기반으로 하되, 취약점인 견고성 문제의 보완을 위해 핸드오프 기간 동안 양방향 터널링 방식을 적용하는 방안을 제안하였다. 또한 제안된 알고리즘의 상세 설계를 통해 구체적인 절차를 제시하였으며, 핸드오프 지연 시간과 데이터 손실량의 분석을 통해서 양방향 터널링 방식과 원격 가입 방식과의 비교를 시도하였다. 분석 결과, 평균 셀밀도가 높은 경우에는 멀티캐스트 라우팅 트리에 가입하기 위한 왕복지연시간과 HA와의 터널 등록을 위한 왕복지연시간의 차나 MH측의 이동성과 상관없이 항상 제안된 알고리즘이 뛰어난 것을 볼 수 있었다. 또한, 셀밀도가 낮을 때에도 터널 등록을 위한 지연시간이 크게 길지 않는 경우에는 제안 알고리즘이 가장 좋은 성능을 보였으며, 터널 등록 시간이 길더라도 원격가입 방안에 비해 핸드오프 시간이 매우 단축되었음을 볼 수 있었다. 이밖에도 제안된 알고리즘은 이동 단말측의 서비스 형태에 따라서 의도적으로 양방향 터널링 방안을 이용할 수 있는 기능을 제공함으로써 사용되고 있는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 특성과 관계없이 수신자의 이동성 뿐만 아니라, 송신자의 이동성도 지원할 수 있다. 상기와 같이 원격 가입을 기반으로 하여 양방향 터널링을 병행하는 방안은 원격 가입 방안의 장점인 확장성과 라우팅 효율성의 장점을 그대로 유지하면서 단점인 견고성을 크게 개선할 수 있을 것으로 여겨진다.

향후 Mobile IP 멀티캐스트 환경 구축과 실제 구현을 통해서 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 구체화시키고, 이를 통해 파악되는 단점들의 보완과 실험적 측정을 통해 보다 실제적인 결과를 도출하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] A. Acharya, A. Bakre, and B. R. Badrinath, "IP

Multicast Extensions for Mobile Internetworking," Proceedings of IEEE Infocom '96, pp.67-74, 1996.

[2] A. Acharya and B. R. Badrinath, "Delivering Multicast Messages in Networks with Mobile Hosts," Proceedings of the 13th International Conference on Distributed Computing Systems, Pittsburgh, PA, pp.292-299, May 1993.

[3] V. Chikarmane, *Network Support for Mobile Hosts in a TCP/IP Internetwork*, M.Sc Thesis, Department of Computer Science, University of Saskatchewan, August 1995.

[4] V. Chikarmane, R. Bunt, and C. Williams, "Mobile IP-based Multicast as a Service for Mobile Hosts," Proceedings of the second International Workshop on Services in Distributed and Networked Environments, Whistler, BC, Canada, pp.11-18, June 1995.

[5] V. Chikarmane, C. Williams, R. Bunt, and W. Mackrell, "Multicast Support for Mobile Hosts Using Mobile IP: Design Issues and Proposed Architecture," ACM/Baltzer Mobile Networking and Applications, 1997.

[6] T. Harrison, C. Williamson, W. Mackrell and R. Bunt, Mobile Multicast (MoM) Protocol: Multicast Support for Mobile Hosts," Mobicom98, Budapest, Hungary, pp.151-160, 1997.

[7] C. Perkins (editor), *IP Mobility Support*, RFC 2002, October 1996.

[8] C. Perkins, IP Mobility Support. RFC2003, May 1996.

[9] A. Myles, D. B. Johnson, and C. Perkins, "A mobile host protocol supporting route optimization and authentication," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.13, No.5, pp.839-849, June 1995.

[10] W. Fenner, Internet Group Management Protocol, Version 2 (RFC 1112), Nov. 1997.

[11] G. Montenegro(editor), Reverse Tunneling for Mobile IP (RFC 2344), May, 1998.

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

[13] A. Ballardie, Core Based Trees (CBT version 2)

Multicast Routing -- Protocol Specification -- (RFC 2189), Sept. 1997.

[14] D. Waitzman, C. Partridge, and S. Deering (editors), Distance Vector Multicast Routing Protocol, RFC 107, BBN STC and Stanford University, Nov. 1988.

[15] J. Moy, "Multicast Routing Extensions for OSPF," Communications of the ACM, Vol.37, No.8, pp.61-66, August 1994.

[16] 원유재, "이동 호스트를 위한 신뢰성 있는 멀티캐스트 프로토콜", 박사학위 논문, 전산학과, 충남대학교, 1998년 8월.



손지연

e-mail : jyson@computer.etri.re.kr

1991년 숙명여자대학교 전산학과 학사

현재 한국정보통신대학원 정보공학부 석사과정.

1991년~현재 한국전자통신연구원 연구원.

관심분야 : 고속/멀티미디어 그룹 통신, 이동 컴퓨팅



원유재

e-mail : yjwon@mail.etri.re.kr

1985년 충남대학교 계산통계학과 학사

1987년 충남대학교 대학원 계산통계학과 석사

1998년 충남대학교 대학원 컴퓨터과학과 박사

1987년~현재 한국전자통신연구원 선임연구원

관심분야 : 프로토콜 공학, 이동 컴퓨팅, 멀티미디어 통신, 병렬 분산 시스템



박준석

e-mail : parkjs@computer.etri.re.kr

1984년 2월 인하대학교 전산학과 졸업

1999년 8월 한국과학기술원 전산학과 졸업

1987년~현재 한국전자통신연구원 선임연구원

관심분야 : 이동 멀티미디어 통신, 컴퓨터통신



김 명 규

e-mail : mgkim@hana.etri.re.kr

1989년 9월~1994년 12월 미국 매
릴랜드 주립대학교, 이학
박사

1994년 11월~1996년 11월 서울대
이론물리연구센터 포스트닥

1996년 11월~1997년 6월 서울대 자연과학 종합연구소
포스트닥

1997~1999년 6월 한국전자통신연구원 포스트닥

1999년 6월~현재 한국전자통신연구원 선임연구원

관심분야 : 이동 TCP/IP, Embedded system, Cluster
of networked workstations



황 승 구

e-mail : skhwang@mail.etri.re.kr

1979년 서울대학교 전기공학과 졸업
(학사)

1981년 서울대학교 전기공학과 졸업
(석사)

1986년 University of Florida
전기공학과(박사)

1982년 7월~현재 한국전자통신연구원 멀티미디어 연구부
부장

1994년~1995년 미국 SRI International(International
Fellow)

관심분야 : 멀티미디어 시스템, HCL, 로보틱스