

트리기반 이동 멀티캐스트를 위한 패킷손실회복 알고리즘

(A Packet Loss Recovery Algorithm for Tree-based Mobile Multicast)

김기영[†] 김선호^{**} 신용태^{***}
(Kiyoung Kim) (Seonho Kim) (Yongtae Shin)

요약 본 논문에서는 멀티캐스트 환경에서 핸드오프 시 발생하는 패킷손실의 회복 지연시간을 최소화하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 선행 연구인 PMTP(Predictable Multicast Protocol)와 FN(Foreign Network)간의 연계를 통해 신뢰성을 보장하며, 이동한 외부네트워크의 FA(Foreign Agent)의 상태에 따라 터널링과 멀티캐스트 그룹 재 가입을 사용하여 양방향(bi-directional tunneling)과 원격가입(remote subscription)을 독립적으로 사용하는 경우에 발생하는 라우팅의 비효율성과 핸드오프 지연을 해결하였다. 한편, 핸드오프 지연에 의해 발생하는 패킷손실을 핸드오프 시 등록정보와 손실된 패킷 정보를 함께 전송하여 이전 FA나 현재 FA가 핸드오프 수행과 동시에 핸드오프 지연동안의 패킷손실을 최소한의 시간에 회복할 수 있도록 한다. 성능분석 결과, 제안하는 방식은 기존의 핸드오프 절차에 추가 변경 없이 사용 가능하며 양방향 방식과 원격가입 방식보다 핸드오프와 에러회복 시간에 있어 높은 성능을 보이는 것을 확인하였다.

키워드 : 멀티캐스트, 핸드오프 지연, 양방향 방식, 원격가입 방식

Abstract This paper describes algorithm that minimizes recovery time of packet loss resulting from handoff in multicast environments and guarantees reliability through interaction of FN(Foreign Network) with PMTP(Predictable Multicast Tree Protocol). To solve the problems that inefficient routing and handoff delay taking place when using bi-directional tunneling and remote-subscription independently in multicast environments, proposed algorithm uses tunneling and rejoining multicast group according to the status of an arriving FA in a foreign network. Furthermore, proposed algorithm sends packet loss information and register message to previous FA or current FA at the same time. so, MH is able to recovery packet loss in handoff delay as soon as possible. As a result of performance analysis, proposed algorithm is more efficient than previous researches and is applicable to existing handoff method without requiring additional procedures.

Key words : Multicast, Mobile-IP, handoff delay, bi-directional tunneling, remote subscription

1. 연구배경

인터넷은 Web의 출현에 따른 수요층의 확대와 급격한 기술적 발전을 바탕으로 기존 통신망을 대체해 나가

고 있으며, 멀티캐스트를 이용한 화상회의, 멀티미디어 전송 등의 응용서비스들은 대용량 데이터 서비스의 대중화를 가능하게 하고 있다. 또한, 컴퓨터의 소형화와 IETF의 Mobile IP[1]표준안은 기존의 고정 호스트들간의 통신환경을 이동 환경으로 전환을 가속화시켰다.

이동환경이란 이동 호스트가 계속해서 네트워크간을 이동하는 것을 의미하는 것으로 이와 같은 환경에서 이동성을 보장한다는 것은 최초로 이동 호스트가 위치한 네트워크에서 외부 네트워크로 이동하여도 초기에 설정된 통신을 유지할 수 있도록 하는 것을 의미한다. IETF

[†] 학생회원 : 숭실대학교 컴퓨터학부
ganet89@kingdom.ssu.ac.kr

^{**} 정 회원 : 동덕여자대학교 정보학부 교수
shkim98@dongduk.ac.kr

^{***} 총신회원 : 숭실대학교 컴퓨터학부 교수
shin@cherry.ssu.ac.kr

논문접수 : 2002년 10월 30일

심사완료 : 2003년 2월 8일

에서는 이와 같은 특성을 고려하여 이동성 보장에 대한 방안으로 유니캐스트를 기반으로 하는 Mobile IP 표준을 제시하고 있다.

한편, 멀티캐스트를 지원하는 Mobile IP에 관한 연구는 현재 활발히 진행 중이며, 여러 방안들이 제시되고 있다. 유니캐스트 기반의 Mobile IP와 달리 멀티캐스트를 지원하는 Mobile IP에서 고려되어야 할 사항은 멀티캐스트 트리 구성, 핸드오프 지연동안의 패킷전송의 일시적인 단절, 신뢰성 보장 등으로 정의될 수 있다.

첫 번째 멀티캐스트 트리 구성에 있어서, 멀티캐스트 라우팅 프로토콜인 DVMRP[2], MOSPF[3], CBT[4], PIM[5] 등은 고정호스트를 고려한 라우팅 프로토콜이기 때문에 이동 호스트(MH)가 이동한 네트워크가 해당 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않은 경우, [2]는 호스트의 이동에 의해 TTL 범위를 초과하게 되어 연결이 단절될 수 있으며, 송신자 중심의 최단 라우팅 경로를 사용하는 [3]은 MH로부터 전송되는 패킷이 멀티캐스트 라우터에 의해 삭제될 수 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 방안으로는 Mobile IP WG에서 제시한 양방향 방식과 원격가입 방식은 MH의 이동에 의해 발생하는 라우팅 단절 문제를 해결할 수 있다[1]. 하지만 양방향 방식의 경우, 동일한 멀티캐스트 그룹에 속한 이동 호스트가 동일한 FA에 존재하게 되면, 터널링집중(Tunneling Convergence)[6] 문제로 인해 라우팅 효율은 물론 네트워크 자원의 사용에 있어 비효율적인 단점이 있다. MoM(Mobile Multicast)[7]은 DMSP(Designed Multicast Service Provider)를 이용하여 터널링집중을 해결하고자 하였으나 라우팅을 최적화시키지 못하는 단점이 있다. 원격가입은 라우팅 최적화하고 네트워크 자원의 효율적 사용을 가능하게 하지만 핸드오프 시 재가입에 따른 지연으로 인해 패킷손실이 발생한다.

두 번째 핸드오프 시 일시적인 단절을 해결하기 위한 방법으로 RMoM(Reliable Mobile Multicast)[10] 방안이 제시되었다. 양방향 방식을 기본으로 하여 MH가 이전 FA와 터널링을 이용하여 패킷을 수신하는 방법으로 MFA(Multicast Forwarding Agent)의 선택 및 운영에 따른 오버헤드로 인해 핸드오프 지연이 커지고 라우팅을 최적화하지 못하는 단점이 있다.

세 번째 신뢰성 지원에 있어서 기존의 연구 [1,6-10]는 라우팅의 최적화, 핸드오프 시 일시적인 단절 시간의 최소화를 고려하였으며 핸드오프 시 손실되는 패킷의 회복은 핸드오프 수행 후 이동호스트가 담당하도록 하였다. 멀티캐스트는 IP기반으로 동작하기 때문에 첫 번째, 두 번째 고려사항만을 만족한다면, 신뢰성을 보장할

수 없다는 문제점이 있다. 또한, 핸드오프 지연은 MH의 패킷손실을 발생시키며 재 요청을 통해 복구되어야 하므로 MH의 빈번한 이동은 네트워크 자원의 사용을 비효율적으로 만드는 문제가 발생한다.

따라서, 본 논문에서는 신뢰성을 제공하는 트리구조에서 핸드오프 시 발생하는 일시적인 단절 시간을 최소화하는 한편, 핸드오프 지연에 따라 발생하는 패킷손실의 회복시간을 최소화 할 수 있는 알고리즘을 제시한다. 제안하는 알고리즘은 터널링(Tunneling)과 멀티캐스트 재가입(Rejoin)을 동시에 수행하여 최소 지연을 갖는 설정을 이용하여 핸드오프 지연시간을 최소화하였으며, 최종적으로 멀티캐스트 트리를 사용하기 때문에 라우팅을 최적화 할 수 있다. 핸드오프 지연에 의해 발생하는 패킷손실의 회복 시간을 최소화하기 위해, 핸드오프 시 에러회복을 수행하도록 하여 에러회복 지연시간을 최소화하였다. 또한, 터널링 설정 사용에 따른 터널링 집중 문제와 오버헤드를 해결하기 위해, FA가 동일한 멀티캐스트 그룹에 대한 터널링요청을 최초 터널링 설정이 완료될 때까지만 수행하도록 하였다. 또한, 기존 연구와 핸드오프 지연, 핸드오프 지연에 따른 패킷손실 회복 시간, 터널링 집중 횟수를 비교 분석하여 제안한 알고리즘의 성능이 효율적임을 증명하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 이동 환경에서의 멀티캐스트를 지원하기 위한 기존 연구에 대해 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 에러회복 알고리즘에 대해 기술하도록 한다. 4장에서는 제안한 알고리즘을 기존 연구와 비교하여 효율성을 증명하였으며, 마지막 5장에서는 결론과 향후 연구과제를 제시한다.

2. 관련연구

2.1 유니캐스트 환경에서의 Mobile IP

IETF Mobile IP WG에서는 유니캐스트 환경에서 이동호스트의 라우팅 지원을 위한 방안으로 Mobile IP[6]를 표준으로 제안하였다. MH(Mobile Host)는 자신의 홈네트워크 상의 IP를 기본적으로 사용하며, 이를 MH의 홈주소(Home Address)라고 한다. MH와 통신을 하는 상대 노드인 CH(Correspondent Host)는 MH가 홈네트워크를 떠나 새로운 네트워크(=외부네트워크)로 이동한 경우에도 MH의 홈주소를 이용하여 패킷을 전송하게 된다. 한편, 새로운 네트워크로 이동한 MH는 FA(Foreign Agent)에 자신을 등록하고 COA(Care-Of-Address)를 할당받게 된다. COA는 이동한 네트워크에서 유효한 IP 주소(COA:co-located COA)이거나 FA의 주소(Care-Of-Address)가 될 수 있다.

등록 요청을 받은 FA는 HA(Home Agent)에 MH의 인증정보와 함께 사용하게 될 주소를 통보하고, HA로부터 승인을 받게 된다. FA로부터 MH의 이동정보와 COA를 통보받은 HA는 자신의 캐쉬에 MH의 홈주소와 COA의 바인딩 정보를 저장하여 재전송에 필요한 정보로 사용한다. 이와 같이 MH가 외부 네트워크로 이동하여 FA에 등록하는 절차를 핸드오프라 한다.

핸드오프가 수행된 이후 MH의 홈네트워크로 전송되는 패킷은 HA에 의해 COA방식인 경우는 FA를 통해 터널링(Tunneling)하고 CCOA인 경우는 MH로 터널링한다. HA가 전송한 패킷을 수신한 FA와 MH는 COA(또는 CCOA)를 제거하고 자신의 패킷을 수신한다. CCOA의 경우는 DHCP와 같은 프로토콜을 이용하여 IP를 할당받을 수 있으며, 핸드오프 시 바인딩 캐쉬(Binding Cache)를 통해 외부네트워크에서 할당받은 CCOA를 이용하여 CH와 직접 통신을 수행할 수 있다. 즉, Smooth Handoff[10]를 통해 라우팅 최적화를 가능하게 할 수 있다. 하지만 멀티캐스트 환경에서는 MH는 자신이 가입한 멀티캐스트 주소를 이용하기 때문에 유니캐스트 기반의 Mobile IP의 Smooth Handoff를 이용한 라우팅 최적화는 불가능하며 멀티캐스트를 고려한 라우팅 최적화 핸드오프 방식이 필요하다.

2.2 멀티캐스트 환경에서의 Mobile IP

유니캐스트 환경에서 호스트의 이동성을 지원하기 위한 표준방식으로 Mobile IP를 정의한 Mobile IP WG은 멀티캐스트 환경에서 Mobile IP지원을 위한 방안으로 양방향(bi-directional tunneling)방식과 원격가입(remote subscription)을 제시하였다.

양방향 방식은 최초 멀티캐스트에 가입한 HA를 이용하는 방식으로, MH가 새롭게 이동한 네트워크의 FA와 HA사이 터널링을 이용해서 전송하는 방식이다. 따라서, 낮은 라우팅 오버헤드를 제공하는 장점을 갖는 반면, MH가 이동한 외부네트워크에 동일한 멀티캐스트 그룹에 가입한 다른 MH가 존재하는 경우에는 터널링 집중으로 인해 데이터가 중복 전송되어 네트워크 자원 사용을 비효율적으로 하는 단점이 있다. 그림 1과 같이 임의의 FN(Foreign Network)에 동일한 멀티캐스트 그룹에 가입한 MH들이 존재하는 경우, HA_a, HA_b, HA_c들은 각각의 터널링을 통해 자신을 HA로 하는 MH들에게 데이터를 중복 전송하게 된다.

한편, 양방향 방식의 단점인 터널링 집중을 방지하기 위해 FA가 핸드오프 시 MH의 HA와 자신의 멀티캐스트 그룹 정보를 이용하여 DMSP(Designated Multicast Service Providers)를 선택하는 방식이 제안되어 동일

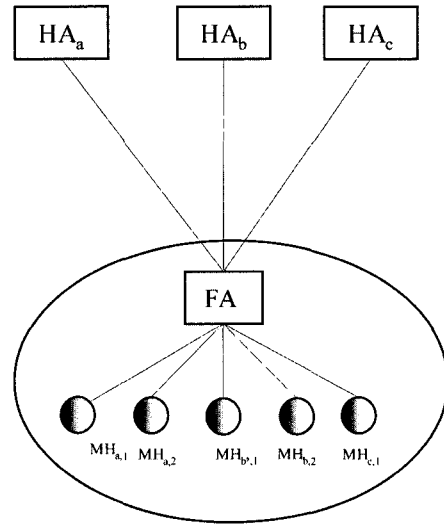


그림 1 양방향 방식에서의 터널링 집중 문제

한 멀티캐스트 그룹에 속한 MH에 대해 한 개의 터널링을 사용하여 데이터의 터널링 집중 문제를 해결하였지만 라우팅의 비효율성과 DMSP의 운영에 따른 오버헤드가 발생하는 단점이 있다.

원격가입은 멀티캐스트를 지원하는 홈네트워크의 HA를 이용하지 않고, 이동한 외부네트워크에서 멀티캐스트 그룹에 재 가입하는 방식이다. 재 가입에 따른 라우팅 오버헤드가 높지만 라우팅 경로를 최적화할 수 있고, 네트워크 자원 이용의 효율성이 높다는 장점이 있다. 하지만 멀티캐스트 그룹에 재 가입에 따른 지연에 의해 패킷 손실이 발생하게 된다. 또한, MH의 이동속도가 멀티캐스트 재 가입 시간보다 빠른 경우에는 패킷을 수신하기 전에 외부네트워크를 이탈하게 되어 수신할 수 없게 된다. 기본 동작은 그림 2와 같다. 홈네트워크에서 외부 네트워크로 이동한 MH는 FA를 통해 멀티캐스트 그룹

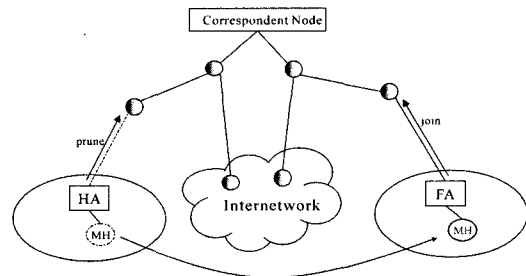


그림 2 원격가입 방식에서 데이터 흐름

에 다시 가입한다. FA는 HA에게 MH의 위치를 알리고 HA가 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴하도록 하고, FA 자신은 멀티캐스트 트리에 가입을 완료하고 MH에게 멀티캐스트 데이터를 전송한다.

앞서 살펴본 바와 같이, 기존 연구는 고정 호스트를 고려한 멀티캐스트 라우팅을 바탕으로 하고 있으며, MH의 이동으로 발생하는 라우팅 문제를 해결하고 있다. 하지만 멀티캐스트 방식은 IP를 기반으로 하기 때문에 기본적으로 신뢰성을 보장하지 않는다. MH의 이동에 따른 멀티캐스트 라우팅 단절은 해결할 수 있지만 신뢰성을 보장할 수 없다. 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 CN(Correspondent Node)에서 FA까지 신뢰성을 제공하는 멀티캐스트 트리를 기반으로 하고 핸드오프 지연 시간과 핸드오프로 인해 발생하는 패킷손실의 회복지연을 최소화할 수 있는 알고리즘을 제안하도록 한다.

3. 제안하는 알고리즘

3.1 멀티캐스트 트리 구조

본 논문에서 고려하는 네트워크 모델은 트리기반의 IP 멀티캐스트 구조이며, MH는 무선을 이용하여 트리의 단 노드에 위치하는 FA와 연결되는 구조이다. CN과 FA간의 신뢰성을 보장하기 위해 멀티캐스트 트리구조를 기반으로 하는 선행연구 PMTP(Predictable Multicast Tree Protocol)[15]의 구조를 이용한다. PMTP는 수신측을 지역별로 그룹을 지정하는 방식으로 그룹으로 지정된 수신측들은 그룹대표자(GR: Group Representative)를 통해 패킷손실에 대해 한 개의 NACK을 전송하는 방식이다. FA는 MH의 요청에 의해 GR에 가입한다. 이때, GR은 FA를 자신의 고정 호스트 멤버로 인식한다.

그룹에 속한 FA는 패킷을 손실했을 경우, 즉시 NACK을 발생시키지 않고 임의의 시간동안 자신의 네트워크 인터페이스를 감시하여, 동일한 패킷에 대한 NACK을 탐지하게되면 자신의 NACK을 취소하는 방식이다. 따라서, 수신노드의 증가에 비례하지 않고 그룹의 개수에 비례하는 방식으로 확장성과 네트워크의 가용성이 높아지게 된다. 또한, GR은 자신의 멤버(FA포함)의 NACK에 해당하는 패킷이 자신의 버퍼 내에 존재하는 경우, 송신노드에 직접 요청하지 않고 자신의 버퍼내의 패킷을 전송한다. GR이 재 전송할 수 없는 경우에는 트리로 구성되어 있는 상위 GR에게 재 요청을 시도하게 된다. 상위 GR은 자신의 하위 레벨의 GR까지의 RTT(Round Trip Time)동안 패킷을 버퍼에 저장하기

때문에 트리구조에 따라 재 요청하게 되면 전송노드에 재 요청을 하지 않더라도 빠른 시간 내에 손실된 패킷을 재 수신할 수 있다.

이와 같은 구조는 외부네트워크의 FA를 통해 멀티캐스트 트리 가입을 수행하기 때문에 MH는 FA를 인식하는 것만으로 신뢰성을 보장받을 수 있다. 또한, 신뢰성과 멀티캐스트 그룹가입은 GR이 담당하므로 FA의 오버헤드를 최소화 할 수 있다.

그림 3은 PMTP에서의 에러회복과 제어패킷의 흐름을 보여준다. 그룹 A에 속한 FA에서 패킷손실이 발생한 경우, 자신의 GR에게 재 전송을 요청하고 GR은 재 전송 요청에 해당하는 패킷을 가지고 있는 경우 지역적으로 재 전송 해주고 추가적인 제어패킷(NACK)을 발생시키지 않는다.

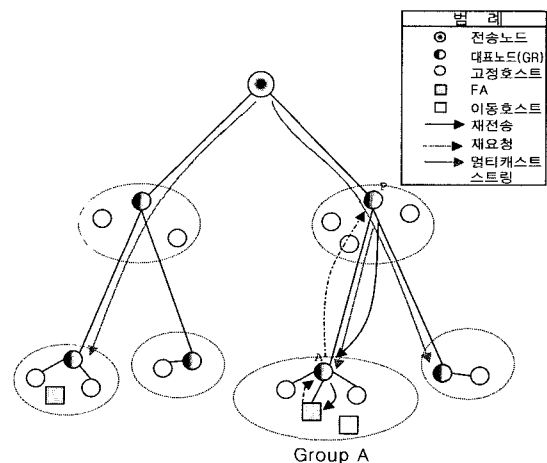


그림 3 신뢰성을 제공하는 멀티캐스트 트리의 구조

한편, 그룹A에 속한 수신노드가 요청한 패킷을 GR A가 재전송 해줄 수 없는 경우에는 상위 GR P에 재 전송을 요청하여 패킷을 재 전송한다. 이때 GR P가 재 전송을 할 수 없을 경우에는 최종적으로 송신노드에게 재 전송을 요청하여 에러회복을 수행한다.

따라서, 신뢰성을 보장하면서 패킷손실에 따른 제어패킷의 수가 감소하게 되므로 송신노드에서 NACK폭주를 감소시킬 수 있다.

3.2 핸드오프

본 절에서는 핸드오프의 지연을 최소화하고 핸드오프 지연에 의해 발생된 패킷손실을 회복할 수 있는 핸드오프 절차를 정의하고 MH와 FA에서 수행되는 알고리즘을 제안한다.

외부 네트워크로 이동한 MH는 Mobile IP표준에 따라 등록절차를 수행한다. 이때 MH는 자신이 이동한 외부 네트워크의 FA가 멀티캐스트 그룹에 이미 가입되어 있는 상태이면, 핸드오프 지연에 의해 발생된 패킷손실의 회복시간을 최소화하기 위해, 자신이 성공적으로 수신한 마지막 패킷번호를 핸드오프 요청과 함께 현재 외부 네트워크의 FA에 전송한다. 패킷번호에 대한 정보는 핸드오프 등록 메시지의 헤더 옵션을 이용하는 경우, 추가적인 절차가 필요하지 않으며, Mobile IP표준 절차만 인식하는 기존 FA는 헤더 옵션을 무시하므로, 기존 핸드오프 방식만을 지원하는 FA와 충돌 없이 동작될 수 있다.

한편, FA는 MH로부터 수신한 패킷번호가 현재 자신의 패킷번호보다 작은 경우에는 자신의 GR에게 재전송을 요청한다. 한편, 패킷번호가 큰 경우에는 FA가 아직 수신하지 않은 패킷이므로 무시한다. 일반적으로 핸드오프 동작에 따른 지연이 발생하기 때문에 FA는 최근에 수신한 패킷번호보다 작은 번호를 요청받게 된다.

그림 4는 MH가 이동한 외부 네트워크의 FA가 이미 멀티캐스트 그룹에 가입된 경우의 핸드오프 절차와 에러회복을 도식화 한 것이다. (1) MH2가 이동한 외부 네트워크A는 이미 멀티캐스트 그룹에 가입된 상태이다. (2) FA는 이미 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있기 때문에 이전 FA에게 MH2의 이동을 알리는 한편, 자신의 GR에게 재 요청을 통해 핸드오프 지연동안에 발생한 패킷손실을 회복한다. (3) MH2의 이동사실을 통보 받은 이전 FA는 GR로부터 탈퇴한다. GR은 자신에게 가입한 멤버(FA포함)가 없는 경우에는 상위 GR에게 탈퇴(Prune)메시지를 이용하여 멀티캐스트 트리에서 탈퇴한다.

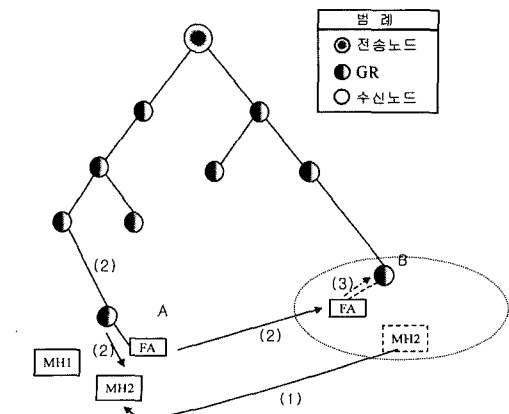


그림 4 MH의 멀티캐스트 그룹에 FA가 가입된 경우

한편, 이동한 외부 네트워크의 FA가 MH가 가입한 멀티캐스트 그룹에 속해 있지 않은 경우에는 MH의 HA와 이전 FA에게 바인딩 캐쉬를 통해 터널링 요청을 하는 동시에 GR을 통해 멀티캐스트 가입 요청을 수행한다. 멀티캐스트 그룹의 재 가입이 완료되기 전까지 이전 FA가 에러회복을 책임지게 한다. 현재 외부 네트워크의 FA는 멀티캐스트 그룹에 가입되지 않은 상태이므로 에러회복을 담당할 수 없고, HA는 MH의 홈주소, 멀티캐스트 주소와 이전 FA의 위치만을 관리하기 때문에 에러회복을 담당할 수 없다. 따라서, 가장 효율적인 방법이라고 할 수 있다. 또한, 일반적으로 터널링은 멀티캐스트 트리를 재구성하지 않고, IP라우팅을 사용하기 때문에 멀티캐스트 그룹에 재가입하는 시간보다 빠르다는 측면과 이전 FA가 가입한 GR에 핸드오프 지연동안 손실된 패킷이 존재할 확률이 높다는 측면에서 핸드오프 시간을 최소화 할 수 있으며, 이전 외부 네트워크의 장애 등으로 터널링 설정보다 멀티캐스트 재 가입이 먼저 설정되는 경우가 발생할 수 있는데 이런 경우에는 현재 이동 외부네트워크의 FA는 이전 FA에게 터널링 해제를 요청하고 자신의 GR로부터 수신되는 멀티캐스트 데이터를 MH에게 제공한다.

그림 5는 MH가 이동한 FA가 멀티캐스트 그룹에 미 가입된 경우의 핸드오프 절차를 도식화 한 것이다. (1) MH가 네트워크 B에서 외부 네트워크 A로 이동하면, (2) 네트워크 A의 FA는 네트워크 B의 FA에게 터널링 요청하는 한편, 자신의 GR에 가입을 요청한다. (3) 터널링 요청을 받은 이전 네트워크 B의 FA는 터널링을 통해 MH가 마지막으로 수신한 패킷 이후부터 MH에게 전송한다. (4) 네트워크 A의 FA의 멀티캐스트 재 가입

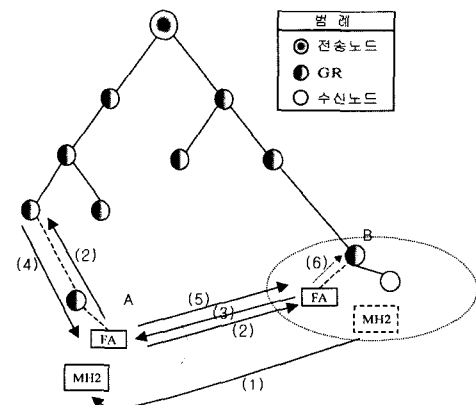


그림 5 MH의 멀티캐스트 그룹에 FA가 미 가입된 경우

요청에 의해 재 가입이 완료되면, (5) FA는 이전 FA에게 터널링 해제 요청을 하게된다. (6) 터널링 해제 요청을 수신한 FA는 GR로부터 탈퇴한다. (3)과 (4)의 설정 시간은 네트워크의 상태에 따라 변경될 수 있으며, (4)가 먼저 수행되는 경우는 FA는 (3)을 기다리지 않고, 즉시 (5)를 수행한다. 이전 FA는 MH의 이동을 네트워크 A의 FA의 터널링 요청을 통해 인식하기 때문에 MH가 네트워크 B에서 네트워크 A로 이동하여 핸드오프를 수행하는 동안 패킷손실이 발생하지만, 네트워크 B의 GR에게 패킷을 재 요청하여 터널링을 이용하여 전송하므로 터널링 설정과 동시에 에러회복이 가능하다.

MH가 이동한 FA가 멀티캐스트 그룹에 미 가입된 경우에는 핸드오프 시 터널링과 재 가입을 동시에 요청하지만 낮은 지연시간을 갖는 설정을 이용하고, 이동한 FA가 GR을 통해 멀티캐스트 그룹에 가입한 이후에는 GR을 통해 멀티캐스트 데이터를 수신하므로, 멀티캐스트 데이터를 중복하여 수신하지 않는다. 한편, 터널링 재 가입을 위해 전송하는 데이터는 제어패킷(등록메시지/가입메시지)이므로 네트워크 자원을 낭비하지 않고 핸드오프 지연을 최소화할 수 있다.

따라서, 제안한 핸드오프 절차는 외부네트워크의 FA의 멀티캐스트 그룹 가입에 관계없이MH는 이동하기 전에 최종적으로 수신한 패킷이후부터 수신하게 되어 핸드오프 지연으로 인해 발생한 패킷을 빠른 시간 내에

회복할 수 있으며, 터널링과 멀티캐스트 재 가입을 핸드오프 시에 사용하기 때문에 핸드오프 지연을 최소화 할 수 있다.

MH와 FA에서 동작되는 핸드오프 세부 알고리즘은 그림 6, 그림 7과 같다.

3.3 핸드오프 후 에러회복

핸드오프 수행 후 발생하는 패킷손실에 대해서 이동한 네트워크 A의 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입을 완료하기 전까지 MH는 직접 이전 FA에 NACK을 전송하여 재전송을 요청한다. NACK을 수신한 이전 FA는 자신의 버퍼에 해당 패킷이 존재하면 이미 설정된 터널링을 이용하여 재전송을 수행하고 존재하지 않는 경우에만 GR에 재전송을 요청한다. 멀티캐스트 재 가입이 완료된 후에는 현재 FA가 MH에게 멀티캐스트 그룹 가입 완료통지하고 이전 FA에게 터널링 해제를 요청한다. MH는 현재의 FA를 이용하여 에러회복 요청을 수행한다.

3.4 터널링 집중 해결방안

제안한 알고리즘은 MH가 이동한 네트워크의 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않은 경우, 멀티캐스트 가입을 완료하기 전에 동일한 멀티캐스트 그룹에 가입된 MH가 도착하게 되면, 서로 다른 FA로부터 동일한 멀티캐스트 스트림이 중복 전송되는 터널링 집중이 발생하게 된다. 이와 같은 문제는 현재 네트워크의 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입을 완료하게 되면 해결될 수

Algorithm for MH:

```

while(1)
{
    receiving FA advertisement message
    if( current FA address != FA address in FA advertisement message)
    {
        /* arriving new foreign network */
        current FA address = FA address in FA advertisement message;
        hand_off(last_sequence_num);
    }
    communicate with current FA; /* not moving */

    receiving confirm from current FA
    while( multicast rejoin off)
        communicate with previous FA by tunneling; /* until rejoin */
        communicate with current FA;
}

hand_off(long int last_sequence_num)
{
    register with new_FA;
    send to previous FA last_sequence_num; /* to recovery from packet loss */
    wait confirm message from new_FA;
}

```

그림 6 MH의 핸드오프 알고리즘

```

Algorithm for FA:
while(1)
{
    receiving MHi register message;
    MA = multicast address in register message;
    NACK = last_sequence_num;
    if( !(MA in it's multicast address list & join)) /* rejoin multicast group */
    {
        add MA to it's multicast address list;
        if(tunnel_flag off) { /* make tunneling */
            request tunneling to previous FA with NACK;
            set on tunnel_flag for MHi; /*prevent from tunnel converge */
        }
        request join its GR with NACK;
    }
    else
        send confirm message to MHi; /*already has join MA */
    reliability func(NACK);
}

reliability func(long int NACK)
{
    Request its GR for NACK;
}
    
```

그림 7 FA의 핸드오프 알고리즘

있지만 가입에 따른 지연이 발생하는 경우 대역폭을 낭비하게 된다.

따라서, MH1이 외부 네트워크로 이동한 경우에는 FA는 최초로 핸드오프를 시도한 MH1에 대해 3.2절에서 설명한 핸드오프 절차에 따라 터널링을 요청하고, 이후에 도착하는 MH2가 동일한 멀티캐스트 그룹에 가입한 경우에는 이미 터널링을 설정한 FA를 통해 에러회복을 하도록 한다. MH1과 MH2의 홈네트워크는 물리적인 거리에 있어서 차이가 있을 수 있지만 현재 네트워크로 이동한 MH1과 MH2의 이전 FA는 동일하거나, 현재 FA의 인접 FA에 해당한다. 따라서, 단순히 최초 터널링을 설정한 FA를 이용하여 에러회복을 하는 것은 라우팅을 최적화를 유지하면서 중복된 멀티캐스트 스트림 데이터에 의한 네트워크 자원의 잠식을 방지 할 수 있다. 이를 위해서, FA는 현재 MH의 목록, 멀티캐스트 그룹 주소, 터널링된 이전 FA의 주소 정보를 유지하고 새로운 MH가 도착한 경우 목록에 추가하고, 동일한 멀티캐스트 그룹인 경우에는 MH의 수를 증가시키는 구조가 필요하다.

4. 성능평가

4.1 비교 및 분석

본 절에서는 제안한 알고리즘의 효율성을 입증하기

위해 핸드오프 지연, 에러회복 시간, 터널링 집중을 기존 방법 비교분석을 하였다. 분석을 위한 환경은 임의의 네트워크 N은 외부네트워크 집합 FN_m={FN₁, FN₂, ..., FN_m} (m=1000)으로 구성되며, MH의 집합을 MH_G = {MH₁, MH₂, ..., MH_n} (n=100)라고 정의한다. 따라서, FN에 MH가 도착하였을 때 FA가 가입되어 있을 확률은 $P_i = (\frac{1}{m})^n$ 와 같다.

먼저 핸드오프 시 MH가 FA를 발견하는데 소요되는 시간을 \varnothing , 터널링 설정 시간을 T_d, MH가 이동한 네트워크에서 FA를 통해 멀티캐스트 그룹에 가입하는데 소요되는 시간을 G_d로 정의하였으며 에러가 발생하지 않는다고 가정하였다. 동일한 조건을 보장하기 위해 T_r와 G_r의 값은 기존 방식과 제안하는 알고리즘에 동일한 값을 적용하였다. 분석에서 사용되는 변수와 의미는 표 1과 같다.

양방향 방식과 원격가입 방식에서 핸드오프 후 올바른 패킷을 수신하기까지 소요되는 평균 지연시간은 다음 수식과 같다.

$$H_b = \varnothing + [T_d + \frac{\alpha T_r}{P_s} + F_r] \tag{1}$$

$$H_r = \varnothing + [P_i * (\frac{\alpha G_r}{P_s} + F_r) + (1 - P_i) * ((G_d + \frac{\alpha G_r}{P_s}) + F_r)] \tag{2}$$

수식 1은 양방향 방식의 평균 지연시간으로 이전 FA

표 1 실험변수

변수	의 미
P_i	FA가 멀티캐스트에 가입되어 있을 확률
P_s	핸드오프 후 에러 없이 데이터를 수신할 확률
F_r	MH의 FA등록 지연 시간(핸드오프 지연)
T_d	이전 FA와 MH간의 터널링 설정 시간
G_d	현재 FA가 GR을 통해 멀티캐스트 트리에 가입하는 시간
G_r	GR과 MH간의 RTT
T_r	이전 FA와 설정된 터널링간의 RTT
F_s	터널링과 재 가입 소요시간 중 최소값

와 터널링 지연(T_d), 등록지연(F_r)과 핸드오프 후 올바른 패킷을 수신하기까지의 평균지연 시간으로 구성된다. 수식 2는 원격가입 방식에서의 평균 지연시간을 나타내며 이동한 네트워크의 FA가 멀티캐스트 그룹에 이미 가입된 경우에는 등록지연과 재전송에 따른 지연이 발생하고, 미 가입된 경우에는 FA가 GR에 가입하는 지연(G_d)이 추가적으로 발생한다. a 는 제안하는 알고리즘을 기준으로 했을 때, 핸드오프 지연에 의한 패킷손실을 회복하기 위한 상대적 재전송회수를 나타낸다.

제안하는 알고리즘의 평균지연 지연시간은 수식 (3), (4)와 같다.

$$H_i = \delta + [P_i * (\frac{G_r}{P_s} + F_s) + (1 - P_i) * (F_s + F_r)] \quad (3)$$

$$F_s = \min[(T_d + \frac{T_r}{P_s}), (G_d + \frac{G_r}{P_s})] \quad (4)$$

MH가 새로운 네트워크로 이동하면 이전 FA와 터널링 설정과 현재 FA를 통해 멀티캐스트 그룹에 재 가입을 동시에 수행하고 먼저 설정된 방식을 이용하여 에러 회복을 시도한다. 따라서, F_s 는 수식 4에 의해 터널링 설정과 멀티캐스트 재 가입에 소요되는 시간 중 최소값을 선택한다. MH가 FA를 발견하는데 소요되는 시간 δ 은 모든 방법에서 상수로 사용되기 때문에 분석에서는 고려하지 않았다. 한편, 터널링 설정과 멀티캐스트 그룹 가입에 소요되는 시간은 네트워크 환경에 따라 계속해서 변화하게 된다. 따라서, $T_d > G_d$ 인 경우와 $T_d < G_d$ 인 경우를 구분하여 각각에 이동한 네트워크의 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있는 경우와 아닌 경우 대해 기존 방법과 비교하였다.

4.1.1 MH가 이동한 네트워크의 FA가 멀티캐스트에 가입되어 있는 경우

그림 8은 MH가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있는 네트워크로 이동했을 경우 핸드오프에 소요되는 시간을 비교한 것이다. 제안한 알고리즘의 핸드오프 시 NACK

전송 처리에 따른 오버헤드를 고려하여 FA의 핸드오프 메시지 처리 수행시간인 F_r 의 값을 기존 방법을 1 ms, 제안하는 방법은 1.5 ms로 설정하였다. 분석결과, 알고리즘 적용에 따른 오버헤드로 핸드오프 지연시간이 원격가입 방식보다 크지만 양방향 방식보다 작은 값을 갖는 것을 알 수 있다.

하지만 그림 8-(b)와 같이 핸드오프 기간동안 손실된 패킷을 수신하는 시간을 고려하면 제안하는 방식이 기존 방법보다 우수함을 알 수 있다. 이는 핸드오프 시 NACK을 이용하여 자신의 수신해야 하는 패킷정보를 명시적으로 FA에 전달했기 때문이다.

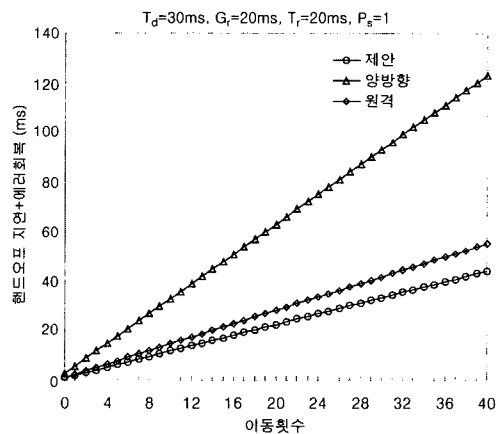
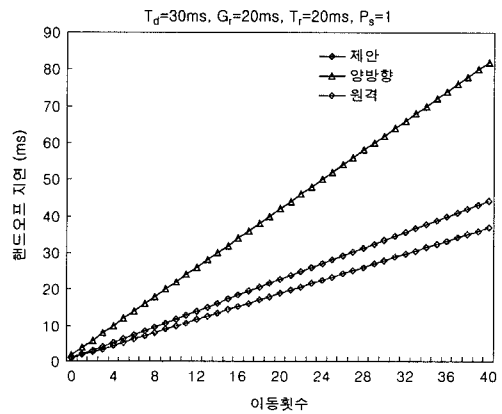


그림 8 가입된 경우 핸드오프 지연

4.1.2 MH가 이동한 네트워크의 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않은 경우

그림 9는 MH가 이동한 네트워크의 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않은 경우에 대한 분석 그래

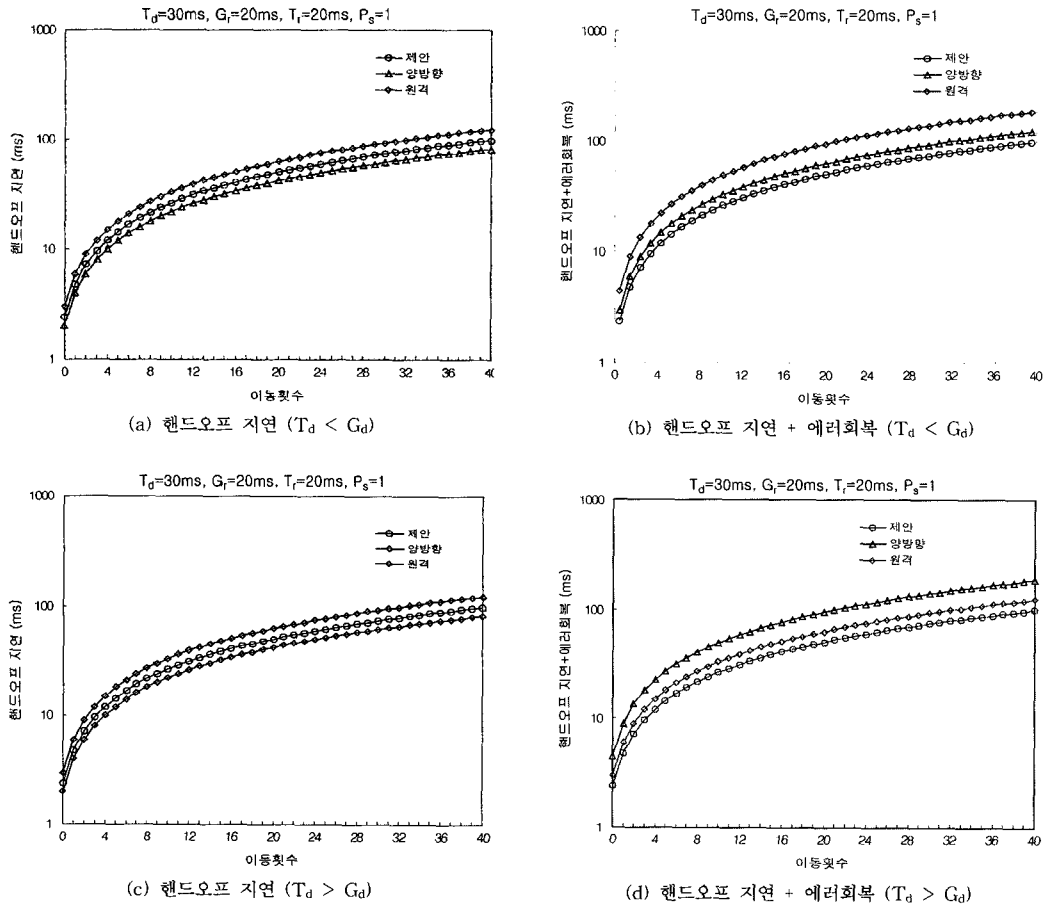


그림 9 미가입된 핸드오프 지연

프이다.

그림 9-(a), 9-(c)에서와 같이 $T_d > G_d$ 경우와 $G_d > T_d$ 인 경우, 제안하는 알고리즘은 기존 방법과 비교하여 중간 정도의 핸드오프 지연이 발생하며 지연시간의 편차가 작은 결과를 보인다. 반면 핸드오프 수행 후 에러회복에 따른 전체시간을 고려한다면 낮은 지연시간을 보인다.

그림 9-(b), 9-(d)는 핸드오프 수행시간과 핸드오프 이전에 수신한 패킷을 정확히 수신하기까지 소요된 시간을 비교한 것으로 핸드오프 이후에 정확한 패킷을 수신하는데 걸리는 시간은 양방향이나 원격가입보다 매우 낮다는 것을 확인할 수 있다.

그림 10은 에러 없이 패킷을 수신할 확률에 따른 에러회복 지연을 비교한 것이다. 터널링 지연과 멀티캐스트 그룹 재 가입 지연 차에 관계없이, 제안하는 알고리

즘이 30%정도 회복지연 시간이 작은 것을 알 수 있다. 따라서, 네트워크 에러가 발생하는 환경에서 적용하는 경우 핸드오프 지연을 감소시킬 수 있다.

그림 11은 MH가 동시에 외부네트워크에 도착하는 경우 발생하는 터널링 집중을 분석한 것이다. 제안하는 알고리즘은 에러회복의 효율성을 높이기 위해서, 이전 FA(터널링)와 현재 FA에 설정(멀티캐스트그룹 가입)을 요청하고 낮은 지연시간을 갖는 설정을 이용하기 때문에, 동시에 같은 멀티캐스트 그룹에 가입된 MH가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않은 외부 네트워크에 도착하는 경우 발생될 수 있다.

터널링 집중 문제를 분석하기 위해 임의의 네트워크에서, MH의 도착률이 10 ms이고 MH가 동일한 네트워크에 동시에 도착할 확률을 0.1, FA의 핸드오프 수행 시간이 50 ms인 환경을 가정하였다. 또한, 원격가입에

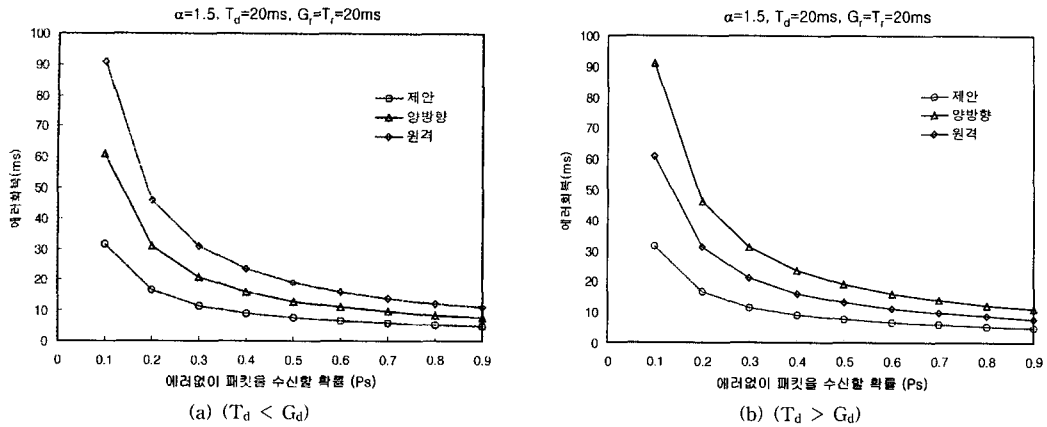


그림 10 네트워크 에러에 따른 지연비교

의한 멀티캐스트 스트림을 기준으로 하여 네트워크 자원의 효율성을 비교하였다. 제안하는 알고리즘의 터널링 집중의 발생은 핸드오프를 통해 등록절차가 종료되기 전까지는 터널링 집중이 원격가입과 같지만, 등록절차가 완료된 이후에는 터널링이 더 이상 발생하지 않고 원격 가입 수준으로 감소하는 것을 알 수 있다.

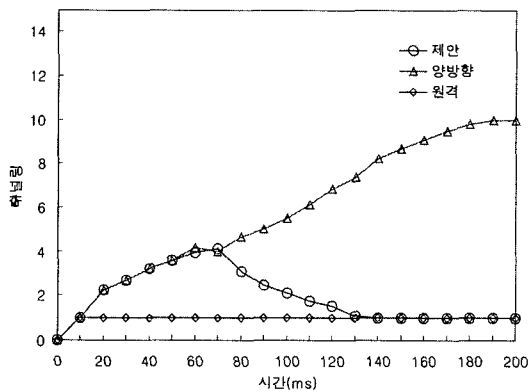


그림 11 터널링 발생 비교

4.2 항목별 분석

분석결과를 기존 방식과 항목별로 비교한 결과는 표 2와 같다.

제안하는 알고리즘은 핸드오프 지연에 따른 패킷 손실에 대해 가장 효율적이며 터널링 집중문제도 해결하였다. 터널링 집중은 FA의 핸드오프 처리 시간 동안에 동시에 도착하는 MH 경우에만 발생하지만, FA의 핸드오프 시간은 터널링 설정과 멀티캐스트 그룹의 재 가입 시간보다 작기 때문에 그 발생확률은 매우 작다. 또한, 핸드오프 지연 동안 발생된 패킷손실에 대해 재전송 NACK 발생하지 않기 때문에 기존 연구보다 네트워크 자원 효율 면에서 가장 높은 값을 보인다. MH가 외부 네트워크로 이동하는 시점에서 핸드오프 완료까지 부가적인 제어패킷이 발생한다는 점을 고려하면 지속적으로 이동하는 MH인 경우에 제안하는 알고리즘이 더 효율적이다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 멀티캐스트 트리기반의 Mobile IP에서 핸드오프 지연을 최소화하기 위해 터널링 설정과 멀티

표 2 기존 방법과 항목별 비교

	제안하는 방식	양방향 방식	원격가입방식
핸드오프지연	매우 낮음 ($G_d > T_d$) ($G_d < T_d$)	낮음 ($G_d > T_d$)	낮음 ($G_d < T_d$)
핸드오프 지연에 의한 패킷 재 전송	없음	있음	있음
터널링 집중	최초 터널링 설정까지만 발생	발생함	발생하지 않음
라우팅 최적화	효율적	비효율적	효율적
네트워크 자원 활용	높음	매우 낮음	낮음

캐스트 재 가입을 동시에 수행하도록 하는 방안과 핸드오프 지연에 의해 발생하는 패킷손실을 효율적으로 회복할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 핸드오프 최소화 방안은 터널링 설정을 사용하는 경우에 발생할 수 있는 터널링 집중 문제를 해결하였다. 또한, MH와 FA간의 핸드오프 절차를 통해 구체적인 동작 알고리즘을 설명하였으며 기존방법과 비교, 분석을 하였다.

제안한 알고리즘의 우수성을 객관적으로 평가할 수 있도록 양방향과 원격가입 모두 CN과 FA까지는 제안한 알고리즘에서 사용한 신뢰성을 제공하는 멀티캐스트 트리를 사용하는 환경에서 핸드오프 지연에 따른 패킷손실의 회복시간을 분석하였다. 분석결과 순수한 핸드오프 처리 시간은 $G_d > T_d$ 인 경우 원격가입보다는 크고 양방향보다는 작은 시간 지연을 보였지만 에러회복 시간을 포함한 경우에는 가장 작은 지연을 보였다. 한편, $T_d < G_d$ 인 경우에도 동일한 결과를 보임으로써 가장 효율적임을 확인하였다. 이는 MH 관점에서는 외부네트워크로 이동 후 이전 네트워크에서 마지막으로 수신한 패킷이후를 수신하는 시점을 핸드오프로 인식한다는 측면에서 핸드오프 지연이 가장 작다고 할 수 있다.

한편, 터널링 집중은 동일한 멀티캐스트 그룹에 가입한 MH가 동시에 외부 네트워크에 도착하는 경우에만 발생하며 최초 핸드오프가 완료되면 발생하지 않는다. MH가 동시에 도착하는 확률이 높은 경우에도 첫 번째 터널링 설정이 완료되면 더 이상 발생되지 않는 것을 확인하였다. 따라서, 핸드오프 이후에는 네트워크 자원을 효율적으로 사용할 수 있다. 또한, CN과 FA간에 멀티캐스트 트리구조인 PMTP를 적용하여 신뢰성과 확장성을 보장하였다.

제안된 알고리즘은 MH에게 신뢰성을 보장하지만 실시간 데이터의 QoS를 보장하지 못한다. 이는 실시간 데이터의 시간제약의 특성 때문이며, 실시간 데이터의 서비스를 지원하기 위해서는 멀티미디어 데이터를 수신하는 MH의 QoS를 보장하기 위한 연구가 진행되어야 한다.

참고 문헌

- [1] C. Perkins, "IP Mobility Support. RFC2002," October 1996.
- [2] D. Waitzman, C. Partridge, and S. Deering(editors), "Distance Vector Multicast Routing Protocol," RFC 107, BBN STC and Stanford University. Nov. 1988.
- [3] J.Moy, "Multicast Routing Extensions for OSPF," *Communications of the ACM*, Vol.37, No.8, pp. 61-66, August 1994.
- [4] Ballardie, T., Francis, P., and Crowcroft, J., "Core Based Trees(CBT)," SIGCOMM '93, pp. 85-95, September 1993.
- [5] S. Deering, D. Estrin, et al., "Protocol Independent Multicast-Spare Mode(PIM-SM):Motivation and Architecture," draft-ietf-idmr-pim-arch-04.ps, October 1996.
- [6] 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, Whistler, BC, Canada, pp. 11-18, June 1995.
- [7] T. G. Harrison, C. L. Williamson, W. L. Mackrell and R. B. Bunt, "Mobile Multicast (MoM) Protocol: Multicast Support for Mobile Hosts," Proceedings of the third annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, Mobicom'97, pp. 151-160, September 1997,
- [8] Yu Wang, Weidong Chen, "Supporting IP Multicast for Mobile Hosts," ACM/Kluwer Mobile Networks and Applications, Special Issue on Wireless Internet and Intranet Access, vol. 6, no. 1, pp. 57-66, January 2001,
- [9] Wanjiun Liao, Jen-An Ke, and Juinn Ru Lai, "Reliable Multicast with Host Mobility," IEEE GLOBECOM '00 Vol.3, pp. 1692-1696, 2000.
- [10] Chunhung Richard Lin, Chang-Jai Chung, "A Mobile Multicast Protocol with Error Control for IP Networks," IEEE GLOBECOM, Vol. 3, pp. 1687-1691, 2000.
- [11] B. Rajagoalan, "Reliability and Scaling Issues in Multicast Communication," Proceedings of ACM SIGCOMM'92, pp. 188-198, September 1992.
- [12] 김기영, 조민수, 신용태, "PMTP:QoS를 보장하는 간접 흐름제어 멀티캐스트 통신프로토콜", 정보과학회 춘계학술대회, Vol.25 pp. 464-466, April 1998.
- [13] Chunhung Richard Lin, Chang-Jai Chung, "Mobile reliable multicast support in IP networks," IEEE ICC, Vol. 3, pp. pp. 1421-1425, 2000.
- [14] C. R. Lin, k.-M. Wang, "Mobile Multicast Support in IP Networks," Proceedings of IEEE INFOCOM, pp. 1664-1672, May 2000.
- [15] C. Perkins, *Mobile IP Design Principles and Practices*, Addison Wesley, 1997.



김기영

1996년 상지대학교 전자계산학과 학사
 1995년~1997년 삼보정보통신 기술연구소. 1999년 숭실대학교 컴퓨터학과 공학석사. 1999년~현재 숭실대학교 컴퓨터학과 박사과정. 관심분야는 멀티캐스트, 실시간 프로토콜, Mobie-IP, 정보보호



김선호

1987년 이화여자대학교 수학교육전공 학사. 1992년 이화여자대학교 교육대학원 전자계산교육전공 석사. 1987년~1989년 대우전자부품(주) 전산실. 1990년~1993년 한국생산성본부 정보화사업부. 1999년~현재 숭실대학교 컴퓨터학과 박사과정. 1998년~현재 동덕여자대학교 정보학부 강의전임교수
 관심분야는 Internet Protocol, Mobile IP, CDN, 디지털 콘텐츠 보호



신용태

1985년 한양대학교 산업공학과 학사. 1990년 Univ. of Iowa 전산학과 석사. 1994년 Univ. of Iowa 전산학과 박사. 1994년~1995년 Michigan State Univ. 전산학과 객원교수. 1995년~현재 숭실대학교 컴퓨터학부 조교수. 관심분야는 멀티캐스팅, 실시간통신, 이동인터넷 통신, 전자상거래 등