

# 이동 호스트에서 FEC와 서버기반 지역복구를 이용한 멀티캐스트 성능 향상 방안

김 회 옥<sup>†</sup> · 양 환 석<sup>††</sup> · 이 웅 기<sup>†††</sup>

## 요 약

이동호스트에서의 데이터 전송 서비스로는 대역폭의 부담을 줄이고 신뢰성 있는 에러 복구를 위하여 원본 데이터를 그룹화하여 오류 복구 패리티를 생성한 후 손실이 발생하였을 경우에 오류 복구 패리티를 재전송하는 FEC방식과 재전송 폭주를 막을 수 있는 지역복구 방식이 적합하다. FEC 방식과 SERVER기반의 지역복구 방식 두 가지의 병행은 신뢰성 있는 멀티캐스트를 가능하게 한다. 본 논문은 MH가 송신자인 경우와 수신자인 경우로 나누어서 이동호스트에서의 삼각라우팅, 터널집중성 문제 해결을 통하여, FEC방식과 SERVER기반의 지역복구 방식의 병합으로 손실을 복구하는 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘의 손실 모델은 동종 독립 손실, 이종 독립 손실, 상호 의존적 손실 모델로 성능 평가를 하였다. 제안된 알고리즘은 이동호스트에서 데이터의 양과 수신자의 수가 많은 환경에서 효율적임을 확인하였다.

## Performance Improvement Methods of Multicast using FEC and Local Recovery based on Sever in Mobile Host

Hoi-Ok Kim<sup>†</sup> · Hwan-Seok Yang<sup>††</sup> · Woong-Ki Lee<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

In the data transmission service of the mobile host, it is needed to reduce the bandwidth and to make a reliable error recovery. there are two appropriate methods in that. One is FEC which retransmits the parity of error recovery, in case of happening of the loss after forming the parity of error recovery by grouping original data. The other is local recovery based on server which can block the implosion of transmission. The use of FEC and local recovery based on server at the same time enables the reliable multicast. This paper suggests algorithm that recovers the loss by FEC and local recovery based on server through the solution of the problems about triangle routing, tunnel convergence by dividing mobile host into two parts—the sender and the receiver. This model about the loss of algorithm tested the efficiency of performance by the homogeneous independent loss, the heterogeneous independent loss, the shared source link loss model. The suggested algorithm confirms effectiveness in the environment where there are much data and many receivers in mobile host.

**키워드 :** 모바일호스트(mobile host), 모바일에이전트(mobile agent), 멀티캐스트(multicast), 지역복구(local recovery)

### 1. 서 론

휴대용 컴퓨터의 등장과 무선네트워크 기술의 급속한 발전은 무선 컴퓨팅 환경의 등장을 가져왔다. 이러한 컴퓨팅 환경에서 사용자의 이동시에도 지속적인 네트워크 연결을 제공해 주는 시스템을 이동 컴퓨팅 시스템(mobile computing system)이라 한다[1].

이동 컴퓨팅의 최대 강점은 사용자에게 로밍이나 핸드오버를 통해서 언제 어디서나 통신을 하는데 있다. 이것은 인터넷 서비스를 이동 컴퓨팅에 도입하는데는 당연한 기능이

며, 인터넷에서의 이동성 관리에 많은 연구가 이루어지고 있다[2-6]. 한편 지금까지의 연구가 이동성 관리에 집중된 나머지 이동 컴퓨팅에서의 QoS에 대한 연구는 미진한 것이 현실이며, 특히 이동 컴퓨팅처럼 유선과 무선의 혼합된 형태의 네트워크는 유선과 무선 접속간의 대역폭과 메커니즘의 차이를 얼마나 심리스하게 극복하느냐 하는 것이 중요하다.

이동컴퓨팅 시스템은 유선네트워크와 무선네트워크로 구성되므로 이동에이전트(Mobile Agent)라는 일종의 라우터가 유선네트워크와 무선네트워크 사이에 위치하여 두 네트워크의 전송 속도나 전송 방식등의 상이한 특성을 변환하여 상호 연결시키는 기반 호스트 역할을 한다. 이동한 호스트의 원이동에이전트를 이동호스트(Mobile Host)의 위치에

† 정 회 원 : 전남 광양고등학교 교사  
†† 준 회 원 : 조선대학교 대학원 전산통계학과  
††† 정 회 원 : 조선대학교 전산통계학과 교수  
논문접수 : 2001년 7월 10일, 심사완료 : 2002년 6월 4일

서 불때는 홈에이전트(Home Agent)라고 한다. 이동호스트는 무선네트워크 인터페이스를 장착하고 접속점을 임의의 네트워크에서 다른 서브 네트워크로 변경할 수 있는 호스트로서 IP주소를 변경하지 않고 자신의 위치를 변경할 수 있는 호스트이다. 이동호스트는 최초에 주소를 부여받은 이동에이전트를 홈에이전트로 지정하고 이동호스트가 홈에이전트가 아닌 다른 이동에이전트에 현재 접속하고 있다면 외부에이전트(Foreign Agent)에 접속하는 호스트 위치설정 과정을 거치며 패킷을 전달하고, 홈에이전트는 현재 자신의 서비스 영역을 벗어나 이동호스트들의 현재 위치 정보를 현재의 외부에이전트 주소를 이용함으로써 유지 이를 이용하여 패킷을 터널 전달하게 한다. 이와 같은 이동호스트 특성은 항상 홈에이전트를 통해 터널 전달되므로 터널집중성 문제와 홈에이전트를 거쳐서 외부에이전트에서 이동호스트로 이르는 삼각라우팅문제가 일어나므로 낮은 대역폭의 무선네트워크에는 부담이 되며 높은 전송 어려움으로 패킷의 잦은 분실을 가져온다. 그리고 이 패킷들의 전송 확인을 위한 수신 확인 패킷은 또 다른 대역폭과 배터리의 소비 시간상의 지연을 야기시킨다.

대역폭의 부담을 줄이고 신뢰성 있는 에러복구를 위하여 이동 컴퓨팅에서 원본데이터를 그룹화하여 오류 복구 패리티를 생성한 후 손실이 발생하였을 경우에 송신자가 원본 데이터를 재전송하지 않고 오류 복구 패리티를 전송하는 방식이 FEC이다[7]. 이 방법은 송신자/수신자 측에 인코딩/디코딩 오버헤드가 있지만, 손실을 겪은 수신자들의 최대 손실 개수만큼만 오류 복구 패리티를 전송하면 되므로 재전송 데이터를 크게 줄일 수 있다[8]. 따라서 무선에서는 재전송 데이터를 크게 줄일 수 있는 FEC(Forward Error Correction) 방식과 재전송 폭주를 막기 위한 지역복구 방식을 중복 병행 할 수 있다.

그러므로 본 논문에서는 FEC방식과 서버기반의 지역복구 방식을 사용하여 전송효율을 높일 수 있는 멀티캐스트 손실복구 방안을 제안한다.

이를 위해 2절에서는 기존 제안 기법들을 살펴보고 3절에서는 멀티캐스트 시스템 모델을 정의하며 4절에서는 3절에서 제안한 멀티캐스트 시스템 모델에 대한 서버 기반 지역복구 알고리즘을 제안하며 5절에서는 시뮬레이션 결과 및 분석을 6절에서는 결론을 기술한다.

## 2. 기존 제안 기법

Rutgers 대학의 Acharya와 Badrinath는 이동 컴퓨팅 환경에서의 멀티캐스트 메시지 전송을 위한 프레임워크를 설계하고 이에 대한 적용 예를 제안하였다[9]. 이 연구에서는 호스트가 이동하는 환경에서 멀티캐스트를 지원하고자 하는 연구로 이동성을 지원하는 시스템으로 Columbia Mobile

IP[10]을 이용하였다. 연구의 주요특징을 보면 이동 호스트들이 멀티캐스트 송신자에게 매번 수신 확인을 하므로써 발생하는 수신확인 폭주를 제거하기 위해 MSS(Mobile Support Station)가 자신이 관리하고 있는 MH들로부터 모두 수신확인을 받은 경우에 대리적으로 송신자에게 수신 확인을 해 주는데 있다.

이동 컴퓨팅 환경에서는 패킷 손실이나 중복전송이 발생할 수 있는데 이 연구에서는 최소 1회 메시지 전송(at-least-once message delivery) 기법과 최대 1회 메시지 전송(at-most-once message delivery)기법을 통해 정확히 한 번만 메시지를 전송하는 결과를 얻어내고 있다. 이 기법의 '장점'은 MSS가 모든 MH로부터 수신 확인을 받을 때까지 MH가 필요로 하는 데이터를 삭제하지 않으므로 이전의 MSS나 송신자로부터 데이터를 재전송 받는 추가 지연을 겪지 않는다는 점을 들 수 있다. 하지만 만일 수신 MH가 광범위하게 많이 분포되고 수신 확인과 재전송 요구가 폭주하게 되면 MSS는 심각한 트래픽을 유발하게 된다. 또한 모든 MH들에게 수신 확인을 받아야만 버퍼에서 메시지를 삭제하게 되므로 메모리 자원의 낭비를 초래하게 된다.

Illinois 대학의 BTLA[11]에서는 최적화된 경로를 제공하여 핸드오프 지연을 줄이기 위한 노력이 행해지고 있으며, ISM- IP[12], ADM[13]는 멀티캐스팅을 이용하여 핸드오프 지연을 줄이는 연구가 되고 있으며, DVMRP[14]는 멀티캐스팅 환경을 이동 컴퓨팅에 적용시키는 연구가 되고 있다.

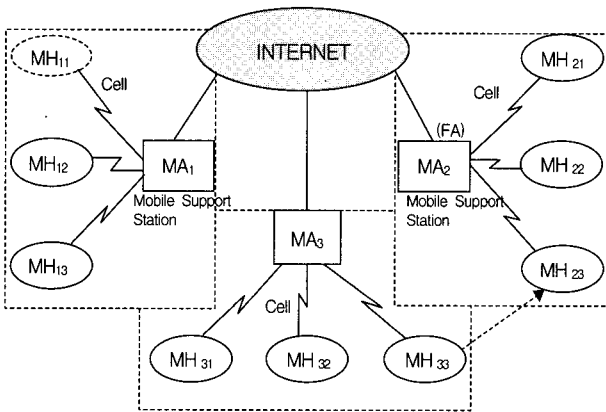
위와 같이 기존의 연구들이[11-14] 핸드오프지연을 줄이는 경우와 이동성 지원 중심으로 연구가 진행되었고, [9]의 경우에서 수신 MH가 광범위하게 많은 경우에는 터널 집중성 문제와 삼각라우팅으로 인한 심각한 트래픽을 유발한다. 심각한 트래픽은 지연과 패킷 손실을 수반하게되며 이는 신뢰성 있는 멀티캐스트가 불가능하다.

따라서, 본 논문에서는 서버기반 지역복구 방식과 FEC방식을 병행한 기법을 제안한다. 제안한 기법은 광범위하게 산재된 MH의 패킷 전송과 재전송으로 인한 터널 집중성 문제, 심각한 트래픽으로 인한 지연 문제를 제안한 기법을 통하여 해결하여 신뢰성 있는 멀티캐스트가 가능하게 하였다.

## 3. 멀티캐스트 시스템 모델

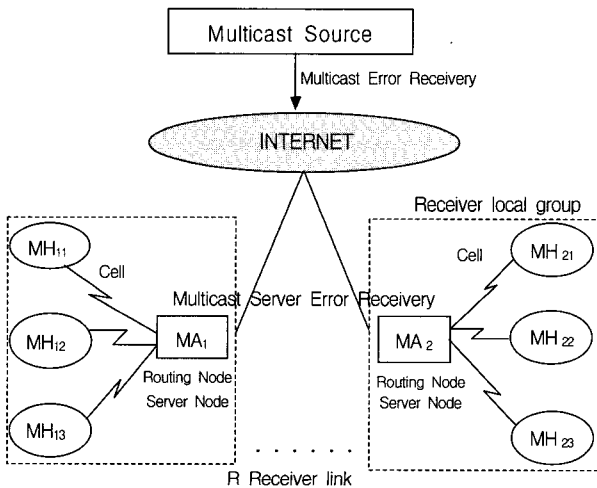
본 논문에서의 이동 컴퓨팅의 시스템 모델[15]은 (그림 1)에서와 같이 인터넷상에서의 이동호스트를 위해 고정 네트워크와 무선 네트워크로 구분하였다. 이때 호스트 이동 지원국이며 멀티캐스트 라우터인(Multicast Router, MR)인 이동 에이전트(Mobility Agent, MA)를 중심으로 하나의 셀로 구성되며, 이 셀 단위를 하나의 지역그룹으로 하였다. 그리고 송신지에서 수신지 지역 그룹을 포함하여 전역그룹으로 하였다. 이동 에이전트는 자신의 셀 범위에 있는 이동

호스트에게 홈 에이전트로 인식 등록하게 하며 현재 자신의 서비스 영역을 벗어난 이동 호스트들과 방문자로 등록된 호스트들에 관한 주소 정보를 유지함으로써 호스트의 이동성을 지원한다. 이동 호스트는 최초에 등록된 이동 에이전트를 홈에이전트(Home Agent)로 지정하고 이동 호스트가 홈에이전트가 아닌 다른 이동 에이전트에 접속하고 있다면 외부에이전트(Foreign Agent : FA)에 접속하고 있으며 데이터의 전달시 전송 패킷의 주소를 변환해 주어 캡슐화하는 것은 외부에이전트에서 담당한다. 홈에이전트는 외부에이전트를 이용 이동호스트의 위치 정보를 파악한다. 각각의 이동에이전트(MA)는 이동호스트(MH)를 제외한 나머지 부분은 고정선으로 연결되어 있고, 이동호스트는 고정네트워크의 단말에 위치하여 라우팅은 담당하지 않는다.



(그림 1) 이동호스트 시스템 모델

이동 호스트의 전송에러가 발생하였을 때의 서버기반 지역복구 모델은 (그림 2)와 같다[16]. 지역그룹에서의 손실 복구는 이동 에이전트(MA)에서 자신의 지역 그룹에 재전송 하여 손실 복구를 하며 송신자에서 이동 에이전트(MA)까지의 전송에러는 송신자에서 손실 복구를 담당한다.



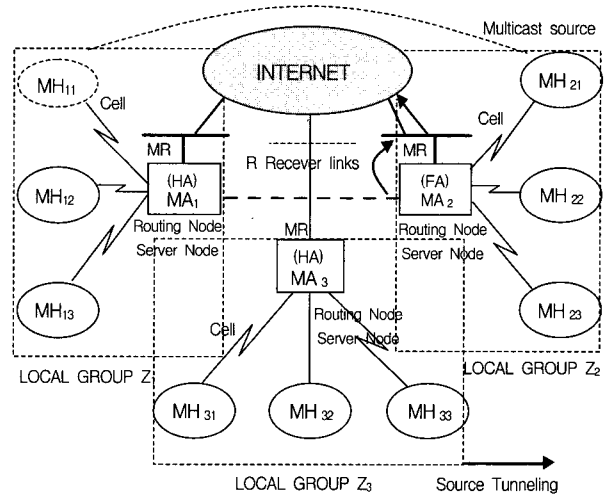
(그림 2) 멀티캐스트 서버기반 지역복구 모델

#### 4. 서버 기반 지역 복구 알고리즘

시스템 환경상에서 고정 호스트와 이동 호스트가 알고리즘 상에서 구분되지 않고 지역그룹멤버가 될 수 있으며 이들은 수시로 동적으로 재구성된다. 이동 컴퓨팅 도메인에 속하는 모든 외부에이전트(FA)는 멀티캐스트 라우터로 동작하는 것으로 가정한다. 이 기법은 이동 호스트에 한해서 적용되며 홈 네트워크에 연결된 이동 호스트나 고정호스트는 기존의 멀티캐스트 방법을 사용한다. 이동호스트가 연결하고 있는 외부에이전트(FA)는 멀티캐스트를 지원하는 기능이 있는 이동 지원국인 MA로 멀티캐스트 알고리즘에 의하여 최적인 단일 경로를 이용하여 멀티캐스트된다. 이동호스트에서의 손실 복구 알고리즘은 이동호스트 MH가 송신자인 경우의 멀티캐스트 손실 복구, 이동호스트 MH가 수신자인 경우의 손실 복구로 구분한다.

##### 4.1 MH가 송신자인 경우

MH가 송신자인 경우 손실복구는 서버노드가 담당하며 수행되는 절차는 (그림 3)에서와 같다.



(그림 3) MH가 송신자인 경우의 손실복구 모델

멀티캐스트 패킷을 송신하고자 하는 이동호스트 MH는 끝을 알리는 메시지를 첨가한 패킷을 FA에게 정상적인 멀티캐스트 주소를 이용하여 전달한다. 외부에이전트인 FA는 자신의 서비스 영역에 존재하는 송신자로부터 전달되는 패킷을 분석하여 목적지 주소로부터 해당 패킷이 멀티캐스트 패킷이라는 점과 송신호스트가 현재 방문 호스트라는 사실을 인식하게 된다. 이때, FA는 원래의 패킷 헤더를 데이터 영역에 위치하게 하고 FA 자신의 주소를 패킷의 송신자 주소로 하는 새로운 헤더로 캡슐화(본 논문에서는 소스 터널링이라함)한 후 다음 멀티캐스트 라우터인 MR(MA)에게 전달한다. 패킷을 수신한 멀티캐스트 라우터인 MR(MA)는

패킷이 마치 FA에서 시작된 것처럼(송신지 주소가 캡슐화되어 FA로 바뀌므로) 각 MA 별로 해당 HA의 제어에 따라 패킷을 전송한다. FA는 손실이 있는 수신자들의 재전송 요구를 받았을 때 그중 가장 많은 손실이 있는 수신자(임의의 MA)에게 필요한 개수만큼의 새로운 오류 복구 패리티를 재전송한다. FA(송신자)에게 손실에 대한 재전송 요구가 오지 않을 때까지 위의 과정을 반복한다. 지역그룹에서는 지역서버 MR(MA)가 해당 전송그룹의 가장 많은 손실이 있는 MH에게 필요한 수만큼의 오류 복구 패리티를 지역그룹으로 멀티캐스팅한다. 지역서버 MR(MA)는 임의의 시간이 지나도 손실에 대한 재전송 요청이 오지 않을 때까지 위의 과정을 반복한다. 임의의 시간 동안 손실에 대한 재전송 요청이 오지 않으면 지역서버 MR(MA)는 멀티캐스팅을 멈춘다. MH가 송신자인 경우의 패킷 전송과 손실복구에 대한 알고리즘은 (그림 4)와 같다.

**● MH가 송신자인 경우의 전송 알고리즘**

**과정 1 :** 전송그룹 TG의 K개의 패킷을 송신하고자 하는 MH는  
 if 현재 방문중인 FA가 멀티캐스트를 지원하지 않으면  
 then 패킷을 FA를 통하여 HA에게 터널 전달.  
 else 패킷을 FA에게 전달.

**과정 2 :** 패킷을 전달받은 HA(MA)는  
 if 송신자 MH가 홈을 떠나 있으면  
 then 역캡슐화 후 다음 MR(MA)에게 전달.  
 else 다음 MR(MA)에게 전달.

**과정 3 :** 패킷을 전달받은 FA는  
 if 해당 MH가 방문자이면  
 then 패킷을 다음 MR(MA)에게 소스 터널링.  
 else 다음 MR(MA)에게 전달.

**과정 4 :** MR(MA)는 인터넷 멀티캐스트 전달 프로토콜을 수행.

**● MH가 수신자인 경우의 손실복구 알고리즘**

**과정 1 :**  
 if 수신자가 패킷을 수신하지 못하면  
 then 수신자는 NACK를 전송. NACK를 수신한 송신자는 NACK가 수신되지 않을 때까지 오류 복구 패리티 재전송.  
 else 송신자는 다음 전송그룹을 전송

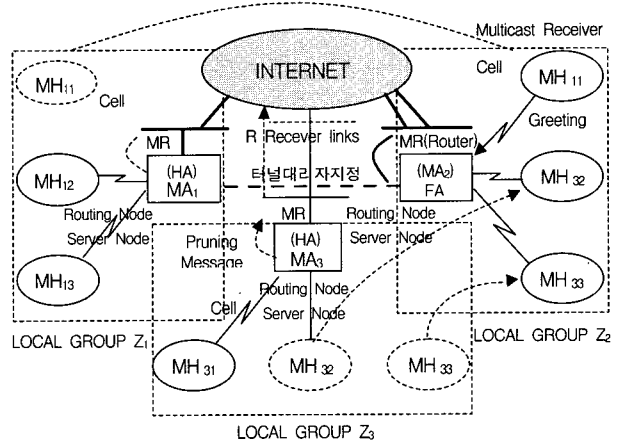
**과정 2 :** 수신자는 각 전송 그룹에 대한 원본 데이터와 패리티를 버퍼에 저장.

(그림 4) MH가 송신자인 경우의 알고리즘

4.2 MH가 수신자인 경우

MH가 수신자인 경우에 수행되는 절차는 (그림 5)와 같다. MH에게 멀티캐스트되는 패킷의 경로 최적화를 위하여 MA(HA)는 현재 자신의 서비스 영역을 벗어난 MH를 호스트 그룹 멤버십 리스트에서 삭제한다. 삭제되는 과정은 IGMP의 그룹 멤버십 질의에 대한 보고가 없으면 바로 삭제된다. 홈네트워크가 아닌 다른 네트워크를 방문중인 MH는 FA의

IGMP 수행시 자신이 속한 그룹에 대한 멤버십을 FA에게 보고한다. 이를 FA는 자신의 호스트 그룹 멤버십 리스트에 유지하고 멀티캐스트 수신시에 이용한다.



(그림 5) MH가 수신자인 경우의 손실복구 모델

FA의 호스트 그룹 멤버십 리스트에 등록된 MH들은 패킷이 도착할 때마다 버퍼에 저장한다. MH가 만약에 K개 이상의 패킷을 수신하였을 때 지역그룹의 서버 MR(HA)는 지역그룹내의 재전송을 책임져야 하므로 버퍼내의 패킷은 지역 재전송이 종료되기 전까지는 지우지 않는다. 지역 MH들은 K개의 패킷을 받지 못했는데 전송그룹의 끝을 알리는 패킷이 도착하였을 경우는 자신에게 부족한 패킷의 개수를 포함하는 NACK를 멀티캐스팅 한다. 이 때 지역그룹의 서버MR(HA)는 손실 패킷을 재전송 한다.

지역그룹의 MH에서는 K개이상의 패킷을 수신하였을 경우는 디코더를 이용하여 K개의 원본 데이터를 디코딩한 후 상위계층으로 올려보낸다. 부족한 패킷을 받지 못했는데 전송그룹의 끝을 알리는 패킷이 도착하였을 경우는 자신에게 부족한 패킷의 개수를 계산하여 지역서버로 멀티캐스트 한다. 지역서버는 MH에서 전송한 부족한 패킷의 재전송 개수를 계산하여 가장 손실이 많은 패킷 수만큼 전송한다.

MH가 멀티캐스트 패킷을 수신 도중에 다른 FA로 온라인 이동한다면 다른 FA에서 멤버십 등록에 의한 멀티캐스트 트리가 재구성되기 전까지는 패킷을 수신할 수 없다. MH의 이동에 따른 트리의 재구성은 IGMP가 시간차를 두고 수행하기 때문에 패킷이 이동하기 이전에 구성된 멀티캐스트 트리에 근거하여 송신된다. 따라서 MH가 이동하여 떠난 HA 또는 FA에서는 멀티캐스트 패킷을 받았지만 전달받을 호스트가 없기 때문에 HA 혹은 이전의 FA는 이동 지원 프로토콜이 유지하고 있는 MH의 현재 위치를 참조하여 전달한다.

위의 MH가 수신자인 경우의 패킷 전송에 대한 알고리즘 과정은 (그림 6)과 같다.

**• MH가 수신자인 경우의 전송 알고리즘**

**과정 1:** 인접 MR(MA)로부터 멀티캐스트 패킷을 청취한 HA는  
 if 그룹 멤버십 리스트에 해당 MH가 있으면  
 then if 해당 그룹의 터널대리자 이면  
 then FA에게 터널 전달.  
 else if 패킷이 캡슐화 되어 있으면  
 then 역캡슐화한 후 로컬 MH들에게 방송.  
 else 로컬 MH들에게 방송.  
 else 가지치기 메시지를 인접 MR(MA)에게 전달.

**과정 2:** 인접 MR(MA)로부터 멀티캐스트 패킷을 청취한 FA는  
 if 그룹 멤버십 리스트에 해당 MH가 있으면  
 then if 패킷이 캡슐화 되어 있으면  
 then 역캡슐화한 후 로컬 MH들에게 방송.  
 else 로컬 MH들에게 방송.  
 else 가지치기 메시지를 인접 MR(MA)에게 전달.

**과정 3:** HA(터널대리자)로부터 패킷을 수신한 FA는 역캡슐화  
 한 후 로컬 MH들에게 방송.

**• MH가 수신자인 경우의 손실복구 알고리즘**

**과정 1:**  
 if 수신자가 패킷을 수신하지 못하면  
 then 수신자는 NACK를 전송. NACK를 수신한 송신자는  
 NACK가 수신되지 않을때까지 오류 복구 패리티 재  
 전송.  
 else 수신자는 다음 패킷을 수신.

**과정 2:** 수신자는 각 전송 그룹에 대한 원본 데이터와 패리티를  
 버퍼에 저장

(그림 6) MH가 수신자인 경우의 알고리즘

**5. 시뮬레이션 결과 및 분석**

본 연구에서는 C언어를 지원하는 이산사건 모의실험 도  
 구인 CSIM[17]를 사용하여 Ultra SUN Sparc 워크스테이  
 션에서 구현하였다. 시스템에서 MA는 이동 지원국으로 멀  
 티캐스트 라우팅(MR) 기능을 수행하며, 지역그룹의 서버역  
 할을 한다.

이 실험을 위한 네트워크 모델의 구성 요소는<표 1>과  
 같으며 편이상 루프(loop)가 없는 형태로 하였고, 망 모델은  
 트리 구조 망이며, 멀티캐스트 그룹의 크기는 그룹에 포함  
 되는 MH개수로 하였다.

<표 1> 모의 실험을 위한 네트워크 모델

구성요소	기능
Internet, Ethernet	13개의 무선 네트워크 접속
MR(Router)	13개의 멀티캐스트 라우터와 2개의라우터
MA	13개의 이동 에이전트로 구성되며 멀티캐스트 라우터 동작
무선네트워크	13개의 무선 네트워크
MH	제한없이 무선 네트워크에 돌아다니며 네트워크에 접속, 한 지역에 머무는 시간은 30초이며 지수분포가정, 단위시간당 평균 멀티캐스트 전송 횟수는 초당 1멀티캐스트이며 포아송분포 가정.

관측은 600초 동안 이루어졌으며 패킷의 크기는 2kB, 수  
 신자에서의 손실확률  $p = 0.01$  로 지역그룹의 크기  $Z = \{10,$

30, 80}으로 하였다.

유선 및 무선에서의 전송시간은 <표 2>와 같이 가정하  
 였다.

<표 2> 모의 실험에서의 구간별 전송시간

구 간	전송 시간
송신자와 MA	14ms
MA와 MH	16ms
MA와 MA	4.15ms

본 연구에서의 성능 평가는 기존의 연구[18-21]와 마찬가  
 지로 대역폭 사용량을 구하였으며 대역폭 사용량을 구하는  
 수식은 식 (1)과 같다.

$$E[B] = \frac{1}{H} (E[M_G] \cdot (1+G) + E[M_Z] \cdot R) \quad (1)$$

$$H = R + \frac{R}{Z} + 1 : \text{전체 링크의 수}$$

R : 수신자 링크수

Z : 수신자 지역그룹 수

$E[M_i]$  :  $M_i$  의 패킷 전송 평균값

$E[L]$  : 첨부된 패킷 전송수의 평균값

$p$  : 송신자 링크와 수신자 링크상의 손실 확률

$p^m$  : 패킷당 전송수의 손실 확률

G : 백본 링크 수

멀티캐스트 전송에 대한 대역폭 사용량을 구하기 위해서  
 는 손실 모델의 수립이 필요하다 MBONE을 대상으로 실제  
 관찰한 결과 대부분의 패킷 손실은 송신자 링크와 수신자  
 링크에서 발생하고 백본 링크에서는 거의 패킷 손실이 발  
 생하지 않았다[22]. [18]은 [22]의 결과를 바탕으로 동종 독  
 립 손실, 이종 독립 손실, 상호 의존적 손실의 세 가지 모  
 델을 제안하였다. 본 논문도 이 세 가지 모델을 기준으로  
 분석하였다.

• 동종 독립 손실 : 손실확률  $p$ 로 모든 수신자 링크에서  
 패킷 손실이 발생하므로 링크당 평균값은 식 (2)로 구한다.

$$E[B] = 1 + \frac{1}{H} (E[M_Z] - 1)R \quad (2)$$

전송그룹 TG의 크기가  $k=1$ 이고,  $R=Z$ 이면 식 (3)으로  
 계산한다.

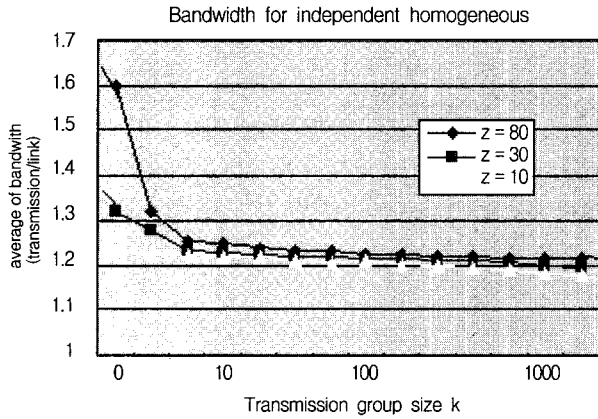
$$E[M_Z] = 1 + \frac{E[L]}{k} \quad (3)$$

지역그룹안에 있는 패킷당 전송되는  $M_Z$  수의분포는 식  
 (4)이다.

$$F_Z(m) = (1 - p^m)^Z \quad (4)$$

동종 독립 손실에 대한 실험 결과는 (그림 7)이다. (그림  
 7)를 보면 전송그룹의 크기가 커질수록 성능이 향상된다.  
 이는 전송그룹의 크기가 커질수록 서로 다른 수신자 사이

의 서로 다른 종류의 패킷 손실을 복구할 수 있기 때문이다. 특히 무선(이동호스트)에서의 패킷 복구는 대역폭의 문제가 따르는데 본 연구에서는 지역그룹의 크기에 따른 전송그룹의 크기가 커질수록 좋은 성능을 나타내었다.



(그림 7) 동종 독립 손실에서 전송그룹의 크기 :  $R=10^4, p=0.01$

● 이종 독립 손실 : 전체 그룹 중 일부 그룹의 모든 수신자링크에서만 높은 손실 확률  $p_h$ 로 손실이 발생하므로 나머지 그룹의 모든 수신자 링크에서 손실 확률  $p$ 로 손실이 발생하는 이종 독립 손실은 지역그룹 Z에서의 패킷당 전송 값 분포를 식 (5)와 같이 구한다.

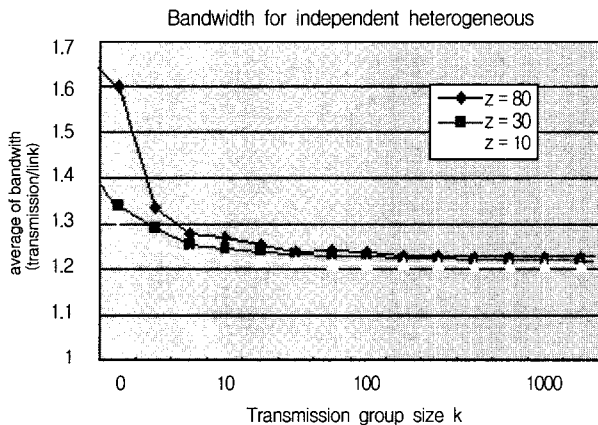
$$F_Z(m) = (1 - p_h^m)^{Z \cdot f_h} \cdot (1 - p^m)^{Z \cdot (1 - f_h)} \quad (5)$$

지역그룹 Z에서의 패킷당 전송 값의 평균은 식 (6)이다.

$$E[M_Z] = \sum_{m=0}^{\infty} (1 - F_Z(m)) \quad (6)$$

한편 링크당 평균값의 식은 식 (7)이다.

$$E[B] = 1 + \frac{1}{H} (E[M_Z] - 1) R \quad (7)$$



(그림 8) 이종 독립 손실에서 전송그룹의 크기 변화에 따른 링크당 평균 전송 횟수 :  $R=10^4, p=0.01$

(그림 8)은 이종 독립 손실에 대한 실험 결과를 나타낸 것으로 동종 독립 손실의 경우와 마찬가지로 전송그룹의 크기가 커지면서 지역그룹의 크기가 커질수록 성능이 향상됨을 알 수 있다. 이는 전송그룹의 크기가 커지면 손실확률이 낮은 대부분의 지역그룹들이 크게 효과를 보게 되어 전체적인 성능이 크게 향상됨을 알 수 있다.

● 상호 의존적 손실 : 손실 확률  $p$ 로 송신자 링크에서 패킷 손실이 발생하며 수신자 링크에서도 같은 손실 확률  $p$ 로 패킷 손실이 발생하는 것을 상호 의존적 손실이라 한다. 상호의존실에서 지역그룹 G에서의 패킷당 전송 값의 분포는 식 (8)로 나타낸다.

$$F_G(m) = (1 - p^m) \quad (8)$$

그리고 지역그룹 Z에서의 패킷당 전송 값의 분포는 식 (9)이다.

$$F_Z(m) = (1 - p^m)^Z \quad (9)$$

멀티캐스트그룹 G에서의 패킷당 전송 값의 평균은 식 (10)으로 구하며

$$E[M_G] = \sum_{m=0}^{\infty} (1 - F_G(m)) \quad (10)$$

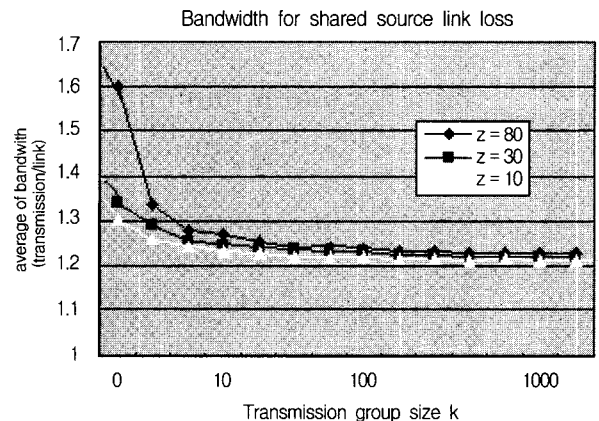
멀티캐스트 그룹 Z에서의 패킷당 전송 값의 평균은 식 (11)이다.

$$E[M_Z] = \sum_{m=0}^{\infty} (1 - F_Z(m)) \quad (11)$$

그리고 링크당 멀티캐스트 평균값은 식 (12)이다.

$$E[B] = \frac{1}{H} (E[M_G] \cdot (1 + G) + E[M_Z] \cdot R) \quad (12)$$

(그림 9)는 상호 의존적 손실에서의 실험 결과를 나타낸



(그림 9) 상호 의존적 손실에서 전송그룹의 크기 변화에 따른 링크당 평균 전송 횟수 :  $R=10^4, p=0.01$

것이다. (그림 9)에서 보면 상호 의존적 손실도 전송그룹의 크기만 일정 크기를 넘어서면 지역그룹의 크기에 관계없이 성능이 향상됨을 알 수 있다.

결론적으로 세 가지 손실 모델에 대한 실험에서 세 가지 모델 전체가 FEC방식과 지역그룹 서버 기반 방식의 병합에서 거의 유사한 성능을 나타냄을 알 수 있다.

## 6. 결 론

기존의 연구들이 무선에서의 핸드오프과정에 대한 연구가 많이 발표되었고, 유선네트워크에서는 신뢰성 있는 멀티캐스트에서의 손실복구에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 하지만 이동호스트에서의 손실복구에 대한 연구는 전무한 상태여서 본 논문은 이동호스트에서의 신뢰성 있는 멀티캐스트 방안에 대하여 연구하였다. 이동 컴퓨팅에서의 문제점인 터널집중성, 삼각라우팅 문제로 인한 심각한 트래픽을 MH가 송신자일 때와 수신자일 때로 구분하여 신뢰성 있는 멀티캐스트가 되게 하고, FEC 방식과 서버기반 지역복구 방식을 병합한 손실복구 방식 역시 MH가 송신자일 때와 수신자일 때로 구분하여 손실복구가 되게 하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘의 성능 평가는 동종 독립 손실, 이종 독립 손실, 상호 의존적 손실로 나누어서 분석하였다. 관측은 600초 동안 이루어졌으며 수신자에서의 손실확률  $p=0.01$  로 지역그룹  $Z$ 는 10, 30, 80으로 설정하여 분석하였고, 결과 분석에서 보듯이 세 가지 손실 모델에 대한 평가는 전송그룹의 크기가 일정크기를 넘어서면, 지역그룹의 크기에 관계없이 성능이 향상되고 있음을 세 모델 전체에서 확인할 수 있었다. 이것은 FEC 방식과 지역그룹 서버 방식의 병합을 통한 알고리즘이 데이터의 양과 수신자의 수가 많은 환경에서 효율적임을 의미한다.

향후에는 이동호스트에서 ARQ 서버 기반의 지역복구 방식과 FEC 서버기반의 지역복구 방식을 비교 분석하여 기존 유선에서 연구되어진 결과와 어떤 관계가 있는지 알아보려고 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] E. Pitoura and B. Bhargava, "Dealing with Mobility : Issues and Research Challenges," Technical Report, Purdue University, Nov., 1993.
- [2] F. Teraoka, M. Tokoro, "Host Migration Transparency in IP Networks : The VIP Approach," ACM Computer Communication Review 23, pp.45-65, 1993.
- [3] V. Chikarman et al. "Multicast Support for Mobile Hosts Using Mobile IP : Issues and Proposed Architecture," ACM/Baltzer Mobile Networks and Applications, Vol.3, No.4, Jan., 1999.
- [4] A. T. Compbell, "Supporting QoS Controlled Handoff in Mobilware," 6th WINLAB Workshop on Third Generation Wireless Information Networks, Mar., 1997.
- [5] R. Jain et al., "Mobile Internet Access and QoS Guarantees Using Mobile IP and RSVP with Location Registers," Proc. IEEE ICC '98, 1998.
- [6] G. H. Cho, "Internet Host Mobility Support : Addressing, Location and Routing," Submitted to IEEE Communications Magazine, 1996.
- [7] J. Nonnenmacher, E. W. Biersack, and D. Towsley, "Parity-based loss recovery for reliable multicast transmission," in Proc. A CM SIGCOMM '97, Cannes, France, pp.289-300, Sept., 1997.
- [8] L. Rizzo, "A Reliable Multicast data Distribution Protocol based on software FEC techniques," in Proc. of the Fourth IEEE HPCS '97 Workshop, Chalkidiki, Greece, June, 1997.
- [9] A. Acharya and B. R. Badrinath, "A Framework for Delivering Multicast Messages in Networks with Mobile Host," Journal on Mobile Networks and Applications 1(2), pp.199-220, 1996.
- [10] J. Ioannidis, D. Ducahmp and G. Maguire Jr., "The Design and Implementation of a Mobile Internetworking Architecture," in Proc. of 1993 Winter USENIX, San Diego, CA, pp.491-502, 1993.
- [11] T. E. Kim and V. Bharghavan, "A Multicast Routing Algorithm for Mobile Computing Environments," Technial Report, Rutgers University, 1996.
- [12] J. Mysore and V. Bharghavan, "A New Multicasting-based Architecture for Internet Host Mobility," Technial Report, Illinois University, 1996.
- [13] L. Blazevic and J. L. Boudec, "Distributed Core Multicast (DCM) : a routing protocol for many small groups with application to mobile IP telephony," Internet-draft, 1999.
- [14] D. Kosiur, IP Multicasting : The Complete Guide to Interactive Corporate Networks, John Willey & Sons, Inc., 1998.
- [15] 김희욱, 위승정, 이웅기, "이동 호스트에서 FEC기법과 수신자 기반 지역복구 방식의 멀티캐스트 전송 프로토콜 연구", 한국멀티미디어학회논문지, 제5권 제1호, pp.68-76, February, 2002.
- [16] S. K. Kasera, J. Kurose, and D. Towsley, "A comparison of Server-Based and Receiver-Based Local Recovery Approaches for Scalable Multicast," in Proc. of IEEE INFOCOM '98, Vol.3, pp.988-995, March, 1998.
- [17] A. Heybey, The Network Simulator : netsim Version 2.2, MIT LCS Group, 1990.
- [18] J. Nonnenmacher, M. Lacher, M. Jung, E. W. Biersack, and G. Carle, "How bad is Reliable Multicast without Local Recovery?," Proc. of IEEE INFOCOM 1998, Vol.3, pp.972-976, March, 1998.
- [19] Hoi-Ok Kim, Jin-Keung Hu, Woong-Ki Lee, "Performance Analysis of Multicast Transmission Protocol using Hybrid ARQ method and Local Recovery method through Loss Model Assesment in Mobile Host," in Proc. of ICIM '01, pp.289-293, November, 2001.
- [20] D. Towsley, J. Kurose, and S. Pingali, "A comparison of sender-initiated and receiver-initiated reliable multicast protocols," IEEE J. Select. Areas Commun., Vol.15, No.3,

pp.398-406, April, 1997.

- [21] B. N. Levine and J. J. Garcia-Luna-Aceves, "A comparison of reliable multicast protocols," 1998 Multimedia Systems.
- [22] M. Yajnik, J. Kurose, and D. Towsley, "Packet loss correlation in the mbone multicast network," in Proc. of IEEE Gloal Internet, London, UK, Nov., 1996.



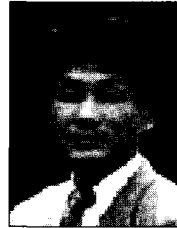
### 김 회 옥

e-mail : hoi6623@hanmail.net  
 1997년 순천대학교 전산교육과 석사  
 2001년 조선대학교 대학원 전산통계학과  
 박사과정수료  
 현재 전남 광양고등학교 교사  
 관심분야 : 이동컴퓨팅, 멀티미디어  
 시스템, WATM.



### 양 환 석

e-mail : badhack@shinbiro.com  
 1996년 호원대학교 전자계산학과 학사  
 1998년 조선대학교 전산통계학과 석사  
 2001년~현재 조선대학교 전산통계학과  
 박사과정  
 관심분야 : 영상처리, 이동컴퓨팅.



### 이 응 기

e-mail : wglee@chosun.ac.kr  
 현재 조선대학교 수학·전산통계학부 교수  
 관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 멀티미디어  
 시스템, 컴퓨터 구조, 이동 컴퓨팅.