

신뢰성 있는 무선 멀티캐스팅을 위한 효율적인 데이터 수신 정보 교환

학생회원 임지영*, 정회원 정태명*

An Efficient Data Delivery Information Exchange for Reliable Wireless Multicasting

Ji Y. Lim*, Tai M. Chung* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 무선 멀티캐스팅에서 이동 호스트가 새로운 기지국으로 이동할 때 발생할 수 있는 몇 가지 문제점들을 제시하고 해결안을 제안한다. 첫째, 이동 호스트가 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국으로 이동할 때의 문제점은 이동 호스트가 원하는 데이터를 해당 기지국이 이미 삭제한 경우이다. 이를 위해 이전의 기지국에서 필요한 데이터를 재 전송하여야 한다. 그룹에 참여하지 않는 기지국으로 이동시에 현재 기지국은 전송지연을 피하기 위해 주변 기지국들에게 데이터를 사전 전달한다. 그러나 다른 이동 호스트들이 짧은 시간 간격을 두고 연속적으로 이동한다면 현재 기지국은 같은 주변 기지국들에게 중복된 데이터를 재전송 하게된다. 이와 같은 데이터 재전송과 포워딩은 비효율적이고 대역폭의 낭비를 초래한다. 본 논문에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위한 기법으로 IES (Information Exchange Scheme)를 제안한다. 제안된 IES에서는 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국들이 기지국의 위치에 따라 상위 노드에 의해 또는 기지국간에 직접적으로 데이터 수신 정보 교환을 한다. 이와 같은 방법으로 이동 호스트가 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국으로 이동시에 바로 데이터 수신을 할 수 있다. 또한 IES에서는 주변 기지국들이 사전 전달받은 데이터를 바로 삭제하지 않고 보류함으로써 이동 호스트의 연속적인 이동시에도 중복된 데이터 전송을 피할 수 있다. 시뮬레이션과 분석을 통해 제안된 IES를 평가하였고 그 결과 제안된 기법이 효과적인 기법임을 증명한다.

ABSTRACT

In this paper we issue some problems occurring when a mobile host moves from a base station to another in a wireless multicasting and propose a solution. In the case of not being in the same multicast group, the old base station will pre-forward data to neighboring base stations to avoid transmission delay. However, if other mobile hosts move at short interval, the old base station may retransmit the same data to the same neighboring base stations. Also, the old base station should retransmit data if the new base station has already discarded data even if the new base station is a member of the multicast group. In this paper we propose called Information Exchange Scheme (IES). In this scheme, each base station exchanges indirectly the data delivery information with the rest of the base stations in the same multicast group for efficient and reliable multicast and pre-forwards data not retransmitting the same data for minimizing transmission delay when a mobile host moves. We also present how IES is efficient by analyzing and simulating.

* 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부
논문번호: K01176-0802, 접수일자: 2001년 8월 2일

I. 서론

PDA와 노트북과 같은 휴대용 이동 단말기 사용의 보편화와 무선 통신 기술의 급속한 발전은 기존의 네트워크 환경에 많은 변화를 가져왔다. 또한 다양한 무선망 제품과 서비스가 제공되고 있으며 이동 단말기기의 성능과 사용자의 이동성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 사용자가 이동시에도 지속적인 네트워크 서비스를 받을 수 있도록 지원하는 환경을 무선망 환경이라고 한다. 무선망 환경에서 이동하는 송/수신 단말기를 MH (Mobile Host)라 하며 MH의 지속적인 연결을 지원하는 고정 호스트를 기지국이라 한다. 또한 기지국이 관리하는 무선망 영역을 셀 (cell)이라 하며 MH가 셀들 간에 이동하게 되면 MH를 관리하는 기지국이 바뀌게 된다. MH가 바뀐 새로운 기지국에 등록하는 과정을 핸드오프 (handoff)라 하며 이러한 MH의 동적인 특성으로 인해 무선망에서는 기존 네트워크와는 다른 여러 가지 문제점들이 발생한다¹⁾. 예를 들면 기존의 라우팅은 호스트가 고정되어 있다는 가정 하에 설계되었기 때문에 이를 무선망에 적용하려면 주소체계, 라우팅 기법 등의 재 설계가 요구된다. 또한 데이터 전송 시 MH의 잦은 이동으로 인한 데이터 손실 및 재전송 등의 신뢰성 문제도 고려해야한다.

각기 다른 데이터를 각각 다른 단말기에게로 전송하는 기법을 유니캐스트라 한다면 같은 데이터를 복사하여 다수의 단말기들에게 동시에 전달하는 전송 기법을 멀티캐스트라 한다. 기존의 멀티캐스트를 무선망에 적용한다면 특정 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 통해 각 기지국에 전달된 데이터는 기지국에서 메모리에 복사되어 최종적으로 MH에 전달된다¹⁾. 무선망에서의 멀티캐스팅은 유니캐스팅시 MH의 이동으로 인해 발생하는 문제점과 기존 네트워크 환경에서 멀티캐스트시 발생하는 문제가 혼합되어 무선망에서의 문제들을 더욱 가중시킨다. 무선망에서의 MH의 이동성을 지원하는 것은 IETF의 WG를 중심으로 표준화 연구가 진행되고 있다. 무선망에서 멀티캐스트 지원을 위해서는 기존의 멀티캐스트 기법과 MH의 이동성 지원 기법 연동 및 확장이 요구되며 최근에 주목받고 있는 분야이다²⁾. 무선망에서의 멀티캐스트 문제는 크게 라우팅 측면과 신뢰성 측면을 고려해 볼 수 있다. 본 논문에서는 이와 같은 무선망 멀티캐스트의 문제점 중에서 신뢰

성 측면에 접근하며 특히 다음과 같은 상황에서 발생하는 문제점에 대한 해결을 제안하고자 한다.

멀티캐스트 데이터를 수신하고 있는 MH h 가 현재의 기지국에서 새로운 기지국으로 이동하는 경우를 고려해 본다. 이후 본 논문에서는 현재의 기지국을 BS라하고 새로운 기지국을 BS'라 한다. h 는 BS에서 i 까지의 모든 데이터를 수신했다고 가정한다. 다음과 같은 몇 가지 문제들이 예상된다. 첫째, BS'에 같은 멀티캐스트 데이터를 받는 MH가 하나도 없는 경우라면 핸드오프시 BS'가 확정된 후 소스나 BS가 일련번호 $i+1$ 부터 데이터를 BS'로 전달해야 한다. 이것은 전송 지연을 유발하기 때문에 BS는 BS'가 확정되기 전에 인접 기지국들에게 데이터를 사전 전달한다. 그러나 같은 BS내의 다른 MH들이 짧은 시간 간격을 두고 연속적으로 이동하게 되면 BS는 같은 인접 기지국들에게 중복된 데이터를 사전 전달 할 수 도 있다. 이것은 비효율적이며 대역폭의 낭비이다. 다음으로 BS'에 같은 멀티캐스트 데이터를 수신하는 MH가 하나 이상 있는 경우이다. BS'가 멀티캐스트 그룹에 참여하고 있다 하더라도 h 가 도착하기 전에 BS'가 일련번호 $j>i$ 의 데이터를 이미 삭제한 상태라면 BS로부터 i 부터 j 까지의 데이터를 재수신해야 한다^{3,4)}. 이와 같은 데이터 재전송 역시 전송 지연과 대역폭의 낭비를 초래한다. 기존 네트워크 환경에서 사용하던 신뢰성 있는 멀티캐스트 프로토콜은 수신 단말기의 이동성을 고려하지 않았기 때문에 무선망 환경에 적용할 수 없다^{1,5,6)}.

이와 같은 무선 멀티캐스팅의 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 IES (Information Exchange Scheme:정보 교환 기법)를 제안한다. IES에서는 우선 기지국들을 통합 관리하는 상위 호스트를 둔다. 같은 상위 호스트 내의 멀티캐스트 그룹 참여 기지국들은 해당 상위 호스트를 통해 기지국들간의 데이터 수신 정보를 교환한다. 다른 상위 호스트내의 같은 멀티캐스트 그룹 참여 기지국들은 인접한 기지국들간에만 데이터 수신 정보를 교환한다. 이와 같은 방법으로 MH가 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국으로 이동시에 바로 원하는 데이터를 수신할 수 있다. 다음으로 MH가 멀티캐스트 그룹에 참여하지 않는 기지국으로 이동하는 경우전송 지연을 막기 위해 BS는 인접 기지국들에게 데이터를 사전 전달하는데 BS'가 결정된 이후에도 인접 기지국들은 수신한 데이터를 바로 삭제하지 않고 보류함으로써 다른 MH들의 연속적인 이동시 중복

데이터 전송을 방지한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 이후 2장에서는 관련된 연구를 기술하고 3장에서 제안된 IES를 소개한다. 4장에서는 제안된 IES에 대한 성능을 평가하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

MH가 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국들간에 이동시 발생하는 문제점에 대한 해결안으로 제안된 기법들은 ACK (MH로부터 피드백 된 수신 데이터의 일련번호)의 최소 값 전달 기법에 따라 트리 기반과 링 기반으로 크게 나눌 수 있다. 이 기법들의 공통점은 기지국들간에 데이터 수신 정보를 공유한다는 것이다. 즉 멀티캐스트 그룹에 참여하는 모든 기지국들은 전체 MH들의 데이터 수신을 확인한 후에 불필요하게된 데이터를 삭제함으로써 MH가 이동 후 바로 데이터를 수신하도록 하고 있다. 트리 기반 기법으로 Supervisor Host 기법이 있다. Supervisor Host 기법에서는 멀티캐스트 그룹 노드를 논리적인 트리로 구성하고 기지국의 부하를 덜기 위해 기지국들을 통합 관리하는 Supervisor Host (이하 SH) 개념을 도입했다⁴⁾. SH들의 집합을 Host Group이라 하며 소스 노드는 이동 단말기들의 상황을 직접 관리하지 않고 Host Group의 list를 관리한다. 소스 노드는 멀티캐스트 그룹의 모든 MH들이 데이터를 수신했다는 것을 SH들을 통해 알게되면 해당 데이터를 삭제하도록 SH들에게 명령한다. 이 기법은 소스 노드가 간접적으로 데이터 삭제를 지시하므로 소스 노드가 원거리에 위치할 경우 비효율적일 수 있다⁶⁾. 1999년에 Nikolaidis가 제안한 Logical Ring 기법은 멀티캐스트 그룹 노드를 링 형태로 구성한 기법이다⁶⁾. 이 기법은 링의 구성 노드인 기지국들간에 토큰을 전달하여 멀티캐스트 그룹에 참여하는 모든 기지국들이 최소 ACK에 대한 정보 교환을 한다. 데이터를 삭제할 수 있는 시점은 토큰 순회가 일단 이루어진 후 다시 순회 시 이전 순회과정에서 최소 ACK값을 기록했던 기지국으로 토큰이 돌아온 순간부터이다. 이 기법의 장점은 기지국들간의 데이터 수신 정보 교환이 소스 노드가 개입되지 않고 기지국들간에만 이루어진다는 점이다. 그러나 토큰이 멀티캐스트 그룹의 전 기지국들간에 순회하므로 데이터 삭제가 신속히 이루어지지 않고 토큰의 순회가 일단 이루어져도 바로 데이터 삭제를 할 수 없다는 단점이 있다. 또한 토큰에 최

소 값을 기록했던 기지국이 토큰을 다시 받기 전에 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴한다면 이후부터는 토큰에 데이터 삭제 정보를 기록할 수 없어 더 이상의 데이터 삭제가 불가능해진다. 예측 가입 기법은 MH가 멀티캐스트 그룹에 참여하지 않는 기지국으로 이동할 때 MH가 새로운 기지국으로부터 데이터 수신 지연을 최소화하는 기법으로 제안되었다¹¹⁾. 이 기법에서는 MH가 이동하여 BS에서 멀어지면 BS는 BS'가 결정되기 전에 자신의 이웃 기지국들에게 데이터를 사전 전달한다. BS'가 결정된 후에 이웃 기지국들은 BS로부터 받았던 데이터를 삭제한다. 그러나 같은 BS 셀 내의 다른 MH들의 연속적인 이동은 같은 이웃 기지국들에게 같은 데이터를 중복 전송하는 결과를 초래할 수 있다.

III. IES

본 논문에서 제안된 IES에서 사용되는 멀티캐스트 그룹 모델은 그림 1과 같으며 3 단계의 노드로 구성된다. 즉 MH, 기지국, 그리고 MSC (Mobile Switching Center)가 구성노드이다.

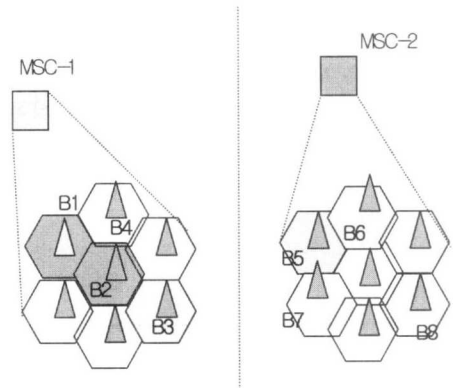


그림 1. IES를 위한 멀티캐스트 그룹 모델

본 논문에서 언급하는 MSC란 다음의 기능을 갖는 고정 호스트로 한정하는 것으로 정의한다. MSC란 기지국들의 상위 호스트로 소속 기지국들을 통합 관리하며 소스로부터 멀티캐스트 된 데이터를 수신하여 다시 소속 기지국들에게 멀티캐스트 하는 역할을 한다. 본 논문은 하나의 소스가 다수의 MH들에게 데이터를 멀티캐스트 하는 경우이다. 같은 MSC에서 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국들은 MSC를 통해 기지국들간의 데이터 수신 정보를 교환하여 최소 ACK이하의 데이터를 삭제한다. 다른

MSC의 기지국들 중에서 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국들은 인접한 기지국들간에만 데이터 수신 정보를 교환하여 최소 ACK이하의 데이터를 삭제한다. 이와 같은 방법으로 MH가 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국들간에 이동시에는 즉시 데이터를 수신할 수 있다. MH가 멀티캐스트 그룹에 참여하지 않는 기지국으로 이동시 BS는 전송 지연을 막기 위해 인접 기지국들에게 데이터를 사전 전달하는데 BS'가 결정된 이후에도 인접 기지국들은 수신 받은 데이터를 바로 삭제하지 않고 보류함으로써 연속된 MH의 이동으로 인한 중복 데이터 전송을 방지한다. IES는 다음과 같은 동작으로 구성된다.

1. 그룹 기지국들의 수신 정보 교환을 위한 동작

1.1 기지국이 같은 MSC에 있는 경우

그림 2는 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국들이 같은 MSC내에 있는 경우 IES의 흐름도이다. 같은 MSC의 기지국인 경우에는 MSC가 직접 기지국들에게 최소 ACK를 전달함으로써 데이터 삭제를 지시한다. MSC는 기지국들로부터 ACK를 수집하여 최소값 Min(Ack)을 산출하고 이것을 각 기지국들에게 전달하면서 그 이하를 삭제할 것을 지시한다. 지시를 받은 같은 MSC내의 각 기지국들은 Min(Ack)이하의 데이터를 삭제한다. 다른 MSC들도 각자 이와 같은 방법으로 자신의 기지국들에게 데이터 삭제를 지시하며 MSC들끼리 ACK를 교환하는 일은 없다.

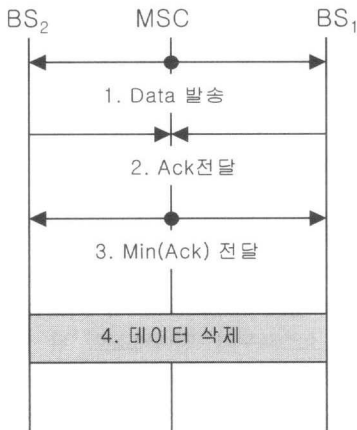


그림 2. 멀티캐스트 기지국이 같은 MSC내에 있는 경우

1.2. 인접 기지국들이 다른 MSC에 있는 경우

다른 MSC에서 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하는

기지국들은 각기 다른 MSC로부터 데이터 삭제 지시를 받으므로 다른 MSC소속이면서 위치상으로 인접 기지국들인 경우에만 인접 기지국들간에 ACK를 교환한다. 이를 위한 동작은 다음과 같다. 멀티캐스트 그룹에 가입된 기지국은 우선 자신의 인접 기지국들이 다른 MSC의 소속인지 확인한다. 그렇다면 다음으로 해당 인접 기지국들에게 같은 멀티캐스트 그룹 소속인지 확인하는 메시지를 보낸다. 그렇다면 이와 같은 인접 기지국과 ACK를 다음과 같이 교환한다. 자신의 소속 MSC로부터 받은 Min(Ack)를 인접 기지국에게 전달하고 해당 인접 기지국으로부터 역시 해당되는 Min(Ack)를 받는다. 이러한 두 개의 Min(Ack)중 최소 ACK를 산출하여 그 이하의 데이터를 삭제한다. 그림 3은 멀티캐스트 기지국들이 다른 MSC내에 있는 경우의 동작 흐름도이다.

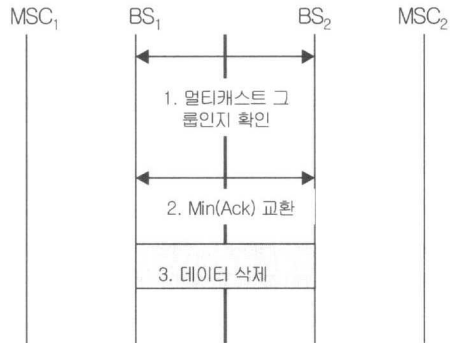


그림 3. 멀티캐스트 그룹 기지국이 다른 MSC에 있는 경우

2. 사전 데이터 전달 기법

MH가 이동하여 BS에서 멀어지면 BS는 MH로부터 인접 기지국들의 리스트를 받는다. BS는 리스트의 기지국들 중에서 그룹에 소속된 기지국이 아닌 기지국들에게만 자신의 버퍼에 있는 데이터를 사전 전달하고 동시에 일정시간 T를 함께 전달한다. 일정 시간 T는 주변 기지국들이 사전 전달받은 데이터를 보류하는 기간이다. BS는 전달한 데이터 량과 데이터의 수신 그룹 ID 및 데이터를 받은 인접 기지국들의 주소를 기록한다. 주변 기지국들은 핸드오프에 의해 BS'가 결정된 후에도 사전 전달받은 데이터를 바로 삭제하지 않고 일정 시간 T 동안 보류한다. BS는 또 다른 MH들의 연속적인 이동이 BS'가 결정된 직후나 혹은 사전 전달 중에 발생하면 MH들의 그룹 ID와 1차 사전 전달하던 데이터의 수신 그룹 ID와 비교하여 같은 경우라면 2차 사전 전달 시 그 이후의 데이터를 전송한다. 이와 같이 멀티캐스트 그룹에 참여하지 않는 기지국으로 이동시 최

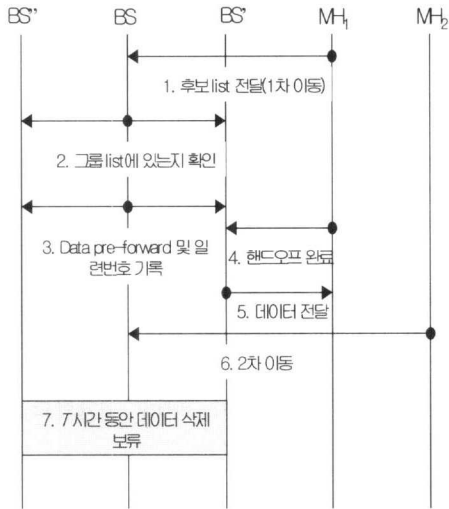


그림 4. 사전 전달 기법

소의 전송 지연만으로 MH는 데이터를 수신하면서 BS는 데이터의 중복 전송을 피할 수 있다. 그림 4는 사전 전달 기법의 흐름도이다.

이와 같이 사전 전달 기법에서 데이터 삭제 보류를 적용시의 효율성은 MH들의 핸드오프 간격에 따라 달라진다. 즉 임의의 MH가 이동할 때 사전 전달되는 데이터는 다음 MH가 단시간에 내에 이동할 수록 유효할 것이고 다음 MH가 장시간 이후에 이동한다면 이미 현재의 기지국에서 수신된 데이터가 사전 전달된 데이터와 같거나 그 이상일 가능성이 높으므로 사전 전달된 데이터가 유효하지 않을 수 있다. 사전 전달된 데이터가 유효하지 않게 되는 시점이 삭제가 보류된 데이터를 제거해야 하는 시점이며 데이터 삭제 보류 기법의 효율성이 최저가 되는 순간이다. 이 시간은 핸드오프 간격에 대한 데이터 삭제 보류 기법의 효율성을 여러 가지 경우의 실험을 통하여 측정할 후에 결정할 수 있을 것이다. 이러한 실험은 4장의 시뮬레이션에서 좀 더 상세하게 기술한다.

IV. 성능 평가

1. 특성 비교

표 1은 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국들간의 데이터 수신 교환에 대한 기존의 기법들과 IES의 특성 비교이다. Supervisor Host 기법은 트리 기반에 의한 데이터 수신 교환을 하기 Min(ACK)의 전달이 신속하여 기지국의 메모리의 사용 효율은

표 1. 데이터 수신 교환을 위한 기법 비교

	Supervisor Host(SH)	Logical Ring	제안 기법
모델 구성 노드	소스, SH, 기지국	BS	MSC, BS
기반모델	Tree-based	Ring-based	혼합
데이터 삭제 지시 노드	소스	토큰 회전 시 최소 ACK를 기록한 기지국	MSC, BS
기지국의 업무	1.ACK 전달	1. ACK 전달 2. 토큰 전달	1. ACK 전달 2. 인접 기지국들간의 정보 교환
기지국의 그룹 변경 관리	소속 SH에 의해 부분적으로 관리된다.	전체 그룹의 구성에 영향을 준다.	소속 MSC에 의해 부분적으로 관리된다.
그룹 탈퇴	특이사항 없음	데이터 삭제를 지시할 기지국이 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴하면 이후시의 대책 없음	특이사항 없음

좋을 수 있으나 데이터 수신 교환 기법에 소스가 개입되므로 비효율적이다. 더욱이 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국들이 밀집되어 있지 않고 산재해 있을 경우 성능은 더욱 떨어진다. Logical Ring 기법은 링 기반에 의한 토큰 전달로 데이터 수신 교환을 하기 때문에 소스를 비롯한 상위 노드가 개입되지 않으므로 효율적이거나 토큰이 멀티캐스트 그룹에 참여하는 전체 기지국들에게 전달되므로 전달 경로가 복잡하다. 따라서 Min(ACK)의 전달이 신속하지 않으므로 기지국의 메모리 사용 효율도 떨어진다. 또한 데이터 삭제를 지시 할 기지국이 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴할 경우에 대한 언급이 없다. IES에서는 같은 MSC의 기지국들은 트리 기반으로 MSC로부터 불필요한 데이터에 대한 삭제 지시를 신속히 받음으로써 메모리 사용 효율을 향상시킬 수 있다. 인접한 멀티캐스트 그룹 참여 기지국이 다른 MSC에 있으면 인접 기지국들간에만 데이터 수신 교환을 하므로 MH가 다른 MSC의 기지국으로 이동할 때에도 바로 데이터 수신을 할 수 있게 된다. 표 2는 사전 데이터 전달을 위한 기존 기법과 IES와의 비교이다. 두 기법은 전송 지연을 막기 위해 데이터를 사전 전달하는 것은 같지만 BS'가 확정된 후 IES에서는 인접 기지국들이 데이터 삭제를

표 2. 사전 데이터 전달을 위한 기법 비교

	IES	예측가입 기법
데이터 전송	중복 안함	중복 될 수 있음
BS' 가 결정된 후	다른 인접 BS들은 데이터 삭제를 보류한다.	다른 인접 BS들은 바로 데이터를 삭제한다.

보류함으로써 이후 같은 데이터의 재전송을 예방한다.

2. 시뮬레이션 결과

2.1 시뮬레이션 환경

본 절에서는 우선 ACK 교환 기법에 대해 IES와 LR (Logical Ring) 및 SH (Supervisor Host)를 사용시 멀티캐스트 그룹에 참여하는 전체 기지국들의 메모리 사용량을 실험 결과를 통해 비교한다. 다음으로 사전 전달 기법에 대해 IES와 달리 데이터 삭제를 보류하지 않는 ‘예측 가입 기법’을 사용했을 때 사전 데이터 전달 시 중복 전송되는 데이터 량을 실험을 통해 측정 해 본다. 또한 데이터 삭제 보류 기법의 효율성을 결정하는 요인들에 대한 실험을 해본다. 시뮬레이션을 위해 설정된 환경 모델은 그림 5와 같다. 각 노드간에 전달되는 데이터는 포아송 분포이며 MSC와 기지국간에는 $\lambda = 100.0$, BS와 MH간에는 $\lambda = 10.0$ 의 값을 갖는다. 이 밖에 시뮬레이션을 위해 다음과 같은 값들이 사용된다^{8,9)}. 본 논문의 시뮬레이션에서는 “핸드오프 진행시간”을 MH가 다른 기지국으로 이동시 현재의 기지국 BS에게 인접 기지국들의 리스트를 보내는 순간부터 새로운 기지국 BS'가 결정되기 전까지의 시간으로 정의한다.

- 데이터 단위 : 프레임, 1 프레임은 100Kbytes

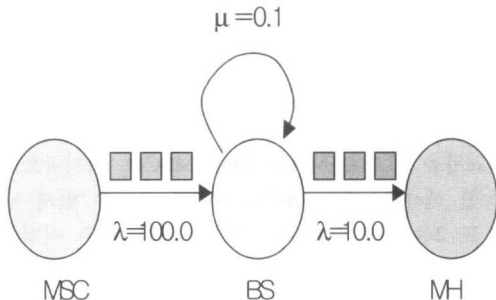


그림 5. 시뮬레이션 환경 모델

- MSC와 기지국간의 전송 속도 : 100Mbps
- 기지국과 MH간 전송 속도 : 10Mbps
- 한 프레임이 BS에서 지연되는 시간 : 0.1초
- 전체 실험 시간 : 100 초
- 핸드오프 진행 시간 : 0.25 초
- MSC 수 : 2
- MSC당 기지국 수 : 2 ~ 7
- 기지국 당 MH 수 : 5
- MH가 셀 에서 머무는 시간 : 5, 10, 20 초
- 소스와 MSC간의 거리(hop 수) : 1, 3, 5

다음의 변수들은 시뮬레이션 결과를 산출하는 식에 사용되었다.

- S : MSC 의 수
- B : MSC당 기지국의 수
- B_{EX} : 기지국 당 인접 기지국들의 수
- M_{ack} : MH이 기지국에게 보내는 ACK
- D_t : 셀 에서의 지연 시간
- H_{mem} : 핸드오프시 기지국에 저장되는 데이터
- t : 핸드오프 진행 시간
- T : 실험 측정 시간
- F_{sec} : 초당 기지국에서 MH로의 데이터 량
- F_H : 핸드오프 진행동안 사전 전달되는 최대 데이터 량
- I_H : 연속해서 발생하는 MH 이동시간 간격
- h : 소스와 MSC간의 hop 수

다음 식들은 시뮬레이션 결과를 산출하는 식이다.

- 시간 별 총 버퍼 사용량 :

$$IES = \sum_{t=0}^T \left\{ \sum_{j=1}^S \sum_{k=1}^B \max(M_{ack})_k \cdot S \times B \times \min(M_{ack})_T \right\} + \alpha \tag{1}$$

$$SH = \sum_{t=0}^T \left\{ \sum_{j=1}^S \sum_{k=1}^B \max(M_{ack})_k \cdot S \times B \times \min(M_{ack})_{T-h} \right\} \tag{2}$$

$$LR = \sum_{t=0}^T \left\{ \sum_{j=1}^S \sum_{k=1}^B \max(M_{ack})_k - \min(M_{ack}) \right\} \tag{3}$$

- 핸드오프 시 기지국 당 버퍼 사용량 :

$$\max(M_{ack}) + (T/D_t) \times H_{mem} \tag{4}$$

- 사전 전달 시 중복 전송되는 데이터 량

$$\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^{B_{\max}} (F_H - (F_{\text{sec}} \times I_H)) \quad (5)$$

위의 식에서 “max(M_{ack})”는 멀티캐스트 그룹에 참여하는 각 기지국들의 버퍼 사용량이고 “min(M_{ack})”는 기지국 전체의 최소 ACK 즉 삭제해야할 데이터이다. α는 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하면서 다른 MSC 소속인 인접 기지국들의 최고 ACK가 다를 때 발생하는 메모리량이다. 소스로부터 데이터 삭제 지시를 받는 SH에서는 삭제 지시 전달 시간이 소스와 MSC간의 hop 수에 따라 달라진다. 예를 들면 hop 수가 1 이면 전달 시간은 IES보다 1회 늘어지는 것으로 가정한다.

2.2 시뮬레이션 결과

그림 6과 7은 IES와 LR에서 전체 기지국들의 버퍼 사용량을 보여준다. 그림 6은 실험 시간별 버퍼 사용량이고 그림 7은 MSC당 기지국 수에 대한 버퍼 사용량을 보여준다. 두 그래프에서는 두 기법 모두 시간에 증가함에 따라 버퍼 사용량도 함께 증가한다. 그러나 IES에서는 MSC로부터 삭제 지시를 받고 거의 동시에 모든 기지국들이 불필요한 데이

터를 삭제하기 때문에 버퍼 사용량이 크게 늘어나지 않고 거의 일정한 양상을 보이고 있다.

반면 LR에서는 토큰이 모든 기지국들간에 순회하면서 한번에 한 기지국만이 데이터를 삭제할 수 있으므로 버퍼 사용량이 매우 빠르게 증가한다. 그림8은 기지국당 MH수 증가에 대한 버퍼 사용량이다. MH수의 증가에 대한 급격한 변화는 없지만 LR이 IES보다 상당히 많은 버퍼량을 사용함을 알 수 있다. 그림 9는 MH가 한 기지국이 셀에 도착하여 이동할 때까지 셀에 머무르는 시간(지연 시간)에 대한 기지국들의 총 버퍼 사용량을 비교하고 있다. 그림 9에서 보듯이 기지국에서의 머무르는 시간이 길어질수록 기지국의 버퍼 사용은 감소된다. MH가 이동할 때는 기지국과 단절이 되는 경우가 있고 이 기간 동안 기지국은 전송해야할 데이터를 저장해야 한다. 그러므로 MH가 셀에 머무르는 시간이 적고 자주 이동하게되면 기지국의 버퍼 사용도 많아지게 된다⁴⁾. 그림 9의 결과로 IES가 LR에 비해 더 적은 버퍼를 사용한다는 것을 알 수 있다. 그림 10은 IES와 SH의 기지국 버퍼 사용량을 비교한 것이다. 여기서는 소스와 MSC간의 거리를 1 hop, 3 hop, 5 hop으로 가정하여 실험하였다. 그림 10에서 보듯이

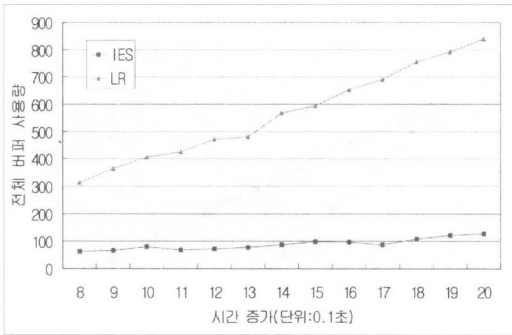


그림 6. 시간 별 버퍼 사용량

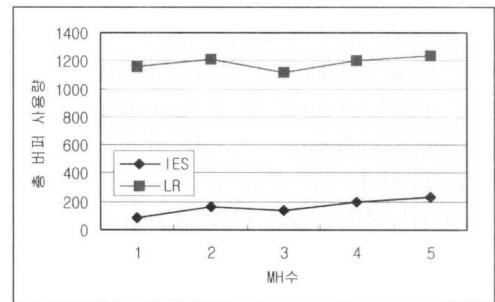


그림 8. MH 수에 대한 버퍼 사용량

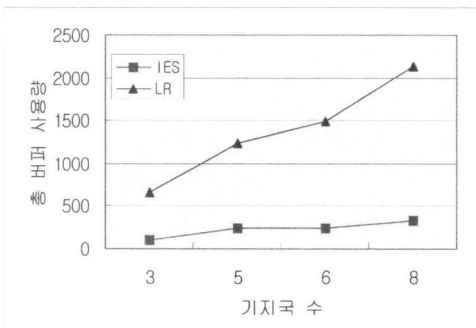


그림 7. 기지국 수에 대한 버퍼 사용량

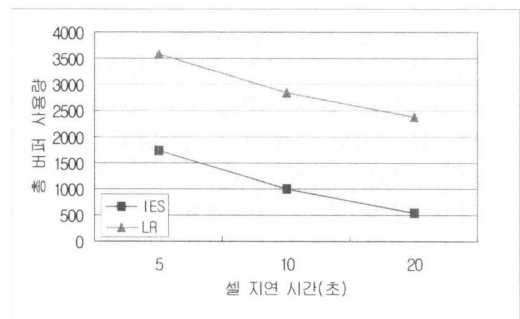


그림 9. 셀 지연 시간에 대한 버퍼 사용량

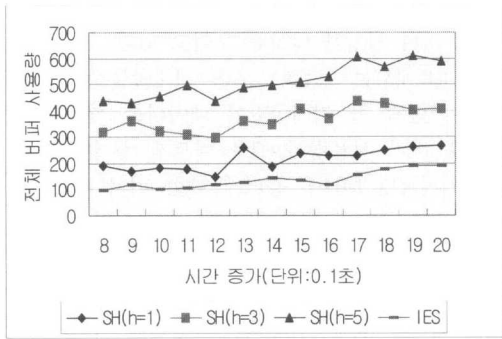


그림 10. 소스와 MSC간의 거리에 대한 버퍼 사용량

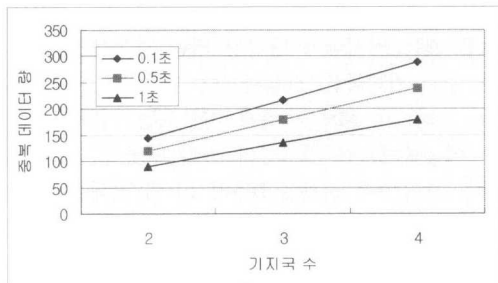


그림 11. 사전 전달 시 중복되는 데이터

소스와 MSC간의 거리가 멀수록 SH에서의 기지국 버퍼 사용량은 점점 증가한다. SH에서는 소스에서 데이터 삭제를 지시하므로 소스의 위치에 따라 시스템의 성능이 달라짐을 알 수 있다. IES에서는 소스가 개입되지 않으므로 소스의 위치에 관계없이 성능이 일정하다. 그림 11의 실험은 사전 전달 기법에서 데이터 삭제 보류를 하지 않을 때 발생하는 중복 데이터량을 보여준다. 그림 11에서 범례는 MH들간의 핸드오프 간격이다. 기존의 예측 가입 기법은 사전 전달된 데이터를 바로 삭제하므로 다음 MH가 연속적으로 핸드오프를 하게되면 그림 10과 같은 결과가 발생할 수 있다. IES에서는 데이터 삭제를 정해진 일정 시간 만큼 보류하므로 중복 데이터가 발생하지 않는다. 예측 가입 기법에서는 기지국수가 많을수록 그리고 MH들간의 핸드오프 간격이 짧을수록 중복되는 데이터도 많아진다. 이와 같은 데이터 삭제 기법의 효율성은 사전 전달될 수 있는 최대 데이터량과 기지국에서 MH로의 시간당 데이터 전송량에 따라 달라지므로 다음과 같은 식 (6)으로 나타낼 수 있다.

$$Eff = \left(\frac{PM - ho \times M}{PM} \right) \times 100 \quad \dots\dots (6)$$

위의 식 (6)에서 *Eff*는 데이터 삭제 보류 기법의 효율을 나타내며 *PM*과 *M*은 각각 최대 사전 전달량 및 기지국에서 MH로의 시간당 최대 데이터 전송량을 나타낸다. *ho*는 두 MH간의 핸드오프 시간 간격이다. 위의 식에 의해 *Eff*를 *ho*에 따라 다음과 같은 두 개의 그래프로 나타낼 수 있다. 그림 12는 사전 전달될 수 있는 최대 데이터량을 두 가지로 달리 하여 핸드오프 간격 별로 효율을 측정하는 것이다. 그림 12에서 *PM*은 사전 전달될 수 있는 최대 데이터량이며 25MB인 경우와 50MB인 경우 가정하였다. 기지국에서 MH로의 데이터 전송 속도는 10MB로 가정하였다. 그림 12에서 보듯이 데이터 삭제 기법의 효율 *Eff*는 핸드오프 간격이 커질수록 낮아진다. 낮아지는 정도는 사전 전달량에 비례하여 달라지며 이와 같은 그래프를 통해 사전 전달된 데이터를 유지해야 하는 시간을 예측할 수 있다. 효율이 0%일 때가 사전 전달된 데이터를 삭제해야 하는 순간이므로 *PM*이 25이면 데이터 보류시간이 2.5(sec)일 것이고 *PM*이 50이면 5(sec)이상이어야 할 것이다. 효율이 낮아지는 비율이 사전 전달량에 비례한다는 것은 사전 전달된 데이터가 많을수록 2차 핸드오프를 하는 MH에게 유효한 데이터가 많아짐을 뜻한다.

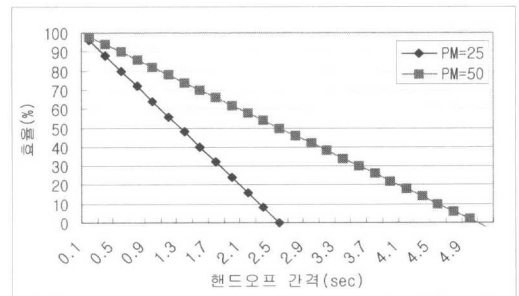


그림 12. 사전 전달 량에 대한 효율

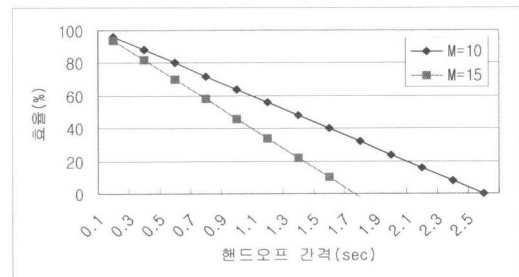


그림 13. 기지국에서 MH로의 전송 량에 대한 효율

그림 13은 기지국에서 MH로의 초당 최대 전송량을 두 가지로 하여 핸드오프 간격별 효율을 측정 한 것이다. 그림 13에서 M은 초당 최대 전송량이며 각각 10MB인 경우와 15MB인 경우로 가정하였다. 이때의 사전 전달량은 25MB로 가정하였다. 그림 13에서 알 수 있듯이 핸드오프 간격이 커질수록 효율이 낮아지는 것은 그림 12에서의 결과와 같고 기지국에서 MH로의 최대 전송량에 따라 효율은 반비례하여 달라진다. 이와 같은 그래프를 통해 사전 전달된 데이터를 유지해야 하는 시간을 예측할 수 있다. 효율이 0%일 때가 사전 전달된 데이터를 삭제해야 하는 순간이므로 M이 10 일때는 데이터 보유 시간이 2.6(sec)일 것이고 M이 15이면 1.8(sec)이어야 할 것이다. 효율이 낮아지는 비율이 최대 전송량에 반비례한다는 것은 현재 기지국에서 MH로의 데이터가 많이 전달될수록 다른 기지국으로 사전 전달된 데이터는 2차로 핸드오프한 MH에게는 별로 유효하지 않음을 뜻한다. 이상의 식(6)과 두 개의 그래프를 통해 사전 전달된 데이터의 삭제 보류 기법에 대해 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다. 첫째 사전 전달된 데이터는 MH들간의 핸드오프 간격이 작을수록 유효하다는 것이다. 그러므로 짧은 간격을 두고 핸드오프를 요청하는 가입자들이 발생하는 상황에서 유효성이 커지며 대중 교통을 비롯한 차량으로 이동할 때 무선 멀티캐스트 서비스를 받는 경우가 예가 될 것이다. 둘째 사전 전달된 데이터의 삭제 시점은 사전 전달량과 기지국에서 MH로의 데이터 전송량과 관계가 있다는 것이다. 현재의 기지국에서 MH가 핸드오프를 요청했을 때 주변 기지국으로 사전 전달되는 데이터량은 새로운 기지국이 결정되는 시점에 따라 달라지므로 어떠한 핸드오프 기법을 사용하는 가와 관계가 있다. 기지국에서 MH로의 데이터 전송량은 네트워크 성능에 좌우된다. 그러므로 기지국들간에 사용되는 핸드오프 기법과 네트워크 성능을 고려하여 여러 가지 상황의 실험을 통해 적절한 데이터 삭제 시점을 추정해볼 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 무선망에서 멀티캐스팅시 신속하고 정확한 전송을 하기 위한 기법으로 IES를 제안하였다. IES에서는 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국으로 이동할 때는 즉시 원하는 데이터를 수신할 수 있도록 같은 MSC의 기지국들은 MSC를

통해서, 다른 MSC에 있는 기지국들은 인접한 기지국들 간에만 최소 ACK를 교환하여 최소 ACK이상의 데이터를 유지하도록 하였다. MH가 멀티캐스트 그룹에 참여하지 않는 기지국으로 이동시에는 전송 지연을 최소화하기 위해 주변 기지국들에게 데이터를 사전 전달하는데 기존의 기법과는 달리 주변 기지국들이 사전 전달받은 데이터를 유지하도록 하여 연속적인 MH의 이동에도 데이터의 중복 전송이 발생하지 않도록 하였다. 제안된 IES를 평가하기 위해 기존의 기법들과 비교 분석하였고 그 결과로 제안된 기법이 효과적인 기법임을 알 수 있다. 특히 IES는 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국들이 밀집되어 있거나 산재되어 있더라도 상관없이 좋은 효율을 보일 것으로 기대된다. IES는 MH의 사용자들이 대중 교통 수단으로 신속히 이동하는 상황에 적합한 기법이며 MH 가입자가 증가하고 단말기를 통해 인터넷이 제공하는 멀티캐스팅 서비스가 다양해지는 향후에는 더욱 좋은 효과를 나타낼 것으로 기대된다. 앞으로는 IES의 객관적인 평가를 위해 다양한 환경에서의 실험이 필요하며 기존의 신뢰성 있는 멀티캐스트 기법과의 연동 방법에 대한 연구가 필요하다.

사전 전달 기법과 관련된 앞으로의 연구로 다음과 같은 방향을 제시한다. 첫째, 보류된 데이터 삭제 시점을 결정하기 위한 다른 조건들을 찾아보는 것이다. 이를 위해서는 여러 가지 다른 환경에서 시뮬레이션으로 검증해야 할 것이다. 둘째, 제안된 사전 전달 기법이 네트워크 환경에 따라 미치는 영향을 시뮬레이션 하는 것이다. 제안된 기법은 시뮬레이션과정의 그래프 결과에서 보듯이 핸드오프 간격이 짧은 경우에 유효하며 현재로서는 이의 결과로 중복 전송을 막는다는 점에서 유효함을 알 수 있다. 추후에는 이러한 중복 전송의 방지로 얻어지는 다른 부수적인 효과를 찾아 봐야 할 것이다. 반면 핸드오프 간격이 비교적 장시간인 환경에서 일정기간 이나마 데이터 삭제 보류로 발생하는 문제점에 대해서도 연구해야 할 것이다.

참고 문헌

[1] Ki-seon Ryu, Joong-Bae Kim, Young-Ik Eom, "An Effective Multicasting using Pre-join Technique in Mobile Computing Environments", *KISS*, Vol.27, NO 1, March, 2000.
 [2] Pil-Young Kang, Yong-Tae Shin, "An Extended

FA-based Multicast Routing for Mobile IP-based Multicasting”, *The KIPS Transactions* VOL.7, NO 11, pp.3490-3499, November 2000.

[3] A.Acharya and B.R. Bardrinath, “A framework for delivering multicast messages in networks with mobile hosts”, *Mobile Networks and Applications*, Vol.1, No.2, 1996, pp.199-209.

[4] K.Brown and Singh, “RelM:Reliable Multicast for Mobile Networks”, *Journal of Computer Communications*, Vol.21, No.16, 1998, pp.1379-1400.

[5] Upkar Varshney and Samir Chatterjee, “Architectural Issues to Support Multicasting over Wireless and Mobile Networks”, *IEEE WCNC* Vol.1, pp.41-45, 1999.

[6] Ioanis Nikolaidis and Janelle J. Harms, “A Logical Ring Reliable Multicast Protocol for Mobile Nodes”, *Proceedings of the International Conference on Network Protocols*, pp. 106-113, 1999.

[7] Dave Kosiur, *IP Multicasting: The Complete Guide to Interactive Corporate Networks*, *Wisley Computer Pub.*, 1997.

[8] Lawrence Harte, Richard Levine, Steve Prokup, *Cellular and PCS*, *McGraw-Hill Pub.*, 1997.

[9] ETRI, *Wireless ATM Technology Introduction*, *Jinhan Press*, 1998.

[10] Ji Y. Lim, Tai M Chung, “An Information Exchange Scheme among the base stations for reliable wireless Multicasting”, *Proceedings of the 15th KIPS Spring Conference*, VOL.8, No 1, pp.503-506, 2001.

[11] Tim G. Harrison, Garey L. Williamson Wayne L. Mackrell and Richard B. Bunt, “Mobile Multicast Protocol”, *Proceedings of the MOBICOM' 97*, Sep. pp. 151-160, 1997.

[12] C-K Toh, *Wireless ATM and AD-HOC Networks*, *Kluwer Academic Pub.*, 1997.

임 지 영(Ji Y. Lim)

학생회원



1990년 2월 : 성균관대학교
정보공학과(학사)

1990년~1997년 : 대우통신
선임연구원

1997년 8월 : 서강대학교
정보처리학과(석사)

2000년 2월 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학
부 대학원 박사과정 수료

<주관심 분야> 무선 ATM, 이동 IP, 무선 멀티캐스
팅

정 태 명(Tai M. Chung)

정회원



1981년 2월 : 연세대학교
전기공학과 졸업 (학사)

1984년 5월 : University of
Illinois Chicago IL,
U.S.A. 전자계산학과
졸업(학사)

1987년 12월 : University of Illinois Chicago IL,
U.S.A. 컴퓨터공학과 졸업(석사)

1995년 8월 : Purdue University W. Lafayette, IN,
U.S.A. 컴퓨터공학 졸업(박사)

1985년 8월~1987년 12월 : Waldner and Co. Systems
Engineer

1987년 12월~1990년 8월 : Bolt Bernek and Newman
Labs. Staff Scientist

1995년 9월~현재 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터
공학부 부교수

<주관심 분야> 액티브 네트워크, 침입 탐지 시스템,
VPN, 네트워크 관리, 통합 보안관리 등