

무선 멀티캐스팅에서 신뢰성을 위한 정보 교환 기법에 관한 연구

임 지 영[†] · 정 태 명^{††}

요 약

무선 멀티캐스팅에서 이동 호스트가 같은 멀티캐스트 그룹 기지국으로 이동할 때 새로운 기지국으로부터 원하는 데이터를 즉시 수신하기 위해서는 기지국들간에 데이터 전달에 대한 정보교환이 필요하다. 그러나 기존의 기법들은 정보 교환시 소요되는 전달 시간과 오버헤드가 많아 비효율적이다. 또한 이동 호스트가 멀티캐스트에 참여하지 않는 기지국으로 이동할 때 전송지연을 피하기 위해서는 현재 기지국이 주변 기지국들에게 데이터를 미리 전달하는 사전 전달 기법을 사용한다. 그러나 기존의 사전 전달 기법에서는 이동 호스트들이 짧은 시간 간격을 두고 연속 이동할 경우 현재 기지국이 같은 주변 기지국들에게 같은 데이터를 재전송 하게되어 중복 데이터가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위한 기법으로 새로운 정보교환 기법인 IES(Information Exchange Scheme)를 제안한다. 제안된 IES에서는 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국들이 국부적인 정보교환을 함으로써 필요한 시간과 오버헤드를 최소화하고 있다. 또한 IES에서는 이동 호스트의 연속적인 이동을 위해 주변 기지국들이 사전 전달받은 데이터를 일정 기간 삭제할 보류함으로써 중복된 데이터 전송을 피할 수 있다. 비용 산출과 시뮬레이션에 의해 기존 기법들과의 성능을 비교함으로써 제안된 기법의 성능을 확인한다.

A Study on Information Exchange Scheme for Reliability in the Wireless Multicasting

Ji Y. Lim[†] · Tai M. Chung^{††}

ABSTRACT

In a wireless multicasting when a mobile host moves to the new base station being in the same multicast group it needs to exchange information about data delivery between base stations to receive data from the new base station at once. However it is inefficient to use the existence schemes because it takes too much time to exchange information and many overheads. The next, a mobile host moving to the base station 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. In this paper we propose called Information Exchange Scheme (IES). In IES in the same multicast group the base stations exchange information locally so it takes the minimum time and overheads to use IES. Also in IES the neighboring base stations delay to delete data for continuous moving of other MHs. We also present how our scheme is efficient by producing cost and simulating.

키워드 : IES, 멀티캐스팅(Multicasting), 기지국(Base station), 핸드오프(Handoff), 신뢰성(Reliability)

1. 서 론

무선망 환경이란 가입자가 이동시에도 지속적인 네트워크 서비스를 받을 수 있도록 지원하는 네트워크 환경이다. 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 셀들간에 이동하게 되면 MH

를 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 발생한다[1,2,3].

같은 데이터를 복사하여 다수의 단말기들에게 동시에 전달하는 전송 기법을 멀티캐스트라 하는데 기존의 멀티캐스트를 무선망에 적용한다면 MH의 이동으로 인한 라우팅 및 신뢰성 뿐 만 아니라 잦은 멀티캐스트 그룹의 가입과 탈퇴를 고려해야 하므로 무선망에서의 문제들을 더욱 가중시킨다[4]. 무선망에서의 MH의 이동성을 지원하는 것은 IETF의 WG를 중심으로 표준화 연구가 진행되고 있고 이러한

[†] 준 회원 : 성균관대학교 대학원 전기전자 및 컴퓨터 공학부

^{††} 종신회원 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부 교수

논문접수 : 2001년 10월 8일, 심사완료 : 2002년 2월 5일

기술의 연동 및 확장에 대한 많은 연구가 진행되고 있다 [5]. 무선망에서의 멀티캐스트 문제는 크게 라우팅 측면과 신뢰성 측면을 고려해 볼 수 있다. 본 논문에서는 이와 같은 무선망 멀티캐스트의 문제점 중에서 신뢰성 측면에 접근하며 특히 다음과 같은 상황을 고려한다.

무선 멀티캐스팅에서 데이터를 수신하고 있는 MH가 현재의 기지국에서 새로운 기지국으로 이동하는 경우이다. 우선 새로운 기지국이 같은 멀티캐스트에 참여하는 경우 MH가 도착하기 전에 새로운 기지국이 데이터를 이미 삭제하여 MH가 원하는 데이터를 즉시 수신할 수 없다면 현재 기지국이나 소스로부터 필요한 데이터를 재수신해야 한다 [1,2]. 이와 같은 데이터 재전송은 전송 지연과 대역폭의 낭비를 초래한다. 다음으로 새로운 기지국이 멀티캐스트에 참여하지 않는 경우이다. 핸드오프시 새로운 기지국이 확정된 후 소스나 현재 기지국이 데이터를 새로운 기지국으로 전달하면 전송 지연을 유발하기 때문에 현재 기지국은 새로운 기지국이 확정되기 전에 인접 기지국들에게 데이터를 미리 전송해두는 사전 전달 기법을 사용한다. 그러나 이와 같은 기존의 사전 전달 기법은 다른 MH들이 짧은 시간 간격을 두고 연속적으로 이동할 경우 현재 기지국이 같은 인접 기지국들에게 중복된 데이터를 사전 전달 할 수도 있다. 이것은 비효율적이며 대역폭의 낭비이다. 이러한 상황은 실시간 전송과 신뢰성 전송을 동시에 요구하는 데이터의 경우 개선 방안이 더욱 필요하다. 무선 멀티캐스팅에서의 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 몇 가지 기법들이 제안되었으나 소요 시간과 기지국 사용 증가와 같은 오버헤드가 많이 발생하고 MH의 이동에 의한 멀티캐스트 그룹 변경이 동작 전체의 효율을 저하시킨다.

따라서 본 논문에서는 위와 같은 상황에서의 문제점을 해결하기 위한 기법으로 IES(Information Exchange Scheme: 정보 교환 기법)를 제안한다. IES에서는 우선 기지국들을 통합 관리하는 상위 호스트로 MSC(Mobile Switching Center)를 둔다. 같은 MSC내의 멀티캐스트 그룹 참여 기지국들은 MSC를 통해 기지국들간에 MH의 데이터 수신 일련번호를 교환한다. 이후 본 논문에서는 'ACK'를 MH에서 기지국으로 보내는 수신 데이터에 대한 일련번호라고 정의한다. 다른 MSC내의 같은 멀티캐스트 그룹 참여 기지국들은 인접한 기지국들간에만 ACK를 교환한다. 이와 같은 방법으로 MH가 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국으로 이동시에 바로 원하는 데이터를 수신할 수 있다. 또한 같은 MSC내의 기지국들간에 제어 정보 전달이 국부적으로 이루어지기 때문에 멀티캐스트 참여 기지국들이 산재되어 있는 경우에도 동작의 효율이 떨어지지 않고 기지국의 메모리 효율도 높아진다. 다음으로 MH가 멀티캐스트 그룹에 참여하지 않는 기지국으로 이동하는 경우 전송 지연을 막기 위한 사전 전달 기법을 사용하는데 기존의 기법과는 달리 인접 기지국들이 새로운 기지국이 결정된 후에

도 수신한 데이터를 바로 삭제하지 않고 보유함으로써 다른 MH들의 연속적인 이동시 중복 데이터 전송을 방지한다. 본 논문에서는 IES의 성능평가를 위해 시뮬레이션 외에 비교 기법들의 동작시 발생하는 오버헤드와 각 기법들에서 필요로 하는 멀티캐스트 그룹 구성시 소요되는 비용을 산출하였다.

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

2. 관련 연구

MH가 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국으로 이동시 새로운 기지국에서 바로 데이터를 수신하도록 하기 위한 방법으로 제안된 기존의 기법들은 기지국들간에 MH들의 ACK를 공유하도록 한다. 즉 멀티캐스트 그룹에 참여하는 모든 기지국들은 전체 MH들의 ACK를 수집하여 최소 ACK를 산출한 후 그 이하의 데이터를 삭제함으로써 MH가 이동 후 바로 데이터를 수신하도록 하고 있다. 처음으로 제안된 *Host View* 기법은 대표 기지국이 선정되어 다른 기지국들로부터 ACK를 전달받는다[1]. 그리고 최소 ACK를 산출하여 다른 기지국들에게 전달한다. 그러나 이 기법은 멀티캐스트 그룹 구성이 자주 변경되는 경우를 고려하지 않은 단점이 있다.

이러한 단점을 개선한 기법으로 *RelM*이 제안되었다. *RelM*은 기지국의 부하를 덜기 위해 기지국들을 통합 관리하는 Supervisor Host(SH)를 두고 소스로부터 MH까지를 트리로 구성했다[2]. SH들의 집합을 Host Group이라 하며 소스 노드는 이동 단말기들의 상황을 Host Group을 통해 간접적으로 관리한다. 소스 노드는 멀티캐스트 그룹의 모든 MH들이 데이터를 수신했다는 것을 SH들을 통해 알게되면 해당 데이터를 삭제하도록 SH들에게 명령한다. 이 기법은 소스 노드가 원거리에 위치하거나 기지국들이 산재해 있는 경우에는 비효율적이다[4, 6].

최근에 제안된 *Logical Ring (LR)* 기법은 멀티캐스트 그룹 기지국들을 링 형태로 구성한 기법이다[4]. 이 기법은 링을 구성하는 기지국들간에 토큰을 전달하여 최소 ACK에 대한 정보 교환을 한다. 데이터를 삭제할 수 있는 시점은 두 번째 순회시 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 않는다. 또한 토큰에 최소값을 기록했던 기지국이 토큰을 다시 받기 전에 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴한다면 이후부터는 토큰에 데이터 삭제 정보를 기록할 수 없어 더 이상의 데이터 삭제가 불가능해진다.

MH가 멀티캐스트 그룹에 참여하지 않는 기지국으로 이동할 때 MH가 새로운 기지국으로부터 데이터 수신 지연을 최소화하는 기법으로 제안된 것이 *Pre-Join* 기법이다[3]. 이 기법에서는 MH가 이동하여 현재 기지국에서 멀어지면 현재 기지국은 새로운 기지국이 결정되기 전에 자신의 이웃 기지국들에게 데이터를 사전 전달한다. 새로운 기지국이 결정된 후에 이웃 기지국들은 현재 기지국으로부터 받았던 데이터를 삭제한다. 그러나 같은 현재 기지국 셀 내의 다른 MH들의 연속적인 이동시 현재 기지국이 같은 이웃 기지국들에게 같은 데이터를 중복 전송할 수 있으므로 대역폭의 낭비가 발생한다.

3. IES

3.1 멀티캐스트 환경

IES에서는 기지국의 상위 호스트로 MSC(Mobile Switching Center)를 두어 멀티캐스트 그룹 구성을 3 단계로 한다. 즉 MH, 기지국, 그리고 MSC가 구성노드이다. 본 논문에서는 하나의 소스가 다수의 수신자들에게 멀티캐스트하는 경우를 가정한다. MH의 이동성을 지원하는 멀티캐스팅 기법은 표준 IETF의 원격가입 기법에 기준한다고 가정한다. 표준 IETF에서는 MH의 이동성을 지원하고 MH에게 데이터를 전달하는 역할을 하는 것이 외부 에이전트(FA : Foreign Agent)인데 본 논문에서는 기지국이 그 역할을 담당한다. 기지국과 MH간의 신뢰성 제공을 위해 트리 기반 ACK 방식에 기반하여 같은 기지국의 MH들은 수신 데이터에 대한 ACK를 기지국에게 전달한다[7]. MH와 기지국간에는 비콘(beacon)신호가 존재하며 MH가 해당 현재의 기지국 셀에서 멀어지고 있는 경우 신호의 세기가 약해진다[8].

3.2 개요

신뢰성과 효율성을 동시에 만족시키기 위해 IES에서는 멀티캐스트 그룹에 참여하고 있는 기지국들간에 ACK 교환 방법을 국부적으로 하도록 한다. 이를 위해 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 ACK를 교환하여 최소 ACK이하의 데이터를 삭제한다. 이와 같은 방법으로 MH가 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국들간에 이동시에는 즉시 데이터를 수신할 수 있으면서 가입과 탈퇴에 의한 멀티캐스트 그룹의 잦은 변동의 영향을 최소화 한다. 다음으로 IES는 MH의 이동시 대역폭을 낭비하지 않는 데이터 사전 전달을 하도록 한다. 즉 IES에서는 [3]에서와 같이 MH가 이동시 멀티캐스트 그룹에 참여하지 않는 기지국으로 이동할 것을 예상하여 BS가 전송 지연을 막기 위해 인접 기지국들에게 데이터를 사

전 전달하도록 하는데 [3]과는 달리 새로운 기지국 BS'가 결정된 이후에도 인접 기지국들은 수신 받은 데이터를 바로 삭제하지 않고 일정기간 보유하도록 함으로써 연속된 MH의 이동으로 인한 중복 데이터 전송을 방지한다. (그림 1)은 IES의 전체 흐름도이다. 본 논문에서 필요한 가정은 다음과 같다. 이후 본 논문에서는 현재의 기지국을 BS, 새로운 기지국을 BS'라 한다.

(그림 1) IES의 전체 흐름도

- i) 유선 네트워크에서 데이터는 신뢰성 있게 전송된다.
- ii) MH, 기지국 그리고 MSC간의 제어 메시지는 신뢰성 있게 전송된다.
- iii) 하나의 MH는 하나의 멀티캐스트 그룹에만 참여한다.

3.3 동작 알고리즘

3.3.1 제어 메시지 형식 및 자료 구조

1) 제어 메시지 형식

- i) $ACK(t, i, j, k, l)$: 상위 노드로부터 상위노드에게 전달되는 수신 데이터에 대한 일련번호이다. 괄호 안의 i, j, k 는 각각 멀티캐스트 그룹 ID, 송신자 주소, 수신자 주소이며 l 은 수신 데이터의 일련번호를 나타낸다. t 는 메시지의 종류를 나타낸다.
- ii) $Del(t, i, j, k)$: MSC로부터 자신의 제어 하에 있는 기지국들에게 멀티캐스트 되는 제어 메시지이다. MSC가 데이터 삭제 명령을 멀티캐스트 할 때 사용된다. 괄호 안의 i, j, t 는 i)의 경우와 같고 k 는 기지국에서 삭제해야 할 데이터의 일련번호이다.
- iii) $Q_Join(t, i, j, k)$: 인접 기지국들이면서 다른 MSC의 제어를 받는 기지국들간에 교환되거나 MH가 이동시

현재 기지국과 주변 기지국들간에 교환되는 제어 메시지로 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하는지를 묻고 답한다. 괄호 안의 t, i, j, k 는 i 의 경우와 같다. $Q_Join(t, i, j, k)$ 이 질문 메시지인 경우에는 t 에 '0'을 답 메시지이면 '1'을 기록하여 보낸다. 어떤 멀티캐스트 그룹에도 참여하지 않는 기지국이라면 i 에 '0'을 기록하여 전달한다.

iv) $Q_Del(t, i, j, k, l)$: 다른 MSC 소속의 같은 멀티캐스트 그룹 참여 기지국들간에 교환되는 메시지이며 송신 기지국의 del 을 l 에 기록하여 교환한다. 괄호 안의 t, i, j, k 는 i 의 경우와 같다. $Q_Del(t, i, j, k)$ 이 질문 메시지인 경우에는 t 에 '0'을 답 메시지이면 '1'을 기록하여 보낸다.

v) $Leave(t, i, j, k)$: MH의 이동으로 인해 새롭게 멀티캐스트 그룹에 가입한 새로운 기지국과 현재 기지국간에 교환되는 메시지이다. 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴 시에 상호 전달한다. 괄호 안의 t, i, j, k 는 i 의 경우와 같다.

2) 자료구조

(그림 2)는 MSC가 자신이 관리하는 기지국들로부터 ACK를 수집하여 최소 ACK를 산출하는데 필요한 자료구조이다. $bs[i]$ 에는 i 개의 기지국 주소가 저장되며 $ack[i]$ 에는 i 개의 기지국들로부터 받은 각 ACK를 저장하는 배열이다. 산출된 최소 ACK는 ack_min 에 저장된다. 기지국은 (그림 3)과 같은 3개의 자료구조를 갖는다. (그림 3)의 첫 번째 구조체는 기지국이 자신의 셀 영역에 있는 MH로부터 받은 ACK중에서 최소 값을 산출하기 위한 자료구조이다. $mh[i]$ 에는 i 개 MH들의 주소가 저장되며 $ack[i]$ 에는 i 개의 MH로부터 받은 ACK가 저장된다. ack_min 에는 이들 중 최소 ACK가 저장된다. del 은 MSC로부터 받은 삭제될 데이터 일련번호 저장하는 변수이다. (그림 3)의 두 번째 구조체는 인접한 기지국 이면서 다른 MSC에 소속하는 기지국들간에 ACK 교환을 위한 자료구조이다. $bs[i]$ 에는 인접 기지국들의 주소가 저장되고 $ack[i]$ 에는 해당 기지국들의 최소 ACK가 저장된다. (그림 3)의 세 번째 구조체는 현재 기지국이 참여하고 있는 멀티캐스트 그룹별로 주변 기지국들에 대한 멀티캐스트 그룹 멤버십 정보를 저장하기 위한 자료구조이다. 이 자료구조는 데이터 사전 전달 시 사용되기도 하고 주변 기지국들에게 멀티캐스트 그룹 가입 여부를 반복하여 묻지 않도록 해준다. $group_id$ 에는 멀티캐스트 그룹 ID가 저장되고 $cand[i]$ 에는 주변 기지국이지만 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않거나 탈퇴한 기지국의 주소가 저장된다. $dat[i]$ 에는 주변 기지국으로 사전 전달된 마지막 데이터의 일련번호가 저장된다. $join[i]$ 에는 주변 기지국이면서 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하고 있는 기지국의 주소가 저장된다. 이상의 모든 자료구조에서 $bs[]$, $mh[]$, $group_id$ 를 제외한 각 배열 및 변수들의 초기 값은 0이다.

```

struct MSC { /* MSC에서 최소
Int i;          ACK 산출 */
Int bs [i];
Int ack [i];
Int ack_min;
};
    
```

(그림 2) MSC에서 사용되는 자료구조

```

struct BS { /* 기지국에서 최소
Int i;          ACK 산출 */
Int mh [i];
Int ack [i];
Int ack_min;
Int del; };

struct near { /* 다른 MSC 소속
Int i;          인접 기지국간의
Int bs [i];     ACK 교환 */
Int ack [i] };

struct group { /* 멀티캐스트 그룹
Int i;          멤버십 정보 저장 */
Int group_id;
Int cand [i];
Int dat [i];
Int join [i];
} group [ ];
    
```

(그림 3) 기지국에서 사용되는 자료구조

3.3.2 데이터 수신 정보 교환

1) 멀티캐스트 기지국이 같은 MSC에 있는 경우

(그림 4)는 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국들이 같은 MSC내에 있는 경우 기지국들간에 데이터 수신 정보교환을 위한 흐름도 이다. 우선 기지국이 자신의 셀 영역내의 MH들에게 데이터를 보내면 MH들은 $ACK(i, j, k, l)$ 를 기지국에게 피드백 한다. 기지국은 각 MH별로 일정 시간 t 동안 $ACK(i, j, k, l)$ 를 기다리며 k 를 $mh[x]$ 와 비교하여 l 을 $x=y$ 인 $ack[y]$ 에 저장한다. $ack[]$ 중에서 최소 값을 구하여 ack_min 에 저장한다. ack_min 에 저장된 값은 제어 메시지 $ACK(t, i, j, k, l)$ 의 l 에 저장되어 MSC에게 전달된다. MSC는 일정 시간 t 동안 기지국들로부터 $ACK(t, i, j, k, l)$ 를 기다리며

(그림 4) 멀티캐스트 참여 기지국이 같은 MSC에 있는 경우

l 을 $bs[x]$ 와 비교하여 $x=y$ 인 $ack[y]$ 에 저장한다. $ack[]$ 중에서 최소 값을 산출하고 이것을 $Del(t, i, j, k)$ 의 k 에 저장하여 각 기지국들에게 전달한다. $Del(t, i, j, k)$ 을 수신한 각 기지국들은 k 를 del 에 기록하고 del 이하의 데이터를 버퍼에서 삭제한다.

2) 멀티캐스트 기지국이 다른 MSC에 있는 경우

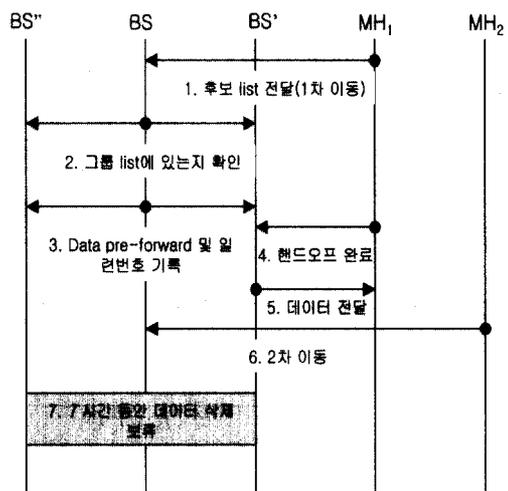
(그림 5)는 인접한 기지국들이 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하면서 다른 MSC내에 있는 경우 기지국들간에 데이터 수신 정보교환을 위한 흐름도 이다. 이를 위해 우선 멀티캐스트 그룹에 가입된 기지국은 자신의 인접 기지국이면서 다른 MSC의 소속인 기지국들에게 $Q_Join(t, i, j, k)$ 를 보내어 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하는지 묻는다. 이것을 수신한 기지국은 k 에 자신이 참여하는 멀티캐스트 그룹 ID를 기록하여 $Q_Join(t, i, j, k)$ 를 송신 기지국으로 피드백 한다. $Q_Join(t, i, j, k)$ 를 받은 송신 기지국은 $Q_Del(t, i, j, k, l)$ 의 l 에 del 값을 기록하여 $Q_Join(t, i, j, k)$ 를 피드백 한 기지국에게 전달한다. $Q_Del(t, i, j, k, l)$ 를 수신한 기지국은 l 에 del 값을 기록하여 피드백 한다. 이와 같이 $Q_Del(t, i, j, k, l)$ 를 교환한 각 기지국들은 메시지의 j 를 $near.bs[]$ 에, l 을 $near.ack[]$ 에 기록하고 자신의 del 과 $near.ack[]$ 를 비교하여 새로운 del 을 산출한다. del 이하의 데이터를 삭제한다. $Q_Del(t, i, j, k, l)$ 의 교환 시기는 해당 기지국이 MSC로부터 $Del(t, i, j, k)$ 를 수신하여 자신의 del 값을 갱신했을 때이다. 이와 같은 다른 MSC에서 같은 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국들은 해당 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴 할 때 $Leave(i, j, k)$ 를 $near.bs[]$ 의 주소를 갖는 기지국들에게 전달한다. 이 메시지를 수신한 기지국은 $near.bs[]$ 에서 해당 기지국의 주소를 삭제한다.

(그림 5) 멀티캐스트 그룹 기지국이 다른 MSC에 있는 경우

3.3.3 데이터 사전 전달 기법

(그림 6)은 MH가 멀티캐스트 그룹에 참여하지 않는 기지국으로 이동시 데이터 전송 지연을 막기 위한 데이터 사전 전달 기법의 흐름도 이다. MH가 이동하여 현재의 기지국에서 멀어지면 현재 기지국과 MH간의 비콘 신호의 세기가 약해지고 주변의 다른 기지국들과의 비콘 신호 세기가 커진다. 핸드오프 과정에 의해 현재의 기지국은 MH로부터 주변 기지국들의 리스트를 받는다. 현재의 기지국은 리스트

의 기지국들 중에서 $group[]join[]$ 에 없는 기지국들에게 $Q_Join(t, i, j, k)$ 를 보낸다. $Q_Join(t, i, j, k)$ 를 받은 주변 기지국들은 멀티캐스트 그룹 참여 여부에 따라 결과를 기록하여 $Q_Join(t, i, j, k)$ 를 피드백 한다. 현재의 기지국은 피드백 된 메시지의 i 를 확인하여 $group_id \neq i$ 인 주변 기지국들의 주소를 $group[]cand[]$ 에 저장하고 $group_id=i$ 인 주변 기지국들의 주소를 $group[]join[]$ 에 저장한다. $group[]cand[]$ 의 주소를 가진 기지국들에게 버퍼의 데이터를 새로운 기지국이 결정될 때까지 사전 전달한다. 사전 전달된 데이터의 마지막 일련번호는 $group[]dat[]$ 에 저장된다. $roup[]dat[]$ 에 저장된 데이터 번호는 새로운 기지국이 결정된 후 일정시간 T 동안 유지된다. 주변 기지국들은 핸드오프에 의해 새로운 기지국이 결정된 후에도 사전 전달받은 데이터를 바로 삭제하지 않고 일정 시간 T 동안 보유한다. 현재의 기지국은 자신의 셀 영역내의 다른 MH들의 연속적인 이동이 발생하면 MH들의 멀티캐스트 그룹 ID와 1차 사전 전달하던 데이터의 멀티캐스트 그룹 ID와 비교한다. 같은 경우라면 2차 사전 전달 시 $group[]dat[]$ 이후의 데이터를 전송한다. MH의 이동으로 인해 멀티캐스트 그룹에 새로 가입한 기지국은 이후 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴 시 현재의 기지국에게 $Leave(i, j, k)$ 를 보낸다. 이 메시지를 받은 현재의 기지국은 $group[]join[]$ 에서 해당 기지국의 주소를 삭제하고 $group[]cand[]$ 에 추가한다. 이와 같이 MH가 멀티캐스트 그룹에 참여하지 않는 기지국으로 이동 시 최소의 전송 지연만으로 MH는 데이터를 수신하면서 현재 기지국은 데이터의 중복 전송을 피할 수 있다.



(그림 6) 데이터 사전 전달 기법

4. 성능 평가

4.1 Cost 산출

본 절에서는 멀티캐스트 그룹 참여 기지국들간의 정보 전달을 위한 기존의 기법들과 IES를 실행하는데 각각 소요

되는 비용을 산출하여 오버헤드를 비교한다. 비교되는 기존의 기법들은 RelM과 LR(Logical Ring)이며 RelM에서의 Supervisor Host는 IES에서의 MSC와 같은 개념이고 LR에서도 기지국을 관리하는 MSC가 존재한다고 가정한다. 비용 산출의 기준은 각 기법에서 필요한 제어 정보 교환시 사용되는 대역폭이다. 비용 산출을 위해 다음과 같은 파라미터가 사용된다.

- C : 제어 메시지 크기
- M : MSC의 수
- B : MSC당 기지국 수
- B_B : 다른 MSC내에 인접 기지국이면서 그룹 참여 기지국들의 수($B_B < B$)
- P_B : 그룹 기지국간의 평균 홉 수
- P_M : 그룹 MSC간의 평균 홉 수
- P_S : 소스에서 MSC까지의 기지국간의 평균 홉 수
- N : 기지국의 가입 및 탈퇴 횟수

MH의 이동에 의한 멀티캐스트 그룹 관리 및 기지국간의 제어 정보 전달시 추가로 비용이 발생하는 과정은 다음과 같다.

1) 기지국들간의 정보 전달을 위한 구성비용

- RelM 및 IES: 기지국간의 최소 ACK전달 방식이 트리 기반이므로 별도의 구성비용이 필요 없다.
- LR: 기지국간의 링 구성을 위해 다음과 같은 제어 메시지 전달이 필요하다.
 - i) 소스가 각 MSC에게 predecessor와 successor MSC들의 주소를 전달한다. : $C * M$
 - ii) MSC들간에 기지국 ID에 대한 메시지 교환: $C * M * 2$
 - iii) MSC가 각 기지국에게 predecessor와 successor 기지국들의 ID를 전달한다. : $C * B * M$

이상의 비용을 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 기지국들간의 정보 전달을 위한 구성비용

RelM	0
IES	0
LR	$(3+B) * C * M$

2) 핸드오프시의 멀티캐스트 그룹 관리

기지국간의 이동시 핸드오프 절차에서 각 기법들을 적용시 추가로 비용이 발생하는 경우는 다음과 같다.

2.1) 멀티캐스트 그룹이 아닌 경우

- RelM, IES: 별도의 발생 비용은 없다.
- LR: 다음과 같이 링에 가입하는 비용이 별도로 필요

- i) MSC로부터 각 기지국에게 predecessor와 successor 기지국들의 ID를 전달한다. : $C * N * 3$ (숫자 3은 새로 가입한 기지국 및 그 기지국의 predecessor와 successor 기지국들이다.)

2.2) 그룹에서 탈퇴 시

- RelM, IES의 경우: 별도의 발생 비용은 없다.
- LR의 경우: 다음과 같이 링에서 탈퇴하는 비용이 별도로 필요하다.
 - i) 탈퇴하려는 기지국은 MSC에게 탈퇴요청 메시지를 전달한다. : $C * N$
 - ii) predecessor와 successor 기지국들에게 탈퇴를 알린다. : $C * N * 2$ (숫자 2는 탈퇴하려는 기지국의 predecessor와 successor 기지국들이다.)

이상의 비용을 정리하면 <표 2>와 같다.

<표 2> 핸드오프시의 멀티캐스트 그룹 관리 비용

RelM	0
IES	0
LR	$C * N * 6$

3) 데이터 삭제 지시 전달

- RelM: 데이터 삭제를 소스가 지시하므로 소스의 위치에 따라 비용이 달라진다.
 - i) 소스에서 MSC까지의 메시지 전달: $C * P_S * M$
 - ii) MSC에서 기지국까지의 메시지 전달(1 홉이라고 가정): $C * B * M$
- LR: 데이터 삭제 지시는 토큰에 의해 최소 Ack와 함께 전체 기지국들에게 전달되므로 기지국들이 산재되어 있으면 비용이 커진다.
 - i) 그룹의 전 기지국들간에 토큰 전달: $C * B * P_B$
- IES: 데이터 삭제 지시는 MSC별로 국부적으로 기지국에게 전달되므로 멀티캐스트 참여 기지국이 산재되어 있는 경우에도 효율적이다.
 - i) MSC에서 기지국까지의 메시지 전달: $C * B * M$

이상의 비용을 정리하면 <표 3>과 같다.

<표 3> 데이터 삭제 지시 전달 비용

RelM	$C * M * (B + P_S)$
IES	$C * B * M$
LR	$C * B * P_B$

4) 기지국들간의 최소 ACK 전달 메시지

- RelM: 기지국에서 소스까지의 다중 전달이 필요하다.
 - i) 기지국에서 MSC까지의 메시지 전달: $C * B * M$
 - ii) MSC에서 소스까지의 메시지 전달: $C * P_S * M$

- LR : 별도의 메시지를 사용하는 것이 아니고 삭제 전달 메시지와 같은 토큰을 사용하므로 별도의 추가비용이 들지 않는다.
- IES : 다음과 같은 두 가지의 메시지 전달 과정이 필요하다.
 - i) 기지국에서 MSC까지의 메시지 전달 : $C * B * M$
 - ii) 다른 MSC내에 인접 기지국들간에 그룹 참여 확인 메시지 전달 : $C * B_B$
 - iii) 최소 Ack 교환 : $C * B_B$

이상의 비용을 정리하면 <표 4>와 같다.

<표 4> 기지국들간의 최소 ACK 전달 비용

RelM	$C * M (B + P_s)$
IES	$2 * C * B_B$
LR	0

위의 발생 비용을 종합해보면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다. 우선 MH의 이동에 의한 멀티캐스트 그룹 관리에 대해 RelM과 IES는 트리 기반 멀티캐스트 구성을 하기 때문에 가입과 탈퇴시의 별도 비용이 소요되지 않는 반면 LR은 기지국간에 링 구성을 해야하므로 별도 비용이 발생하여 오버헤드가 커진다. 기지국들간의 최소 ACK 전달 데이터 삭제 지시 전달에 대해 RelM은 기지국에서 소스까지의 제어 메시지 전달이 필요하므로 다른 기법들에 비해 오버헤드가 더 커지며 LR은 삭제 지시와 최소 ACK 전달을 같은 토큰으로 동시에 전달하기 때문에 오버헤드 발생은 기지국의 분포형태에 달려있다. 기지국들이 밀집되어 있다면 오버헤드는 적을 것이고 산재되어 있다면 오버헤드는 커진다. 또한 MH의 이동이 잦으면 가입 및 탈퇴에 따른 링 구성의 변경 때문에 발생하는 오버헤드가 크다. IES는 다른 MSC의 인접 기지국들간에 교환되는 메시지로 인해 약간의 오버헤드가 있으나 모든 정보 전달이 각 MSC별로 국부적으로 이루어지므로 기법의 성능이 기지국의 분포나 소스의 위치의 영향을 받지 않는다. <표 5>는 각 기법들의 총 비용 산출 결과이다.

<표 5> 기법들의 총 비용 산출

RelM	$C * M (B + P_s) * 2$
IES	$C * B * M + 2 * C * B_B$
LR	$C * M (B + 3) + C * B * P_B + C * N * 6$

4.2 시뮬레이션

4.2.1 시뮬레이션 환경

제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 Visual C++ v6.0 환경에서 C 언어를 사용하여 시뮬레이터를 작성하였다. 멀티캐스트 데이터는 소스에서 발생되어 MH에게 전달

되는데 된다. 시뮬레이션을 위한 환경 모델은 (그림 7)과 같다. 본 절에서는 우선 ACK 전달 기법에 대해 IES와 LR (Logical Ring)을 사용시 멀티캐스트 그룹에 참여하는 전체 기지국들의 메모리 사용량을 비교한다. 임의의 기지국에서 최대 수신 데이터를 가진 MH의 데이터를 소속 기지국의 최대 버퍼 사용량으로 하고 여기에서 최소 수신 데이터를 가진 MH의 데이터 이하를 뺀 값을 실제 기지국 버퍼 사용량으로 하였다. 이를 위해 기지국에서 MH로의 전송을 포아송 분포로 하고 $\lambda = 10.0$ 으로 하였다. MH가 기지국으로 ACK를 전달하는 시점을 지정하여 일정시간마다 수신되는 데이터 수를 ACK 값으로 하여 기지국에게 전달한다. 다음으로 사전 전달 기법에 대해 IES와 달리 데이터 삭제를 분류하지 않는 'Pre-join 기법'을 사용했을 때 사전 데이터 전달 시 중복 전송되는 데이터 량을 측정 해 본다. 또한 IES에서 데이터 삭제 분류 시 분류기간을 결정하는 요인들에 대한 실험을 해본다. 본 논문에서는 핸드오프 진행시간을 MH가 다른 기지국으로 이동시 현재의 기지국 BS에게 인접 기지국들의 리스트를 보내는 순간부터 (그림 7)과 같이 새로운 기지국 BS_a가 결정되기 전까지의 시간으로 정의한다. 이때 2차 핸드오프를 하는 MH_b는 핸드오프 요청하기 전까지 현재의 기지국 BS로부터 일정량의 데이터를 수신하는데 이와 같이 수신된 데이터 량을 이전에 사전 전달 데이터 량에서 제외한 나머지 데이터 량이 중복 데이터 량이 된다.

(그림 7) 시뮬레이션 환경 모델

시뮬레이션에서 다음과 같은 파라미터들이 설정되었다.

- 데이터 단위 : 프레임, 1 프레임은 100Kbytes
- 유선망에서 1홉 노드간의 전송 속도 : 100Mbps
- 기지국과 MH간 전송 속도 : 10Mbps
- 전체 실험 시간 : 100초

- 핸드오프 진행 시간 : 0.25초
- 연속적인 핸드오프 MH 수 : 1~4
- MSC 수 : 2
- MSC당 기지국 수 : 3~8
- 기지국 당 MH 수 : 1, 3, 5
- MH가 셀 에서 머무는 시간 : 5, 10, 20 초

다음의 변수들은 시뮬레이션 결과를 산출하는 식에 사용되었다.

- S : MSC 의 수
- B : MSC당 기지국의 수
- B_M : MSC당 다른 MSC의 동일 그룹 기지국과 인접한 기지국 수
- M_{ack} : MH가 기지국에게 보내는 ACK
- D_t : 셀에서의 지연 시간
- H_{mem} : 핸드오프시 기지국에 저장되는 데이터
- T : 실험 측정 시간
- t : 핸드오프 진행 시간
- F_{sec} : 초당 기지국에서 MH로의 데이터 량
- F_H : 핸드오프 진행동안 사전 전달되는 최대 데이터 량
- I_H : 연속해서 발생하는 MH 이동시간 간격
- B_{EX} : 기지국 당 인접 기지국들의 수

다음의 식들은 시뮬레이션 결과를 산출하는 식이다.

- 기지국의 버퍼 사용량 :

$$IES = \sum_{i=0}^T \left\{ \sum_{j=1}^S \sum_{k=1}^B \max(M_{ack}) - S \times B \times \min(M_{ack}) \right\} \quad (1)$$

$$LR = \sum_{i=0}^T \left\{ \sum_{j=1}^S \sum_{k=1}^B \max(M_{ack}) - \min(M_{ack}) \right\} \quad (2)$$

- 핸드오프 시 기지국 당 버퍼 사용량 :

$$\max(M_{ack}) + (T / D_t) \times H_{mem} \quad (3)$$

- 사전 전달 시 중복 전송되는 데이터 량

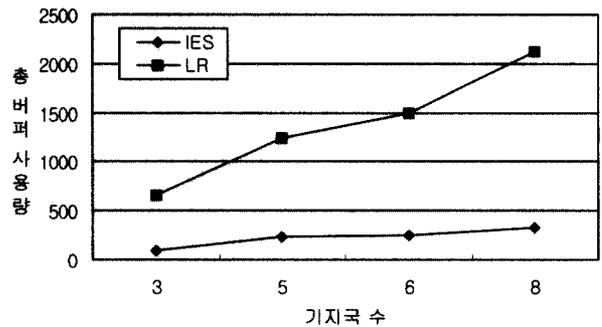
$$\sum_{i=1}^B \sum_{j=1}^{B_{EX}} (F_H - (F_{sec} \times I_H)) \quad (4)$$

위의 식에서 “max(M_{ack})”는 멀티캐스트 그룹에 참여하는 각 기지국들의 버퍼 사용량이고 “min(M_{ack})”는 기지국 전체의 최소 ACK 즉 삭제해야할 데이터이다.

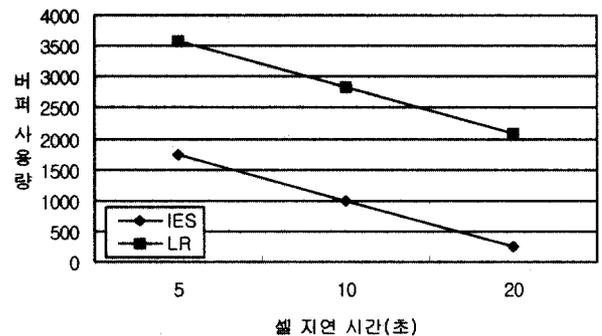
4.2.2 시뮬레이션 결과

(그림 8)은 MSC당 기지국 수 증가에 대한 기지국 전체의 버퍼 사용량을 보여주고 있다. 두 기법 모두 기지국 수가 증가함에 따라 버퍼 사용량도 함께 증가한다. IES에서는 MSC에서 삭제 지시를 받고 거의 동시에 모든 기지국들

이 불필요한 데이터를 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. (그림 9)는 MH가 한 기지국의 셀에 도착하여 이동할 때까지 셀에 머무르는 시간(지연 시간)에 대한 기지국들의 총 버퍼 사용량을 비교하고 있다. 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 된다[2]. (그림 9)의 결과로 IES 사용이 더 적은 버퍼를 사용한다는 것을 알 수 있다. (그림 10)은 MH가 멀티캐스트 그룹에 참여하지 않는 기지국으로 이동할 때 전송지연을 방지하기 위해 주변 기지국으로 데이터 사전 전달로 인해 발생하는 실험결과이다. (그림 10)에서 범례는 MH들간의 이동시간 간격이다. 이것은 Pre-join 사용한 것으로 데이터를 주변 기지국으로 사전 전달 시 중복 전송되는 데이터 량을 보여 주고 있다. IES에서는 이론상 데이터 사전 전달 시 중복되는 데이터가 없으므로 그래프에 표시되지 않았다. IES에서는 인접한 주변 기지국들이 새로운 기지국이 결정된 후에도 사전 전달받은 데이터를 바로 삭제하지 않고 보류함으로써 연속적인 MH의 이동에 따른 중복 전송 데이터가 발생하지 않는다. Pre-join에서는 기지국수가 많을수록 그리

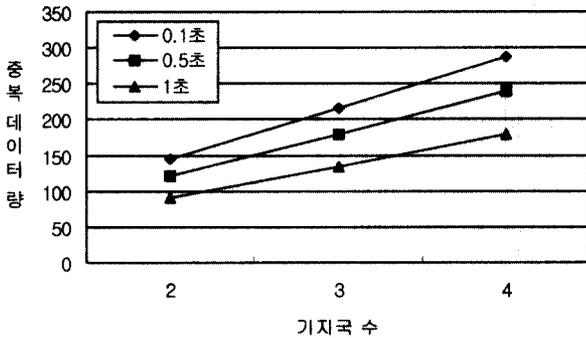


(그림 8) 기지국 수에 대한 버퍼 사용량

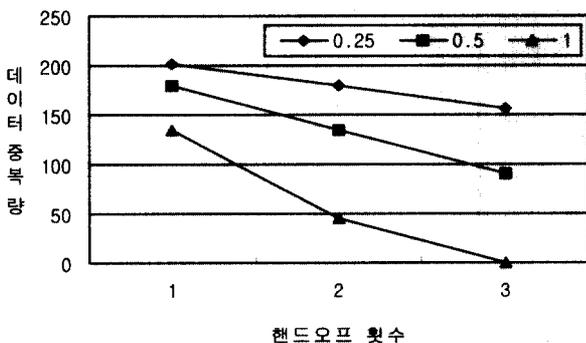


(그림 9) 셀 지연 시간에 대한 버퍼 사용

고 MH들간의 이동시간 간격이 짧을수록 중복되는 데이터도 많아진다. (그림 11)은 MH들이 연속적으로 핸드오프 할 경우 핸드오프 횟수에 대한 데이터 중복량을 측정하는 것이다. (그림 11)로부터 연속적인 핸드오프 동작에서 횟수가 많아질수록 처음의 데이터 중복량보다 점차 작아짐을 알 수 있다. 즉 MH가 처음 이동시 주변 기지국으로 사전 전달된 데이터의 유효성은 핸드오프를 늦게 하는 MH에게는 효력이 점차 낮아진다. 핸드오프를 늦게 하는 만큼 현재 기지국에서 전송 받은 데이터가 많기 때문이다. (그림 11)의 범례는 핸드오프 간격 시간을 나타낸다. 핸드오프 간격이 1초인 경우 세 번째 이후 핸드오프를 하는 MH는 처음 사전 전달량이 유효하지 않다. IES의 효율은 사전 전달량에 비해하고 기지국에서 MH로의 전송량에 반비례하므로 다음과 같은 식 (1)로 나타낸 IES의 효율식에서 중복 전송을 피하기 사전 전달된 데이터의 삭제 보류기간을 추정해 볼 수 있다.



(그림 10) 사전 전달시 중복되는 데이터

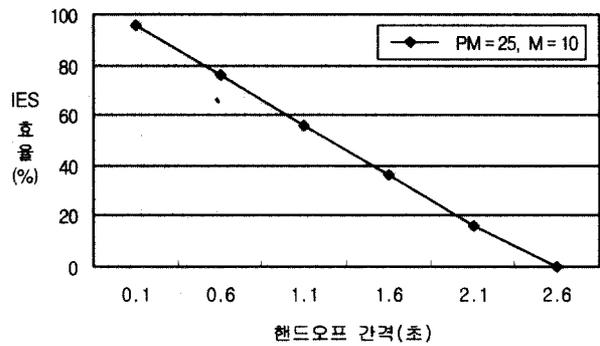


(그림 11) 핸드오프 횟수에 대한 핸드오프 간격별 중복 데이터

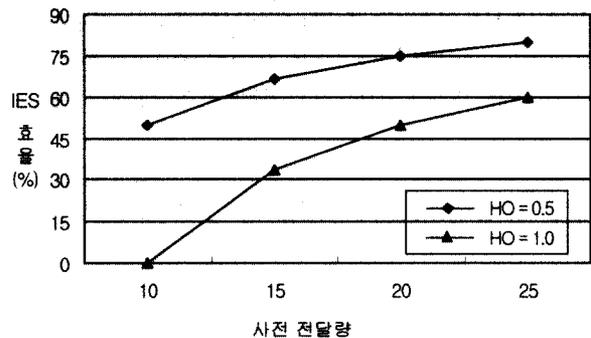
$$Eff = \left(\frac{PM - ho \times M}{PM} \right) \times 100 \quad (1)$$

위의 식 (1)에서 Eff 는 IES의 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 (그림 12)로 나타낼 수 있다. (그림 12)에서 각각 $PM = 25$, $M = 10$ 으로 설정하였다. 효율이 0%일 때가 사전 전달

된 데이터를 삭제해야 하는 순간이므로 (그림 12)와 같은 경우에는 데이터 삭제 보류기간이 2.6(sec)이어야 할 것이다. 이와 같은 보류기간은 PM 과 M 값에 따라 다르게 설정되어야 한다. (그림 13)은 핸드오프 간격을 두 가지로 달리 하였을 때 사전 전달량의 증가에 대한 IES효율의 상승 상태를 보여준다. 사전 전달량에 비례하여 IES의 효율도 증가하지만 핸드오프 간격에 따라 상태가 달라짐을 알 수 있다. 핸드오프 간격이 짧을 경우 완만한 상승을 보이고 핸드오프 간격이 긴 경우 초반에 급상승을 보이다 점차 완만해진다.



(그림 12) 보류 기간 설정을 위한 IES 효율 측정



(그림 13) 핸드오프 간격별 사전 전달량에 대한 IES 효율

5. 결 론

본 논문에서는 무선 멀티캐스팅시 MH가 새로운 기지국으로 이동할 때 새로운 기지국이 같은 멀티캐스트 참여 기지국인 경우와 아닌 경우에 발생하는 문제점을 논의하고 해결안으로 신뢰성 있고 효율적인 전송을 하는 기법으로 IES를 제안하였다. IES에서는 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국으로 이동할 때는 원하는 데이터를 즉시 수신할 수 있도록 같은 MSC의 기지국들은 MSC를 통해서, 다른 MSC에 있는 기지국들은 인접한 기지국들 간에만 최소 ACK를 교환하여 최소 ACK이상의 데이터를 유지하도록 하였다. 이와 같은 방법은 기지국들간의 제어 정보를 국부적으로 교환함으로써 기존의 기법들과는 달리 동작의 효율이 떨어지지 않고 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. 시뮬레이션을 통해 제안된 기법에서 기지국 메모리와 대역폭 사용량이 적음을 확인하였고 비용 산출을 통해 동작 오버헤드가 적음을 확인하였다. 특히 IES는 멀티캐스트 그룹에 참여하는 기지국들이 밀집되어 있거나 산재되어 있더라도 상관없이 좋은 효율을 보일 것으로 예상된다. 현재 인터넷 서비스 보급이 확장됨에 따라 무선 멀티캐스트 역시 인터넷 멀티캐스트 기술을 중심으로 높은 부가가치를 지니는 다양한 응용 서비스 보급을 더욱 촉진시킬 것으로 전망되므로 IES는 향후 더욱 좋은 효과를 나타낼 것으로 기대된다[7]. IES는 MH의 사용자들이 대중 교통 수단으로 신속히 이동하는 상황이나 실시간 데이터 전송에 적합할 것으로 예측되므로 앞으로 이러한 환경에서의 시뮬레이션이 요구된다. 이 밖에도 IES의 객관적인 평가를 위해 다양한 환경에서의 실험이 필요하며 기존의 신뢰성 있는 멀티캐스트 기법과의 연동 방법에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 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, pp. 199-209, 1996.

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

[3] 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.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 고석주, 강신각, "멀티캐스트 신뢰전송 기술 및 표준화 동향", "http://pec.etri.re.kr/~sjkoh/pub/2000-focus.htm.

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

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

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

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

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

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

임 지 영

e-mail : jylin@rtlab.skku.ac.kr
 1990년 성균관대학교 정보공학과(학사)
 1997년 서강대학교 정보처리학과(석사)
 2000년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부 대학원 박사과정 수료
 관심분야 : 무선 ATM, 이동 IP, 무선 멀티 캐스팅

정 태 명

e-mail : tmchung@ece.skku.ac.kr
 1981년 연세대학교 전기공학과 졸업(학사)
 1984년 University of Illinois Chicago IL, U.S.A. 전자계산학과 졸업(학사)
 1987년 University of Illinois Chicago IL, U.S.A. 컴퓨터공학과 졸업(석사)
 1995년 Purdue University W. Lafayette, IN, U.S.A. 컴퓨터공학 졸업(박사)
 1985년~1987년 Waldner and Co. Systems Engineer
 1987년~1990년 Bolt Bernek and Newman Labs. Staff Scientist
 1995년~현재 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 부교수
 관심분야 : 액티브 네트워크, 침입 탐지 시스템, VPN, 네트워크 관리, 통합 보안관리, 무선망 등