

이동인터넷에서의 차등화 서비스를 지원하는 핸드오프-기반 버퍼링 기법

A Handoff-based Buffering Scheme Supporting Differentiated Services in the Mobile Internet

박병섭

우석대학교 컴퓨터교육과 전임강사

Byoung-Seob Park

Professor, Dept. of Computer Education, Woosuk University

중심어 : 핸드오프, 차등화서비스, Mobile-IP, 버퍼링

요약

이동망에서 VoIP(Voice over IP)와 같은 실시간 응용을 지원할 때 고려되어야 할 중요한 이슈는 원활한 핸드오프를 제공할 수 있는 능력이다. 원활한 핸드오프를 위한 중요한 요구사항은 네트워크 링크사이에서 이동호스트가 새로운 망으로 이동시 패킷 손실을 최소화 하는 것이다. 본 논문에서는 MH(Mobile Host)가 새로운 서브넷에서 완전한 등록절차를 끝내는 동안 MH를 대신하여 현재 서브넷상의 라우터가 패킷을 버퍼링하도록 새로운 가변적 버퍼관리기법과 이에 대한 분석을 다룬다. 성능결과는 제안된 핸드오프기반 가변적 버퍼링 기법이 패킷 손실률 측면에서 이동 인터넷 환경에 적당함을 보여주었다.

Abstract

Real-time applications like VoIP in mobile networks need smooth handovers in order to minimize or eliminate packet loss as a mobile host(MH) transitions between network links. In this paper, we design a new variable buffering mechanism for IPv6 by which an MH can request that the router on its current subnet buffers packets on its behalf while the MH completes registration procedures with the router of a new subnet. Performance results show that our proposed queueing scheme with a variable space allocation is quite appropriate for mobile internet environment in terms of the packet loss rate.

1. 서론

가까운 시일내에 서비스를 목표로 하고 있는 3G(3rd Generation) IMT-2000은 고속의 무선 패킷 데이터통신과 국제적인 무선 가입자로의 로밍 서비스를 목표로 하고 있다. 이 중에서 핵심적인 요소는 무선 패킷 데이터 전송기능으로, 멀티미디어 및 이동 컴퓨팅 통신 서비스가 가능한 시스템으로의 개발이다. 3G 프로젝트는 GSM(Global System for Mobile)을 기반으로 한 유럽의 3GPP[1]와 CDMA 기반의 북미 3GPP2[2-4] 표준그룹으로 기술 개발 및 표준화를 추진하고 있다. 한국은 내년 상반기를 목표로 먼저 비동기 형식인 WCDMA 방식의 서비스를 목표로 비동기 사업자를 선정하였고, 또한 CDMA 기반의 동기 사업자도 선정하였다.

빠른 기술적 진보를 거듭하고 있는 IMT-2000 망에서 무엇보다 중요한 서비스는 무선 패킷 데이터를 활용한 고속 인터넷 서비스일 것이다. 특히 2Mbps의 고속 데이터 전송 속도 자원을 목표로 하는 IMT-2000에서 인터넷 서비스는 현재의 데스크탑 수준에 근접할 것으로 전망된다. 3G 이후의 미래

이동통신망이 성공적으로 전개되기 위해서는 실시간 데이터 전송이 가능하고 오류가 없어야 한다. 또한 핸드오프시에도 패킷의 손실도 최소가 되어야 한다. 패킷의 버퍼링이 Mobile-IP의 성능을 향상시킨다는 연구가 [5-6]에서 진행되어 왔다. 단일 버퍼(pure buffering)에 기반한 핸드오프 시나리오는 M. Khalil[6]에서 기술되었다. 이들 연구에서는 이동 환경에서 인터넷 오디오 대한 버퍼 영향 및 핸드오프 위주의 버퍼링 기법에 대한 연구가 수행되었다. 그러나, 이동환경에서의 버퍼 설계 방법에 대한 연구는 수행되지 않았다.

본 논문은 Mobile-IPv6환경에서 핸드오프시에 패킷 손실을 줄이기 위한 가변적 버퍼 관리 기법과 분석을 다룬다. 데이터그램이 유통되는 망은 IP 기반의 망으로 데이터그램을 전송하며, 각 MH는 자신의 디폴트 라우터를 통해 핸드오프 관리를 수행한다. 핸드오프에 대한 기본적인 결정은 신호의 강도 등을 이용하여 이동 단말 자신이 수행한다. 핸드오프시에 패킷 손실을 최소화 하기 위해서 디폴트 라우터에서 유지되는 버퍼는 음성이나 순수한 데이터에 대해서 다르게 동작한다. 즉, 우선순위가 높은 실시간 데이터는 적은 버퍼 공간을 주는 대

신에 빠르게 전달하며, 데이터와 같은 시간에는 덜 민감하지만 손실률에 민감한 데이터는 버퍼 공간을 실시간 데이터에 비해 더 많은 용량을 할당한다. 이런 기법은 전체적으로 패킷의 손실을 줄이면서, 각 응용에 맞게 빠른 데이터그램 전달을 가능케한다. 본 논문에서는 핸드오프시에 패킷 손실을 줄일 수 있는, MH가 새로운 서브넷에서 완전한 등록절차를 끝내는 동안 MH를 대신하여 현재 서브넷상의 라우터가 패킷을 버퍼링 하도록 가변적 버퍼관리 기법과 이에 대한 분석을 다룬다. 입력되는 데이터 유형은 실시간(realtime) 데이터와 비실시간(non-realtime) 데이터를 모델링 하며, 이를 위해 버퍼 공간은 실시간 및 비실시간 데이터를 위해 가변적인 크기를 갖도록 설계한 후 이를 분석한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 이동-IP의 원리 및 동작을 설명하며, III장에서는 이동 호스트로 들어오는 트래픽의 유형을 기술한다. IV장에서는 트래픽 유형에 따라 동작을 동작하는 가변적 버퍼링 기법을 다루며, V장에서는 성능분석을 수행하고, 마지막으로 VI장에서 결론을 맺는다.

II. Mobile-IP의 동작

본 논문에서는 코어망에서 IP를 지원하기 위한 Mobile-IP 구조를 고려한다. IETF Mobile-IP 워킹 그룹에서는 IP망에서 이동 호스트에서의 유니캐스트(unicast) 라우팅을 지원하기 위해 Mobile-IP를 제안하였다[7-9]. Mobile-IPv4가 제안되어 관련 프로토콜들이 성숙 단계에 있고, 최근에 Mobile-IPv6가 제안되었다[10]. IETF에 의해서 제안된 Mobile-IP 구조는 HA(Home Agent)와 FA(Foreign Agent), 그리고 IP주소를 변경하지 않고 이동할 수 있는 이동 호스트(MH : Mobile Host)로 구성되어 있다. MH가 현재 속해 있는 홈 네트워크(home network)를 떠나 다른 네트워크로 이동할 때, IP주소는 변경치 않는다. 다만 새로운 네트워크(foreign network)에서 FA를 선택하여 HA를 등록한다. 성공적인 등록이 끝나면, 홈 네트워크의 MH에 도착하는 패킷 데이터들은 HA에 의해 캡슐화되어 FA로 보내져 MH에 도착하게 된다. 이러한 메커니즘을 터널링(tunneling)이라고 부른다. 다음 그림 1은 이동성 지원 기능을 갖는 인터넷망에서의 핸드오프를 보여준다.

이동 단말이 새로운 망으로 로밍시 FA와의 협상을 통해 새로운 CoA(Care-of-Address)를 얻게된다. FA는 바인딩 정보를 HA(Home Agent)에게 통보하여, MH가 자신에게 연결되어 있음을 HA가 인식하게 한다. 그림에서 번하는 핸드오프 과정의 순서를 나타낸다. 라우팅 절차는 다음과 같다;

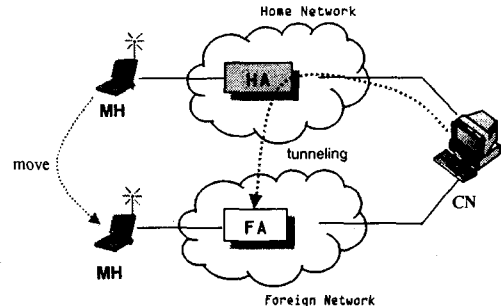


그림 1. Mobile-IP의 동작

- ① HA는 MH로 가는 데이터그램을 가로채서, CoA로 터널링 한다.
- ② 데이터그램은 다-터널되어 MH로 전달된다.
- ③ MH로 보내진 데이터는 표준 IP 라우팅을 사용하여 목적지로 전달된다. 그림에서는 FA가 MH의 디폴트 라우터가 된다.

그림 2는 본 논문에서 가정된 기본적인 핸드오프 시나리오이다. 이 그림에서 이전라우터는 핸드오프 이전의 MH 관련 라우터이고, 새로운 망으로 핸드오프되면 새로운 라우터에서 MH로의 데이터 전달이 이루어진다.

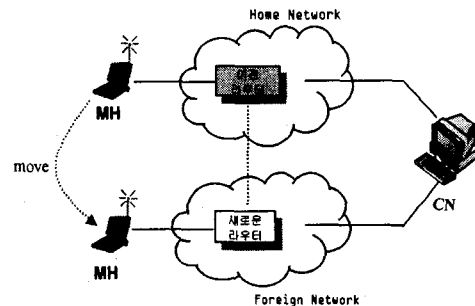


그림 2. 핸드오프를 위한 기본모델

핸드오프 동작은 다음과 같다; MH로 들어오는 패킷은 MH가 새로운 망으로 이동하는 동안 이전 라우터에 버퍼링된다. 일단 MH가 등록 과정을 끝내고 새로운 라우터와 관련된 유효한 CoA를 얻으면, 이전 라우터는 새로운 주소로 MH에게 패킷을 포워드한다. 본 논문에서는 이동호스트-제어 핸드오프만을 다룬다. 즉, 핸드오프의 결정이 MH에 의해서 이루어지는 방식이다. 버퍼 관리 프로토콜상에서 이동단말 제어 핸드오프의 영향을 분석한다. Mobile-IPv4에서의 버퍼관리 기법은 M. Khalil[6]에서 다루었다.

Mobile-IPv6의 기능은 Mobile-IPv4의 기능과 유사하다. Mobile-IPv6의 구성요소는 MH, HA, 그리고 CN(Correspondent Node)로 구성된다. MH는 먼저 자신의 현재 위치를 결정해야 하는데, MH가 홈 링크(home link)상에 존재할 때는 고정된 호스트처럼 동작해야만 하고, 외부 링크(foreign link)상에 존재할 때는 co-located CoA를 얻어야만 한다. 이 주소가 획득되면, 자신의 HA에게 알려야 한다. 또한 MH는 이 주소를 선택된 CN에게 알려야 한다. Mobile-IPv6에서는 FA가 존재하지 않는다. 이것은 MH가 co-located CoA를 사용하기 때문이다. 따라서 Mobile-IPv6에서는 HA로의 터널링이 근본적으로 제거된 최적화 라우팅을 수행한다.

[6]에서 기술된 버퍼관리 절차는 이동 노드에서 목적지 이동 에이전트(이동 노드에 대한 CoA를 관리하는 에이전트)로의 Binding Update의 전달과 관련되어 수행된다. ACK에 대한 요구는 근본적으로 줄어든다. 만일 액세스 라우터가 MH의 요청을 수행할 수 없다면, 부정 ACK로 응답하고, 그렇지 않으면, 이동 노드는 목적지 이동 에이전트로부터 Binding Acknowledgement를 받았을 때 자신의 메시지가 액세스 라우터까지 전달되었다고 확신할 것이다. 원활한 핸드오프를 위한 일반적인 절차는 이전 라우터가 메시지를 받아서 메시지에 따라 동작함을 확신할 때까지는 메시지를 재전송하기 위해 액세스 라우터를 필요로 한다.

III. 입력 트래픽 유형

통합된 데이터 서비스를 지원하기 위해서는 라우터의 버퍼링 기법이 서로 다른 서비스의 요구사항을 수용해야 함으로 실시간 및 비실시간 트래픽을 가진 멀티미디어 응용을 지원할 수 있어야 한다. 예를 들면, 대화형의 음성 같은 실시간 서비스(realtime services)는 그것이 어느 정도의 패킷 손실을 가져오더라도, 매우 엄격한 지연과 지연 변화 요구사항을 충족 시켜야 한다. 텍스트 데이터와 같은 비실시간 서비스(non-realtime services)는 엄격한 패킷 손실 요구사항을 가져야하지만 어느 정도의 지연은 허용한다.

본 논문에서의 고려할 트래픽 중 HIGH-TR(high priority traffic)은 엄격한 지연 요구사항을 갖는 실시간 트래픽을 포함하며, LOW-TR(low priority traffic)는 어느 정도의 지연은 허용하지만, 패킷 손실 확률에 대한 엄격한 요구사항을 갖는 트래픽으로 고려한다. HIGH-TR 트래픽은 지연에 민감하며, 종단(end-to-end)간에 데드라인 시간단위 이상의 지연을 갖는 패킷이 없음을 보장해야 한다. 한편 LOW-TR 트래픽은 데이터와

같은 패킷 손실에 민감한 트래픽으로, 순수한 데이터 전송은 고도의 신뢰성이 보장되어야 한다. 음성도 어느 정도의 패킷 손실률이 유지되어야 하며, 압축된 비디오는 음성과 데이터 사이의 범위에서 손실 허용률을 갖는다.

IV. 가변적 버퍼링 기법

1. 버퍼링 개요

단일 버퍼링은 일반적인 원활한 핸드오프 프레임워크에 기반한다. 라우터는 버퍼링을 지원할 수 있는 능력을 알리기 위해 IPv6 Router Advertisement message의 확장된 형태를 사용한다. 또한 원활한 핸드오프 프레임워크 내에서 사용될 3개의 서브 옵션을 사용한다; Buffer Initialize, Buffer Forward and Buffer Acknowledgment.

버퍼링을 수행할 수 있는 라우터는 제안된 Router Advertisement의 'B'비트를 사용하여 이 능력을 MH에 알린다. 일단 MH가 버퍼링 서비스가 가능함을 나타내는 Router Advertisement를 받으면, MH는 Buffer Initialize 옵션을 사용하여 버퍼링을 요청한다. MH는 특정한 버퍼크기를 요청할 수도 또는 디폴트 크기를 받아들일 수도 있다. 라우터는 이용가능한 자원에 기반하여 이 요구를 승인하거나, 거절할 수 있다. 라우터는 할당된 버퍼의 실제 크기를 Buffer Acknowledgment 서브옵션을 사용하여 다시 MH에 알린다.

버퍼링 상태는 목적지 주소인 MH의 주 CoA1과 연관된다. CoA1으로 들어오는 패킷은 정상적으로 전달되는 패킷에 부가적으로 버퍼링 된다. MH가 핸드오프를 완료했을 때, MH는 Buffer Forward 옵션을 사용하여, 버퍼된 패킷을 새로운 CoA2로 포워드 하도록 요청할 수 있다. 이에 응답으로 라우터는 CoA1을 위해 이전에 버퍼링된 모든 패킷을 CoA2로 터널한다. CoA1의 라이프 타임이 종료되었다면, 모든 관련 버퍼링 상태는 프리된다. 만일 자원 부족에 따라 라우터가 새로운 버퍼링 요구를 승인할 수 없다면, 핸드오프 동작에 영향을 줄 수 있으므로 앞으로의 Router Advertisement에서 'B' 비트를 클리어하지 말아야한다.

2. 핸드오프 시나리오

본 논문에서는 이동호스트-제어 핸드오프만을 다룬다. 이 방법은 새로운 액세스 라우터로 핸드오프를 필요로 할 때를 MH가 결정한다. 이동호스트-제어 핸드오프에서 MH는 자신이 액세스 라우터의 변경을 필요로 하는지를 결정하기 위해 Neighbor Advertisement와 같은 기준 등을 사용한다. 만일 새

로운 라우터에 대해 여러 개의 옵션을 보낸다면, *Router Advertisement*의 목적지 옵션으로 전달된 가능한 자원정보에 기반하여 새로운 액세스 라우터를 결정할 수 있다. 이동호스트-제어 핸드오프에 대하여, MH는 버퍼 상태를 초기화해야 하며, 버퍼된 패킷의 포워딩을 명시적으로 요청한다. 이동호스트-제어 핸드오프동안 버퍼링에 대한 시그널 흐름은 그림 3에서 보여준다. 이 시나리오는 이전 라우터와 새로운 라우터는 모두 단일 버퍼 관리를 지원하며, MH 두 노드에서 버퍼링 서비스의 장점을 택한다고 가정한다. 원활한 핸드오프와 관련된 동작은 다음과 같다;

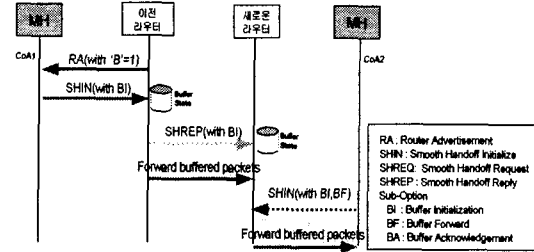


그림 3. 이동호스트-제어 핸드오프의 신호흐름도

다음 그림은 *Router Advertisement*의 데이터그램 구조[6]이다.

Type	code	checksum
Cur Hop Limt	M O H B reserved	Router Lifetime
Reachable Time		
Retrans Timer		
Options ...		

그림 4. 수정된 *Router Advertisement* 메시지

새로운 망으로 이동시작;

- 1) 이전라우터는 'B'=1로 하여 *Router Advertisement (RA)*를 보낸다.
- 2) MH는 이전 라우터에 *Buffer Initialization(BI)* 서브옵션을 사용하여 *Smooth Handoff Initialize(SHIN)* 옵션을 보낸다. 그리고 이전 라우터는 CoA1과 연관된 버퍼상태를 생성한다.

MH가 새로운 라우터에서 CoA2를 얻음;

- 3) MH는 새로운 라우터에 2개의 버퍼링 서브옵션을 사용하여 *SHIN*을 보낸다; 새로운 라우터는 CoA2와 관련된 버퍼상태를 생성할 수 있도록 'C' 비트를 세트한 *BI* 서브옵션과 *Buffer Forward(BF)* 서브옵션.
- 4) 새로운 라우터는 MH로부터 받은것과 같은 *Buffer Forward* 서브 옵션과 더불어 이전 라우터에 *Smooth Handoff Request(SHREQ)* 메시지를 보낸다.
- 5) 이전 라우터는 *Buffer Acknowledgment* 서브옵션과 더불어 *Smooth Handoff Reply(SHREP)* 메시지로 새로운 라우터에 응답한다.
- 6) 이전 라우터는 CoA2를 통해 MH의 CoA1과 연관된 버퍼링된 패킷을 보낸다.

3. Router Advertisement 메시지 변경

라우터가 버퍼 관리를 지원함을 나타내는 단일 플래그 비트를 추가하여 *Router Advertisement* 메시지를 변경한다. 이 플래그는 'B' 비트이다.

① 버퍼관리(B)

B 비트는 라우터가 버퍼링 서비스를 지원하는 이 광고 메시지를 보낸다는 사실을 나타내기위해 *Router Advertisement*에서 세트된다.

② *Buffer Initialization(BI)* 서브옵션

MH가 사용하며, 라우터가 대신하여 패킷을 버퍼링 하도록 요청하는데 사용된다.

③ *Buffer Forward(BF)* 서브옵션

BF 서브옵션은 MH나 새로운 라우터 또는 이전 라우터에 의해 사용되는데, 라우터가 새로운 CoA의 MH로 버퍼된 패킷을 포워딩 하도록 요청하는데 사용된다. MH로부터 시작될 때, 이 서브옵션은 SHIN 메시지와 연관되며, 라우터로부터 시작될 때는 SHREQ와 연관된다. 이 요청은 타겟 주소와 포워딩 주소 모두와 연관된다.

④ *Buffer Acknowledgment(BA)* 서브옵션

BA 서브옵션은 BI나 BF 서브옵션의 수신에 대한 응답으로써 사용된다. 이 서브옵션은 원래 요청의 순서번호를 가지고 송신자에 리턴 되어야 한다. 이 서브옵션은 SHIN 메시지나 SHREP, 또는 SHACK(Smooth Handoff Acknowledgment) 메시지에 연관된다.

4. 가변적 버퍼제어 및 트래픽 모델링

라우터의 버퍼에서는 다른 유형의 트래픽이 동적으로 분리 되도록 하는 버퍼 메커니즘을 사용한다. 실시간의 음성 패킷은 높은 우선 순위가 주어지므로 새로이 도착한 음성 패킷은 현재 서비스중인 데이터 패킷을 인터럽트하여, 선점 우선순위 (preemptive priority) 전략을 만들 수가 있다. *LOW-TR* 패킷은 낮은 패킷 손실률을 유지하기 위해 충분한 버퍼 용량이 주어 져야 한다. 라우터 *i*의 전체 버퍼 크기가 B_i 라면, *LOW-TR* 패킷을 위해서는 B_i^L (*LOW-TR* 버퍼영역), *HIGH-TR* 패킷을 위해서는 B_i^H (*HIGH-TR* 버퍼 영역) 크기로 할당한다. p_i^H 을 입력되는 패킷이 *i*번째 라우터로 향하는 높은 우선순위 실시간 패킷일 확률이라고 정의하면, $1 - p_i^H (= p_i^L)$ 은 *LOW-TR* 패킷에 대한 확률값을 나타낸다. 따라서 $p_i^H = 0$ 일 때, $B_i^H = 0$, $B_i^L = B_i$ 이고, $p_i^L = 0$ 이면, $B_i^H = B_i$, $B_i^L = 0$ 이다. 따라서 전술한 것과 같은 버퍼 할당 기법을 사용할 수 있다. 주어진 시간 슬롯에 *i*번째 라우터 버퍼로 향하는 패킷이 정확히 *k*개 존재할 확률은 pgf(probability generating function), $A_i(z) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k \cdot z^k$ 를 갖는 이항분포로 식(1)과 같이 계산된다;

$$a_k = \binom{N}{k} \left(\frac{\rho}{N}\right)^k \left(1 - \frac{\rho}{N}\right)^{N-k} \equiv B(N, k, \frac{\rho}{N}) \quad (1)$$

여기서 *N*은 이동망 크기이고, ρ 는 입력 부하(traffic load)이다. 그리고 A_i^L 과 A_i^H 를 각각 태그된 라우터 버퍼 *i*에 도달한 *LOW-TR* 및 *HIGH-TR* 패킷 수라고 하면, *i*번째 라우터 버퍼로 최대한 전송할 수 있는 패킷 수를 *s*라 하면, 버퍼에 도달한 *k*개 패킷 중에서 *LOW-TR* 패킷 수 및 *HIGH-TR* 패킷 수는 식 (2)와 같다;

$$\begin{aligned} A_i^L(k) &= \sum_{j=k}^s a_j \cdot \binom{j}{k} (P_i^L)^k (1 - P_i^L)^{j-k} \\ A_i^H(k) &= \sum_{j=k}^s a_j \cdot \binom{j}{k} (1 - P_i^L)^k (P_i^L)^{j-k} \end{aligned} \quad (2)$$

먼저 패킷 손실에 민감한 *LOW-TR* 데이터를 고려한다. *LOW-TR* 버퍼가 한 타임 슬롯내에 최대 B_i^L 개까지의 패킷을 수용할 수 있다고 가정하면, B_i^L 보다 더 많은 패킷의 도착으로 인하여 라우터 버퍼에서 손실되는 *LOW-TR* 패킷의 평균 수는 식 (3)과 같이 계산된다;

$$E_i^L = \delta \cdot \left[\sum_{k=B_i^L+1}^s (k - B_i^L) A_i^L(k) \right] \quad (3)$$

여기서 $\delta (= P_i^L(0) A_i^L(0))$ 는 더 이상 서비스할 *LOW-TR* 패킷이 없어 서버가 *HIGH-TR* 큐로 전환될 확률이다. 순수한 텍스트 데이터의 패킷 손실률을 μ 이하로 하는 매개변수 $p_i^H (= 1 - p_i^L)$ 값을 결정하여 패킷 손실에 민감한 *LOW-TR* 트래픽을 위한 버퍼 크기를 먼저 결정한다. 버퍼 할당 전략을 위해, $\phi_i^H = \{ \min p_i^H \mid E_i^L \leq \mu \}$ 함수를 정의하며, 각 트래픽에 따른 적정량의 버퍼 크기는 다음 식(4) 알고리즘으로 결정한다.

$$B_i^L = (1 - \phi_i^H)^\alpha \cdot B_i, \quad B_i^H = B_i - B_i^L \quad (4)$$

따라서 버퍼 할당 전략을 결정하는데 있어서, ϕ_i^H 와 α 를 설계 매개변수로 사용할 수 있으며, *HIGH-TR* 및 *LOW-TR* 패킷의 성능 요구사항에 따라 이 값을 조정할 수 있다. 그림 5는 디플트 라우터에서의 가변 버퍼 할당 전략을 그림으로 도시한 것이다.

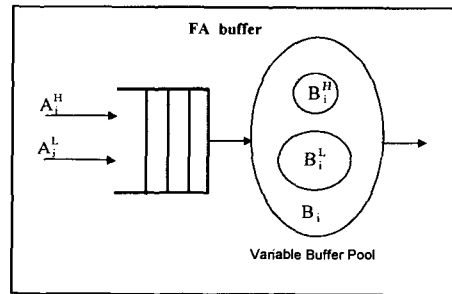


그림 5. FA의 버퍼 공간 B_i 의 분할

5. 핸드오프 모델링

두 개의 성능척도를 사용한다. 하나는 채널 점유 시간이고, 다른 하나는 기지국당 사용된 채널의 수에 관한 확률이다. 채널 점유 시간은 특정 기지국의 채널이 어떤 시점에 사용중일 확률이고, 특정 기지국에 대해서 사용중에 있는 채널의 평형 확률은 분석에 매우 유용하다. 먼저 가정은 단위 영역당 초단위로 새로운 호(call)의 평균수가 알려져 있다는 사실이다. 이것을 λ_R 이라고 한다. 여기서 *R*은 특정 셀 영역의 반경이다. 핸드오프는 셀당 평균 비율, λ_{RH} 로 시도된다. 새로운 호 시도에 대한 핸드오프 시도의 비율은 $\gamma_o \triangleq \lambda_{RH} / \lambda_R$ 이 된다. P_B

를 블록된 새로운 호의 평균 수라고 정의한다. 그러면 새로운 호는 평균 비율 $\lambda_{Rc} = \lambda_R (1-P_B)$ 로 승인된다. 유사하게, P_{Hc} 를 블록되는 핸드오프 평균 시도 횟수라고 하면, 핸드오프 호는 $\lambda_{Rhc} = \lambda_{RH} (1-P_{Hc})$ 로 승인된다. 승인된 새로운 호의 평균 수와 승인된 핸드오프 평균수의 비율은 $\gamma_c \triangleq \lambda_{Rhc} / \lambda_{Rc}$ 이 된다. 채널 점유 시간 T_H 는 채널이 액세스될 때 시작되는 시간으로 정의되는 랜덤 변수이다. 다른 랜덤 변수 T_M 을 정의한다. T_M 은 핸드오프나 블록킹과 무관한 한 호의 기간을 말한다. 이것은 평균 값 $1/\mu M$ 을 갖는 지수분포로 간소화된다. 따라서 pdf는

$$f_{(T_M)}(t) = \mu \times M e^{-\mu t} \quad (5)$$

채널 점유 시간 분포를 결정하는 전략은 아직 핸드오프되지 않았지만 해당 호의 남아 있는 시간 T_{Hn} 을 고려하는 것이다. 핸드오프 후의 남은 시간은 T_{Hn} 라고 한다. 호 기간 T_M 은 영향을 주지 않으므로 핸드오프 후에 남아 있는 시간은 원래의 호 기간과 같은 분포를 갖는다. T_n 은 원래 셀 영역에 이동 단말이 남아있는 시간이고, T_{Hn} 는 핸드오프 이후에 그 셀 영역에 이동단말이 존재하는 시간이라고 가정한다. T_{Hn} 은 호 기간 T_M 의 최소값이거나, 또는 원래 셀 영역에 머무르는 시간 T_n 이다. 유사한 성질이 이동 단말이 핸드오프 후에 이동된 셀 영역에서도 적용된다. T_{Hn} 는 호 기간 T_M 의 최소값이거나, 또는 핸드오프 후에 그 셀 영역에서의 머무르는 시간 T_n 이다.

V. 버퍼 분석

본 논문에서 고려되는 트래픽 서비스의 종류는 실시간 서비스인 *HIGH-TR* 트래픽과 비실시간 서비스인 *LOW-TR* 트래픽이다. 이 절에서는 *Mobile-IPv6*를 사용하는 IP 망에서 이러한 두 트래픽이 통합되어 들어올 때 핸드오프에 따른 가변 버퍼링 기법에서 패킷손실률을 분석한다. 매개변수는 IP망의 크기인 *MH*의 수(100), 핸드오프 빈도수, 데이터그램 패킷 발생은 극한상황 테스트를 위해 폭주하도록 발생 시켰다. 또한 두 트래픽 유형간의 발생 비율 등이 적용되었다. 전체 버퍼 용량, 전체 버퍼 크기 B 를 30으로 가정하였다. 각 라우터는 이동 단말을 위한 *FA*의 대상이 될 수 있고, *HA*는 IP망 내부에 하나 존재한다. *CN* 노드는 서버역할을 하는 컴퓨터로 생각할 수 있으며, 초기 데이터그램을 발생하는것으로 가정한다. 각 라우터는 작은 크기의 버퍼를 가지고 있고, *MH*는 이동성 비율(0~1.0)에 따라 핸드오프를 발생한다.

먼저 버퍼의 영향을 분석한다. 가변적인 버퍼 풀의 크기는 각 트래픽에 대한 성능 요구사항을 만족하는 ϕ_i^H 와 α 에 의해서 결정된다. 다음 그래프는 ϕ_i^H 값 변화에 따른 버퍼 할당 결과를 보여준다.

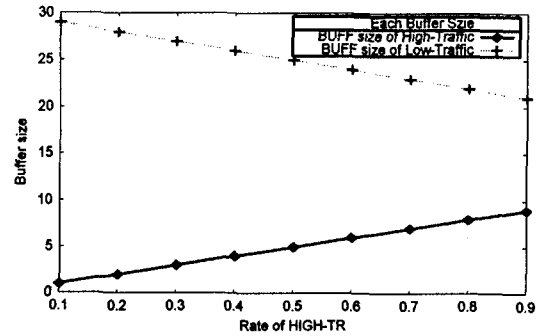


그림 6. HIGH-TR 비율에 따른 버퍼의 가변적분할

그림 7은 *MH*의 수가 100이고, 버퍼크기가 30일때, 각 이동성 비율에 따라서 패킷 손실률을 측정 한 것이다. 이때 데이터그램 패킷의 발생은 폭주하도록 가정하였다. 핸드오프를 지원하는 가변 큐잉 기법과 순수한 버퍼기법 적용시 높은 우선순위를 갖는 실시간 트래픽 비율(ϕ_i^H)에 대한 패킷 손실률로 분석하였다. 그래프에서 보면 *HIGH-TR* 트래픽율이 0.6이상을 넘어서면 핸드오프에 기반한 가변 버퍼링 기법의 성능이 매우 우수함을 알 수 있다. 가변 버퍼링 기법의 패킷 손실률은 패킷이 폭주하는 상황에서 평균 4 패킷 이하의 손실률을 보여 주었다. 또한 이동성 비율에도 핸드오프기반 가변 버퍼링 기법은 그렇게 큰 영향을 받지 않는 것으로 분석되었다.

그림 8은 실시간 트래픽 비율이 0.5 일때, 버퍼 크기에 대한 데이터그램 손실률을 측정 한 것이다.

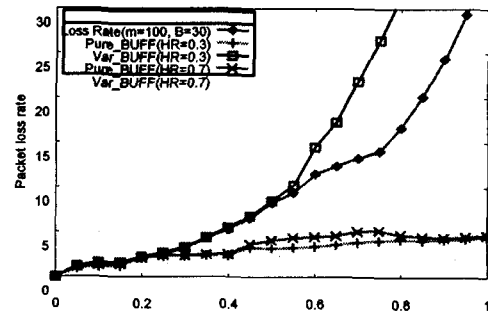


그림 7. HIGH-TR율에 대한 손실률

이 결과도 가변 버퍼링 기법이 버퍼크기가 200이상이면 그렇게 영향을 받지 않는 것으로 분석되었고, 순수한 버퍼링 기법은 어느정도의 버퍼크기에서는 이동성 비율에 영향을 받는 것으로 측정되었다.

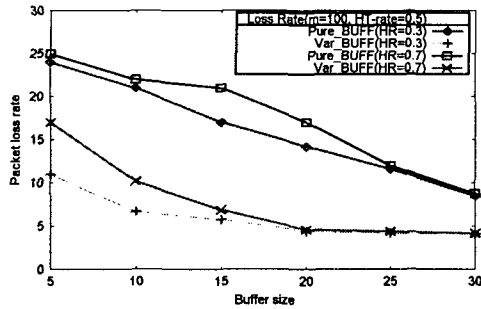


그림 8. 버퍼크기에 대한 손실률

VI. 결론

이동환경에서 실시간 응용을 지원할 때 고려되어야 할 중요한 이슈는 원활한 핸드오프를 제공할 수 있는 능력이다. 원활한 핸드오프를 위한 중요한 요구사항은 네트워크 링크사이에서 이동호스트(MH: Mobile Host)가 새로운 망으로 이동시 패킷 손실을 최소화 하는 것이다. 본 논문에서는 MH가 새로운 서브넷에서 완전한 등록절차를 끝내는 동안 MH를 대신하여 현재 서브넷상의 라우터가 패킷을 버퍼링하도록 하는 가변버퍼 관리기법의 설계와 이에 대한 분석을 다루었다. 입력되는 데이터 유형은 실시간(realtime) 데이터와 비실시간(non-realtime) 데이터를 모델링 하며, 이를 위해 버퍼 공간은 실시간 및 비실시간 데이터를 위해 가변적인 크기를 갖도록 설계하였다. 분석된 결과는 이동성이 높은 환경에서 가변적 버퍼 기법은 단일 버퍼링에 비해 상대적으로 현저히 적은 패킷 손실률을 보여 주었다.

참고 문헌

- [1] 임병근, "3GPP2 IMT-2000 망에서의 Internet 패킷 서비스를 위한 WIP 망 구조 및 Protocol," 제 18권 제 6호, pp.15-22, 2000.
- [2] 김영진 외 4, "UMTS 시스템의 GPRS 망에서의 패킷 데이터 전송 기술," 제 18권 제 6호, pp.23-31, 2000.

- [3] 3GPP2, "Wireless IP Architecture Based on IETF Protocols," 3GPP2 P.R0001, ver1.0, Jul. 2000.
- [4] 3GPP2, "Wireless IP Network Standard," 3GPP2 P.S0001-A, ver1.0, Jul. 2000.
- [5] R. Caceres and V.N. Padmanabhan, "Fast and Scalable Handoffs in Support of Mobile Internet Audio," Mobile Networks and Applications, 3(4), pp.351-363, Dec, 1998
- [6] M. Khalil, et. al, "Buffer Management for Mobile-IP, draft-mkhalil-mobileip- buffer-00.txt, Jul, 2000.
- [7] C. Perkins, "IP Mobility Support," IETF RFC 2002, Oct. 1996.
- [8] C. Perkins, "Mobility IP," IEEE Communication Mag. pp.84-99, May, 1997.
- [9] J.D.Solomon, Mobile IP - The Internet Unplugged," Prentice-Hall, 1998.
- [10] David B. Johnson and C. Perkins, "Mobility Support in IPv6," draft-ietf-mobileip -ipv6-13.txt, Nov. 2000.

박 병 섭(Byoung-Seob Park)

종신회원



1989년 2월 충북대 컴퓨터공학과 (공학사)
 1992년 2월 서강대학교 전자계산학과 (공학석사)
 1997년 2월 서강대학교 전자계산학과 (공학박사)
 1997년 4월 ~ 2000년 2월 국방과학 연구소 선임연구원
 2000년 3월 ~ 현재 우석대학교 컴퓨터교육과 교수

<관심분야> : 3G/4G 이동통신 시스템, 이동인터넷, Mobile-IP