셀룰라 무선 망에서 실시간 패킷 전송을 위한 핸드오프 프로토콜 개선

한 승 진† · 이 정 현††

요 약

한정된 지역에서 벗어나 여러 지역으로 이동을 하며 데이터를 송수신 하고자 할 때 필요한 핵심 기술 요소가 핸드오프이다. 기존의 연구들은 MH가 이동하려는 셀로 패킷을 전달하는 방식으로 핸드오프 시 발생되는 패킷의 손실을 최소화하려 했다. 그러나 핸드오프 도중에 발생되는 패킷의 손실 양이 비록 적다 하더라도 누적이 된다면 TCP 성능을 감소시킬 수 있고, 이는 패킷의 손실에 민감한 부분이면 중요한 문제가 된다.

본 논문에서는 이동 호스트가 이동 가능한 셀의 수를 최대 2개로 제한하여 FA에서의 메모리 요구량을 감소시키고, 핸드오프 중이라도 MH가 패킷을 계속 수신이 가능하도록 개선된 핸드오프 프로토콜을 설계한다. 기존의 방법과 비교 분석하여 본 논문에서 제시하는 개선된 핸드오프 방식이 우수하다는 것을 입증한다.

Improvement of Handoff Protocol for Real-Time Packet Transmission in Cellular Wireless Networks

Seung-Jin Han† · Jung-Hyun Lee††

ABSTRACT

The Handoff is the core technical factor that is required when mobile host moves from one area to another, while transmitting and receiving data. The existing works try to minimize the loss of packets by forwarding packets to the Cell which a mobile host will move to. However, though the loss quantity is little, the accumulated loss can degrade the performance of the TCP, and can be a serious problem if data is sensitive to the loss of packets.

In this paper, we can reduce a memory requesting in FA by restricting the mobile host to move within at most 2 movable cells and design the improved handoff protocol for MH to receive packets seamlessly in spite of handoff. We can evaluate that the suggested method is superior to the previous method, as a result of comparing with it.

1. 서 론

이동통신 가입자의 수가 2천만이 넘어서면서 단순히 음성통신만을 하던 사용자들은 멀티미디어 정보를 주고 받을 수 있는 무선 데이터 통신으로 점차 관심이 바뀌고 있다. 또한 기술의 발전으로 컴퓨터와 주변기기의 가격이 급락하면서, 노트북 또는 팜탑에 휴대폰을 연결하여 재고를 조사하는 회사원과 자신의 전자메일을 검사하는 학생에서 이제는 휴대폰 없이 무선 모뎀을 장착 또는 내장하여 인터넷에 접속하고 있다. 그러나 이러한 인터넷에 사용하는 프로토콜은 유선망에 적합하게 설계되어 있기 때문에, 고정된 위치 혹은 하나의 셀 내에서만 통신을 해야 하는 불편함이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 기존의 이동통신망[7]에 적용되고 있는 핸드오프 개념을 도입하려는 연구가

※ 본 논문은 인하대학교 교내 연구비 지원에 의하여 연구 되었음.
† 정 회 원 : 인하대학교 전자계산공학과 박사수료
†† 종신회원 : 인하대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수
논문접수 : 2000년 10월 31일, 심사완료 : 2000년 12월 29일

지속적으로 이루어지고 있다[1-4, 6, 10]. 그러나 이러한 프로토콜 대부분은 MH(Mobile Host)가 기존 셀에서 벗어나 새로운 셀로 이동하여 COA(Care of Address)를 할당받기까지 패킷을 수신하지 못하고, 이동하려는 지역으로 패킷을 미리 전송하는 방식을 이용하여 핸드오프 도중에 발생되는 패킷의 손실을 최소화하고 있다.

본 논문에서는 셀룰라 무선망에서 핸드오프 도중에도 끊김없이(seamless) 패킷을 수신하도록 하는 개선된 프로토콜을 설계하고, 성능을 평가하여 기존의 방법보다 우수하다는 것을 보인다. 또한 패킷을 전달 받는 FA(Foreign Agent)의 수를 기존의 방법[6, 10]보다 제한함으로써 HA(Home Agent)의 부하가 기존의 연구보다 탁월하게 감소되는 것을 보이고, MH에 대한 인증을 미리 함으로써 핸드오프로 인해 패킷 수신이 지연되는 것을 최소화한다.

2. 관련 연구

무선망에서 핸드오프 도중에 발생되는 패킷 손실을 최소화하기 위해, Hierarchical mobility management scheme[1], I-TCP[2], Fast retransmission[3], Snoop [6], 무선망에서의 TCP 패킷 손실 최소화를 위한 핸드오프 프로토콜[10]등 많은 연구가 진행되어 왔다.

Hierarchical mobility management scheme에서는 MH를 지역적 이동성, 관리 영역내에서의 이동성, 광대역 이동성과 같이 3가지 계층으로 나누어 관리한다. 지역적 이동성은 FA들이 같은 서브 넷 상에 있는 경우로 핸드오프 프로토콜이 간단하고 신속하게 일어난다. 하나의 FA를 공유하는 기지국 간의 핸드오프이기 때문에 두 기지국 사이의 상태정보 전송시간은 매우 짧은 순간에 이루어지고, 그 결과 패킷의 손실도 최소화할 수 있다. 그러나 나머지 두 계층에서의 핸드오프는 상대적으로 오랜 지연 시간과 패킷 손실이 있으며, 이를 해결하기 위한 핸드오프 프로토콜은 제시하지 않고 있다.

I-TCP방법에서 유선망은 핸드오프의 발생 여부를 알지 못한 채 HA가 자신의 메모리 상에 최근에 전송된 패킷들 중 ACK 메시지를 수신하지 않은 패킷들을 저장한다. 이 후에, 핸드오프가 발생하여 MH가 FAnew (MH가 새롭게 진입한 셀의 FA)로 이동을 한다면 FAnew는 HA로부터 전달 포인터를 전송받고 HA에게서 MH에 대한 상태 정보와 저장된 패킷들을 넘겨 받은 후, MH에게 전송되지 않은 패킷들을 전송한다. 이 프로토콜은 HA에서 FAnew로 상태 정보를 전달하는데 상당한 지연 시간이 뒤따르게 되어 처리율의 저하를 가져온다.

Fast retransmission은 핸드오프로 인한 패킷 손실인 경우에 MH가 핸드오프의 발생 여부를 HA 에게 알리고, HA는 재전송 타이머 만료(expire)를 기다리지 않고 바로 손실된 패킷을 Fast retransmission하여 혼잡 제어 메커니즘과 같은 함수의 호출을 막아 처리율 성능을 향상시킨다. 그러나, 이 방법은 핸드오프 발생 여부를 알리는 메시지가 MH에서 HA로 전송되는 도중에 손실되면 기존의 TCP와 동일한 동작을 하게 된다.

Snoop은 MH가 새로운 셀로 이동 시 핸드오프 도중에는 MH가 FAnew와 연결이 되어 있지 않으므로 손실되는 패킷을 보전해 주기 위해 주변 셀로 패킷을 미리 전달한다. 핸드오프 도중에 MH로부터 ACK 메시지를 받지 못한 패킷을 CN(Corresponding Node)이나 HA가 전송하는 것이 아니고 FAnew의 버퍼에 저장된 패킷을 FAnew가 재전송한다. Snoop 방법의 단점은 라우팅 프로토콜의 멀티 캐스트 그룹에 속하는 다른 모든 인접 FA들은 HA로부터 전송되어온 패킷들을 기지국의 메모리내에 저장해야 하는 부하가 생긴다. 이를 개선한 것이 [10]의 방법이다.

[10]에서는 MH가 이동하려는 FAnew에게 패킷을 전송하려 할 때 멀티 캐스트 그룹내의 FAnew의 수를 Snoop에서처럼 7개로 하는 것이 아니고 2~3개로 제한하는 것이다. 그러나 이러한 방법도 단순히 FA의 수를 7개에서 2~3개로 제한하는 것이지 핸드오프 과정을 완료할 때까지 MH에 패킷을 전송하지 않는다. 또한 현재의 셀룰라 망은 하나의 셀을 α, β, γ인 3섹터로 분할을 해서 서비스를 하고 있고[7], 이 중 MH가 하나의 섹터에서 움직일 경우 최악의 경우 (그림 1)에서 (2)의 경우가 된다. 그러므로 HA 또는 FAold(MH가 새로운 셀로 진입하기 전 셀의 FA)를 제외한다면 인접 FA는 최대 2개로 제한할 수 있다.

Cellular IP[8]에서 semi-soft handoff 방식을 언급했지만 단일 셀로의 이동만 간략히 언급을 했을 뿐 두 셀의 접경 지역으로 이동했을 경우의 문제점 해결이 제시되지 않았고, FAnew를 통한 MH으로의 패킷 전송에 대한 방법이 없다.

본 논문에서는 HA 또는 FAold외에 핸드오프로 인해 패킷을 전송받을 주변 FA를 1~2개로 제한함으로

써 기지국의 메모리 효율을 높임과 더불어 개선된 핸드오프 프로토콜을 적용하여 핸드오프 도중에도 패킷을 계속하여 전송받을 수 있는 프로토콜을 제안한다.

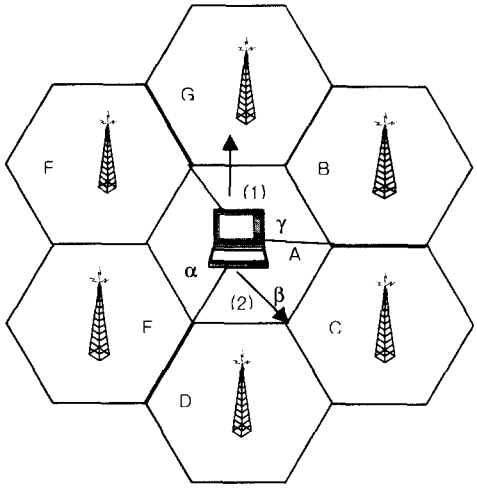
3. 개선된 핸드오프 프로토콜

본 논문에서 제시하는 방법은 기존의 방식 [4, 6, 10]과는 달리 핸드오프 도중에 패킷을 전송받지 못하는 문제점을 해결하였다. 또한, 완전히 이동한 후에 HA 또는 FAold로부터 핸드오프 도중에 수신하지 못한 패킷을 전송받는 과정을 생략하고, 즉시 HA로부터 FAnew를 통해 패킷을 전송받음으로써 실시간 처리에 유용한 개선된 핸드오프 프로토콜을 제시한다.

본 논문에서는 [4]와는 달리 HA 또는 FAold에서 FAnew로 이동하기 전에 HA를 통해 인증을 마친 후, FAnew로부터 COA를 할당받고 이를 통해 패킷을 수신한다.

3.1 실시간 전송을 위한 개선된 핸드오프 프로토콜

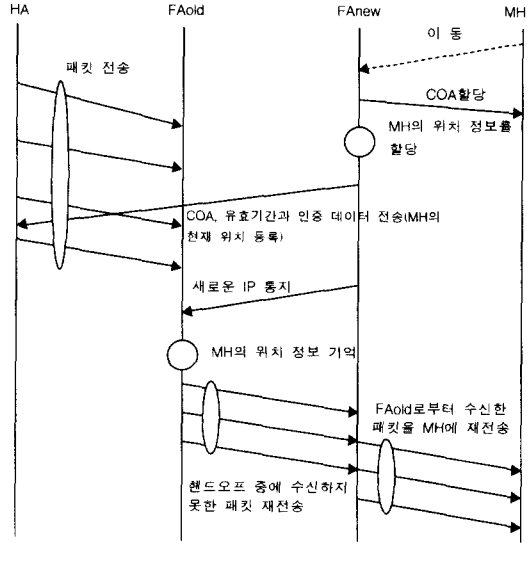
(그림 1)과 같이 MH가 셀 간 이동 가능한 경우는 대표적으로 2가지 유형으로 분류된다. A에서 G방향으로 이동하는 경우인 (1)과, A에서 D, E 접경지역으로 이동하는 경우인 (2)로 나누어진다. 이 때 핸드오프를 결정하는 임계치(threshold)는 [10]에서처럼 WaveLAN 카드의 SNR(Signal to Noise Ratio)의 측정 결과로 한다.



(그림 1) 셀간 MH의 이동 유형

(그림 2)처럼 [4]에서는 MH가 이전의 지역에서 새로운 지역으로 이동을 한 후에 COA, 유효 기간과 MH의 인증 데이터 등을 전송해서 HA에 MH의 현재 위치를 등록한 후 FAold로부터 패킷을 재 전송받는다. MH가 FAold 지역을 벗어나는 시점을 t1이라 하고 FAnew 지역으로 이동하여 인증을 마치고 전송받지 못한 패킷을 FAold로부터 전달받고 새로운 패킷을 수신하는 시점을 t2라고 한다면, t2 - t1 = △t인 시간만큼 패킷을 수신하지 못하고 △t 시간이 지난 후 지연된 패킷을 수신하게 된다. 이는 실시간을 요하거나 패킷 손실에 민감한 서비스에는 적절하지 못한 방법이다.

MH는 다른 지역으로 핸드오프를 하기 전에 신호의 세기를 통해 이동할 지역을 결정한다. 일정한 임계치를 기준으로 (1)의 경우 MH가 G로 이동한다고 가정하고, MH가 G지역으로 계속 이동을 하면 MH의 이웃 목록에 B, F, G가 있지만 이웃 목록의 1순위(G)의 신호 세기가 2순위(B 또는 F)와 3순위(B 또는 F) 신호 세기와의 차이가 현격히 크다면 핸드오프 후보 목록에 G만을 올리고, (2)의 경우는 D와 E 지역의 신호 세기가 3순위와 상당한 차이를 보이므로 핸드오프 후보 목록에 D와 E를 올린다. 따라서 본 논문에서는 핸드오프 후보 목록의 수를 최대 2개로 제한하고, 이는 패킷을 전달할 FA의 수를 2개로 제한하는 것과 같다.



(그림 2) [4]에서의 핸드오프 프로토콜

(그림 1)에서 (1)의 경우 핸드오프 후보 목록을 통해

MH가 FAold 지역에서 FAnew 지역으로 이동한다면, FAnew로부터 COA를 할당 받는다. FAnew로부터 COA와 MH에 대한 유효 기간 및 인증 데이터를 전송받은 HA는 FAold로 보내는 패킷을 복사하여 HA로부터 MH의 위치 정보를 통보받기 전까지 FAold와 FAnew 모두에게 전송한다. 두 곳에서 패킷을 받은 MH는 두 개 중 하나의 패킷을 폐기한다. FAnew지역으로 이동을 완료하면 FAnew는 MH의 위치 정보를 할당하고, 이 사실을 HA에게 통지한다. MH의 위치 정보를 통보받은 HA는 FAold로의 패킷 전송을 중단하고, FAnew로만 패킷을 전송한다. FAnew로부터 MH의 위치 정보를 통보받은 FAold는 이 정보를 기록하고, MH에 대한 패킷을 폐기하며 (그림 3)과 같다.

(2)의 경우는 핸드오프 후보 목록에 FAnew1과 FAnew2가 있는 경우이다. FAnew1과 FAnew2가 MH에게 COA를 각각 할당하고, HA는 FAold, FAnew1과 FAnew2를 통해 MH에게 패킷을 전달한다. MH는 세 곳에서 패킷을 전송받고 이중 두개는 폐기한다. FAnew가 하나 더 추가되는 점을 제외하고는 프로토콜의 흐름은 핸드오프 후보 목록에 FAnew가 하나가 있는 경우와 동일하며 (그림 4)와 같다.

3.2 프로토콜 절차

3.1에서 설명한 개선된 핸드오프 프로토콜의 절차를 HA, FA, MH별로 pseudo 코드로 기술하면 다음과 같다.

(알고리즘 1)에서 (알고리즘 3)까지의 내용을 기초로 MH의 핸드오프 후보 목록에 FAnew가 한 개인 경우와 두 개인 경우의 프로토콜 절차는 각각 (그림 3)과 (그림 4)와 같다.

```
Method HA
FA[].FA_id : 해당 FA의 ID
FA_NUM : FA의 수
FA_old : MH가 핸드오프 되기 이전에 소속되어 있던 FA
MH_CurrentLocaton[] : 해당 MH의 현재 위치 정보 테이블
FA[].MH[].ValidTerm : 해당 FA로 핸드오프 되는 MH의 유효 기간
FA[].MH[].IP : 해당 FA로 핸드오프 되는 MH에 할당된 COA
FA[].MH[].AuthData : 해당 FA로 핸드오프 되는 MH의 인증 데이터
CurrentLocationInform : MH의 현재 위치 정보
PacketTransList[] : 패킷 전송 목록
T_Packet : 전송하고자 하는 패킷
Begin Method
#define OK 1
#define NOK 0
T_Packet := GetPacket();                    //전송할 패킷을 가져옴
  If(T_Packet <> NULL) then
If GetMessageFromFA then    //FA_id[j]번째인 FA로부터 j번째 MH에 해당하는
                            메시지 수신
  If(isCorrectIP(FA[FA[j].FA_id].MH[j].IP)) and       //MH의 COA,
   (isCorrectVT(FA[FA[j].FA_id].MH[k].ValidTerm)) and  //유효 기간,
   (isCorrectAD(FA[FA[j].FA_id].MH[k].AuthData)) then  //인증데이터 검사
   Begin
     PutMessageToFA(OK,FA.FA_id);
     PacketTransList[FA[j].FA_id] := FA[j].FA_id; //메시지를 송신한 FA를 패킷
   End                                            //전송 목록에 추가
  Else If(CurrentLocationInform) then    //수신한 메시지가 MH의 현재 위치 정
                                         보인 경우
   MH_CurrentLocation[k] := CurrentLocationInform;
   While i < FA_NUM do
     If PacketTransList[i] <> FA[j].FA_id then
       Begin
        PacketTransList[i] := -1;  //패킷 전송 목록에서 MH의 현재 위치 정보
                                   를 송신한
        PutMessageToFA(CurrentLocationInform,FA_old);   //FA를 제외한 나
                                                        머지 FA들을
       End                                    //삭제 , FAold에 해당 MH의
     End If                                   //위치 통보
     ++i;
   End While
  Else
   Begin
      PutMessageToFA(NOK,FA[j].FA_id);          // invalid 가입자 통보
      exit;                                     //패킷 전송을 중단
     End
   End If
  Else
   i := 0;
   While i < FA_NUM do
     If PacketTransList[i] <> -1
       TransPacket(PacketTransList[FA.FA_id], T_Packet);      //해당 FA로
                                                              패킷 전송
     End If
   End While
  End If
End If
End Method
```

(알고리즘 1) 개선된 핸드오프 프로토콜에서 HA를 위한 알고리즘

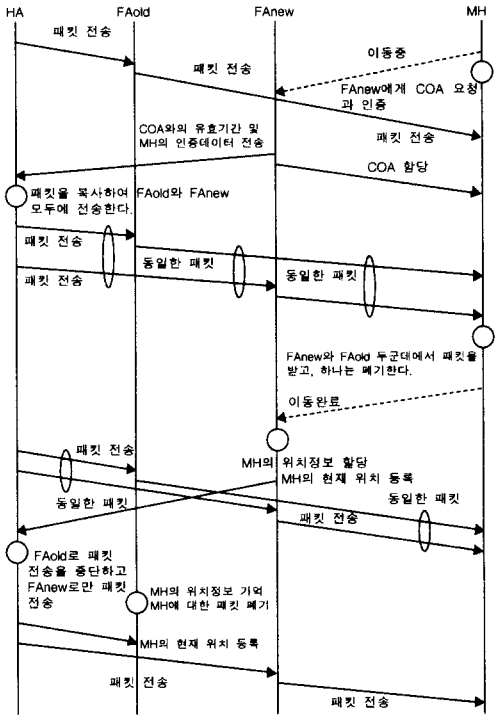
```
FA.SignalStrength : 해당 FA의 신호 세기
FA.CandidateList[] : MH가 핸드오프될 수 있는 FA의 후보 목록
FA.FA_id : 해당 FA의 ID
Threshold : 핸드오프 임계치
IPAddress[] : 해당 FA로부터 수신한 COA
FA_Count : 후보 목록에 있는 FA의 수
HandoffRequest : 핸드오프 요청 메시지
HandoffComplete : 핸드오프 완료 메시지
Begin Method
GetPacket();                          //수신한 패킷 처리
FA.SignalStrength := GetSignal();     //새로운 기지국에서 신호 수신
If FA.SignalStrength > Threshold then //수신한 새로운 신호 세기를 임
                                      계치와 비교
  i := 1;
```

```
While i < 7 do
  If FACandidateList[i] <> FA.FA_id then
    FACandidateList[FA.FA_id] := FA.FA_id;   //새로운 FA를 FA 후보
                                              목록에 추가
    PutMessageToFA(HandoffRequest,FA.FA_id); //해당 FA로 핸드오프
                                              요청 관련 패킷 송신
    IPAddress[FA.FA_id] := GetNewIPAddress();  //해당 FA로부터
                                               COA 수신
    ++FA_Count;
    End If
    ++i;
  End While
End If
If(FA.FA_id <> FACandidateList[0]) and  //현재 수신중인 FA의 신호가
                                         FAold의 신호가 아니고
 (FA_Count == 1) then                   //핸드오프 후보 목록에 있는
                                         FA의 수가 1인 경우
 PutMessageToFA(HandoffComplete,HA);
End If
End Method
```

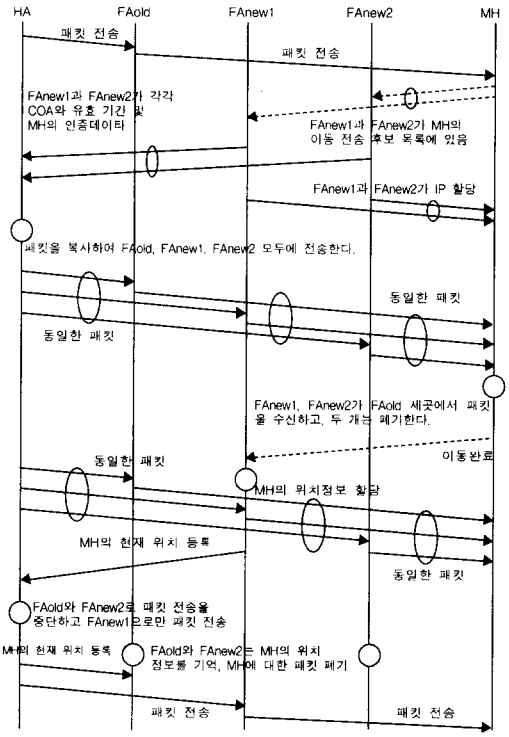
(알고리즘 2) 개선된 핸드오프 프로토콜에서 MH를 위한 알고리즘

```
Method FA
T_Packet : 전송하고자 하는 패킷
MH_CurrentLocaton[] : 해당 MH의 현재 위치 정보 테이블
CurrentLocationInform : MH의 현재 위치 정보
PacketTransList : 패킷을 전송받을 MH List
FA[].MH[].IP : 해당 FA로 핸드오프 되는 MH에 할당된 COA
HandoffRequest : 핸드오프 요청 메시지
HandoffComplete : 핸드오프 완료 메시지
MAX : 현재 셀내에 존재 가능한 최대 이동 호스트 수
Begin Method
T_Packet := GetPacket();
 If(T_Packet <> NULL) then                  //수신한 패킷이 있음
   i := 0;
     While i < MAX do
       If PacketTransList[i] == FA[0].MH[j].IP //패킷 전송목록에 수
                                                신한 패킷의 MH이
                                                있는가
         TransPacket(FA[0].MH[j].IP,T_Packet) //해당 MH으로 패
                                                킷 전송
       Else
         Begin
           Discard(T_Packet);                 //해당 패킷을 폐기
           FA[0].MH[j].IP := NULL;            //셀내의 MH 위치
                                               목록에서 삭제
           exit;
         End
       End If
   End While
 If(GetMessageFromMH == HandoffRequest) then
                          //수신한 메시지가 핸드오프 요청 메시지
    Begin
    PutMessageToHA(FA,HA);    //COA, 유효기간, 인증데이터를
                               HA로 송신
    If(GetMessageFromHA == OK) then
      FA[0].MH[j].IP := GetIP();   //적법한 가입자라면 COA 할당
    Else
      exit;                        //부적법한 가입자
    End If
  Else If(GetMessageFromMH == HandoffComplete) then //수신한 메
                                                     시지가 핸드오프 완료메시지
    Begin
      PacketTransList[j] := FA[0].MH[j].IP;    //MH의 위치 정보
                                                 할당
      CurrentLocationInform := FA.FA_id;
      PutMessagetoHA(CurrentLocationInform,HA); //HA로 MH의
                                                 현재 위치 등록
       End
 End If
 If(GetMessageFromHA == CurrentLocationInform) then  //해당 FA
                                                      에서 나간 MH의 위치 등록
    MH_CurrentLocation[k] := CurrentLocationInform;
 End If
End If
End Method
```

(알고리즘 3) 개선된 핸드오프 프로토콜에서 FA를 위한 알고리즘



(그림 3) 개선된 핸드오프 프로토콜(핸드오프 후보 목록에 FA가 1개인 경우)



(그림 4) 개선된 핸드오프 프로토콜(핸드오프 후보 목록에 FA가 2개인 경우이고, FAnew1으로 이동)

4. 성능 평가

본 논문에서 제안하는 개선된 핸드오프 방식의 성능 평가 요소 중 이동 호스트 수에 따른 FA 메모리 사용량, 하향 링크 대역폭별 손실되는 패킷의 수, 기지국별 가입자 수에 따른 손실된 패킷의 총 양, 그리고 MH가 셀에 머무르는 시간에 따른 핸드오프 지연 시간 별 처리율을 [6]과 [10]의 방법과 비교하였다. 본 논문에서 제안하는 개선된 핸드오프 방식은 핸드오프 중 전파 손실에 의해 손실되는 패킷은 없고, 또한 새로운 기지국으로 핸드오프 시 MH에 할당할 가용 채널과 IP 주소가 있다고 가정한다.

[6]과 [10]에서 사용한 성능 측정을 위한 요소 중 최고의 처리율을 위한 하나의 패킷 크기는 1440byte로 하고, 핸드오프 과정에서 발생하는 지연 시간 동안 손실되는 패킷의 수를 감안하여 버퍼링하는 패킷의 수를 12패킷으로 하여 계산하였다. 본 논문에서도 패킷의 크기는 1440byte로 하지만 핸드오프 지연 시간 동안 발생되는 손실된 패킷이 없으므로 버퍼링하는 패킷의 수는 없다. 따라서 [6]과 [10]의 경우와 본 논문에서의 경우를 각각 식으로 표현하면 다음과 같다.

- [6]의 경우 FA의 메모리 사용량(1개의 FAold와 6개의 FAnew)

$$1440 \times 12(\text{packets}) \times 7(\text{FAs}) = 120{,}960\ \text{bytes} \fallingdotseq 118\text{KB} \quad (1)$$

- [10]의 경우 FA의 메모리 사용량(1개의 FAold와 2~3개의 FAnew)

$$1440 \times 12(\text{packets}) \times 3(\text{FAs}) = 51{,}840\ \text{bytes} \fallingdotseq 51\text{KB} \quad (2)$$

$$1440 \times 12(\text{packets}) \times 4(\text{FAs}) = 69{,}120\text{bytes} \fallingdotseq 76.5\text{KB} \quad (3)$$

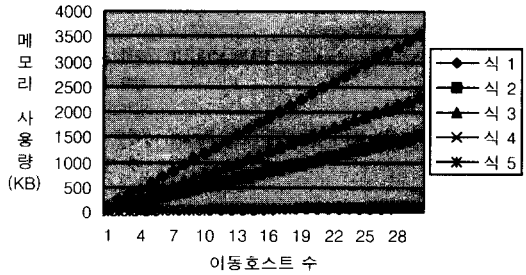
본 논문에서 제안하는 개선된 핸드오프는 핸드오프로 인해 지연된 패킷을 위한 버퍼링은 없다.

식 (4)는 1개의 FAold와 1개의 FAnew인 경우이고, 식 (5)는 1개의 FAold와 2개의 FAnew인 경우이다.

$$1440 \times 2(\text{FAs}) = 2{,}880\text{bytes} \fallingdotseq 2.8\text{KB} \quad (4)$$

$$1440 \times 3(\text{FAs}) = 4{,}320\text{bytes} \fallingdotseq 4.2\text{KB} \quad (5)$$

식 (1) ~ 식 (5)는 (그림 5)와 같다.



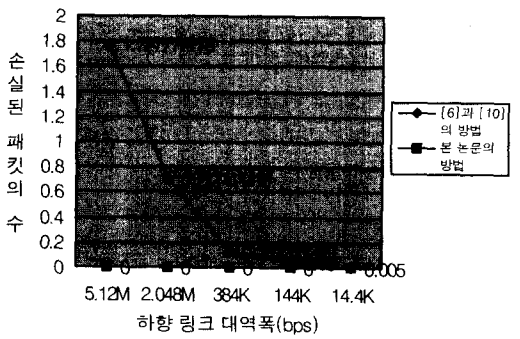
(그림 5) MH에 따른 각 프로토콜의 FA에 대한 요구 메모리량

핸드오프에서 손실된 패킷의 수 η_{loss}는 핸드오프 루프 시간 T_L동안 노드간 전송되는 패킷의 수와 같다[9]. 이를 식으로 하면 (6)과 같다.

$$\eta_{loss} = \omega T_L \quad (6)$$

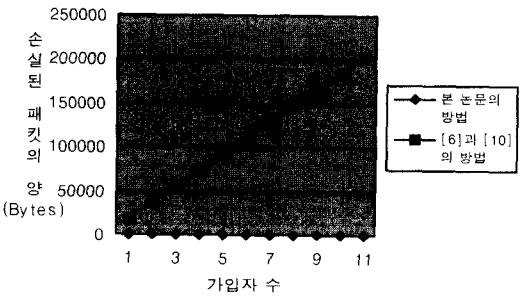
여기서 ω는 하향 링크 패킷의 전송 속도이다. 평균 핸드오프 루프 시간은 평균 핸드오프 지연과 같기 때문에 핸드오프 시 기대되는 패킷의 손실 수가 핸드오프 지연동안 손실된 패킷의 수와 동일하다.

하향 링크 패킷의 전송 속도는 하향 링크 대역폭을 5.12Mbps라 하면 초당 444패킷이 된다. 핸드오프 지연 시간을 4ms라 하면, 핸드오프 동안 손실되는 패킷의 수는 1.778개이다. 1개의 패킷 크기를 1440byte라 하면 핸드오프동안 손실되는 데이터의 양은 2557.44byte이다. 핸드오프 완료 시점을 핸드오프 도중에 수신하지 못한 패킷을 FA로부터 MH가 수신하는 시점으로 보았을 때 각 하향 링크 대역폭 별로 손실되는 패킷의 수는 (그림 6)과 같다.



(그림 6) 하향링크 대역폭 별 손실되는 패킷의 수

하향 링크 대역폭을 144Kbps로 하고 패킷 크기를 1440byte로 할 경우, 초당 패킷 전달 속도는 12.8packet/sec가 된다. 한 셀에 최대 55개의 통화 채널 할당이 가능하다고 가정하고, 핸드오프를 위해 55개의 통화 채널 중에 20%를 예약한다고 가정했을 때, 최대 11개의 MH가 동시에 핸드오프해서 들어올 수 있다. 이를 하나의 기지국에서 MH 수에 따른 손실된 패킷의 양은 (그림 7)과 같다. (그림 7)에서와 같이 핸드오프해서 들어오는 MH 수가 증가할 수록 핸드오프 도중에 수신하지 못한 패킷을 저장하기 위한 공간이 선형적으로 증가됨을 알 수 있다. 이 실험에서는 핸드오프 도중에 전달하지 못하는 패킷에 대한 버퍼링만을 고려하므로, 본 논문의 경우 고려되는 버퍼가 없다.



(그림 7) 기지국별 MH수에 따른 손실된 패킷의 양

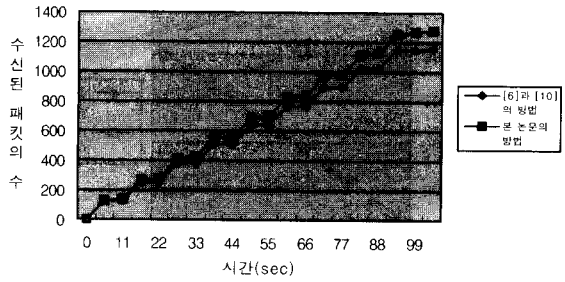
(그림 8-a)는 하향 링크 대역폭이 144kbps이고, 패킷 크기가 1440byte인 경우에 대한 처리율의 비교로서 MH가 100초 동안 핸드오프의 지연 시간은 1초이고, 셀에 머무르는 기간은 10초이며 핸드오프가 9번 일어난 경우이다. 10초 동안은 MH가 패킷을 전송받을 수 있는 기간이고, 1초 동안은 MH가 다른 셀로 이동하는 기간 즉, 핸드오프 중이라 패킷을 수신하지 못하는 기간이다. 제안된 핸드오프 방법은 핸드오프 도중에도 패킷을 전송받을 수 있기 때문에 수신한 패킷의 수가 선형적으로 증가됨을 알 수 있지만, [6]과 [10]의 방법은 핸드오프 지연 시간인 1초 동안에는 패킷을 수신하지 못하기 때문에 그래프가 계단식 형태임을 알 수 있다. 또한 전송 시간이 길어짐에 따라 그 성능의 차이는 더욱 증가하고 있음을 알 수 있다.

(그림 8-b)는 핸드오프의 지연 시간이 2초인 경우로서, 핸드오프 지연 시간이 짧을수록 [6]과 [10]의 방법이 본 논문의 방법과 결과치가 근접함을 알 수 있다. 여기서, *cd*는 MH가 셀에 머무르는 시간이고, *ht*는 핸드오프를 수행하는 데 소요되는 지연 시간이다.

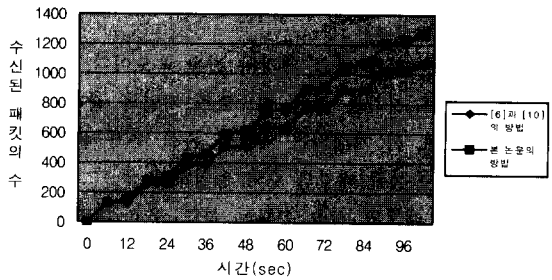
(그림 8-c)에서 (그림 8-e)까지는 MH가 100초 동안 셀에 머무르는 기간이 20초이고, 핸드오프 지연 시간이 각각 1초, 1.5초 2초인 경우이다. 또한, (그림 8-f)에서 (그림 8-h)까지는 MH가 100초 동안 셀에 머무르는 기간이 30초이고, 핸드오프 지연 시간이 각각 1초, 1.5초 2초인 경우를 나타낸다.

5. 결 론

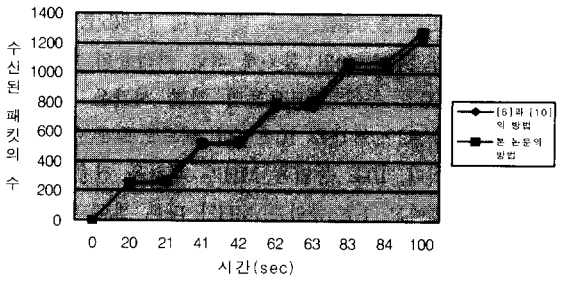
핸드오프 도중에 발생되는 패킷의 손실은 그 양이 비록 적다 하더라도 누적이 된다면 TCP 성능을 감소



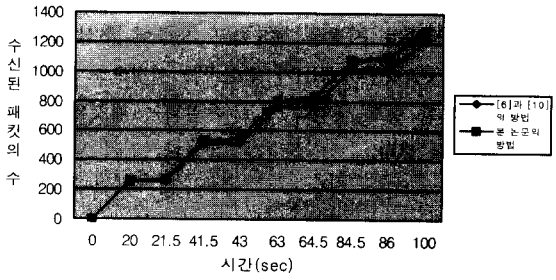
(a) cd = 10, ht = 2의 처리율 비교



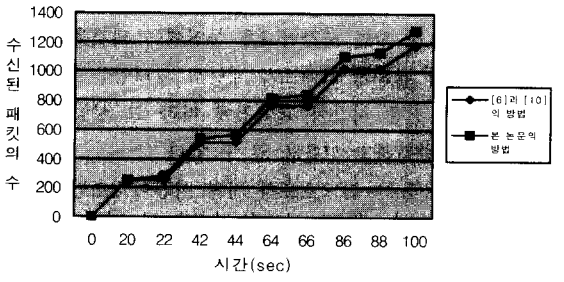
(b) cd = 10, ht = 1의 처리율 비교



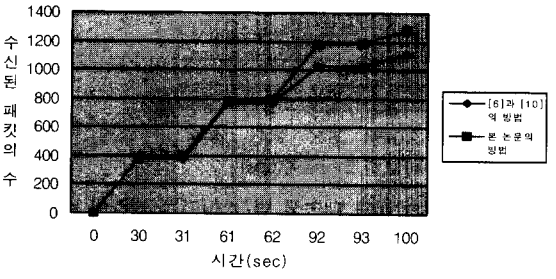
(c) cd = 20, ht = 1의 처리율 비교



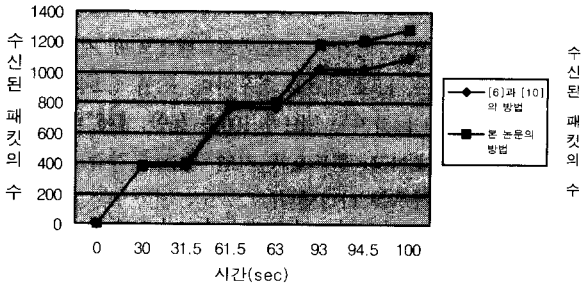
(d) cd = 20, ht = 1.5의 처리율 비교



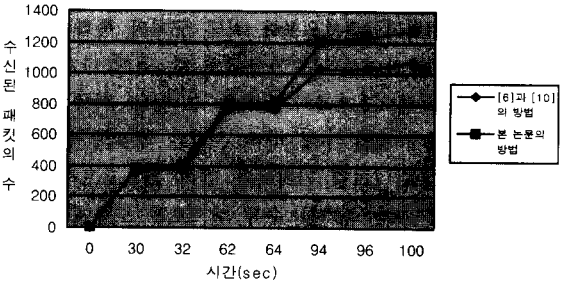
(e) cd = 20, ht = 2의 처리율 비교



(f) cd = 30, ht = 1의 처리율 비교



(g) cd = 30, ht = 1.5의 처리율 비교



(h) cd = 30, ht = 2의 처리율 비교

(그림 8) MH가 100초 동안 cd와 ht에 따른 각 방법의 처리율 비교

시킬 수 있다. 이는 패킷의 손실에 민감한 부분이라면 더욱 중요한 문제가 될 것이다.

본 논문에서는 개선된 핸드오프 방법의 프로토콜을 MH가 단일 셀로 이동하는 경우와 두 셀의 접경 지역으로 이동하는 경우로 분류하여 제안함으로써 핸드오프 중 발생되는 패킷의 손실을 기존에 제안된 방법에 비해 최소화시킬 수 있었다. 또한 이동 가능한 FA의 수를 두 개로 제한함으로써 FA들에 대한 요구 메모리 양을 줄일 수 있었다.

본 논문에서는 기존의 방법[4]과 달리 인증을 수행한 후 핸드오프가 이루어지기 때문에 핸드오프로 인한 지연 시간을 단축시켰다. 향후, 이에 따른 인증관련 연구가 이루어져야 하고, 또한 시뮬레이션을 통한 다양한 분석 내용의 검증이 필요하다.

참 고 문 헌

[1] R. Cáceres, V. N. Padmanabhan, "Fast and Scalable Handoffs for Wireless Internetworks," Proc., of the ACM MobiCom'96, Nov., 1996.

[2] A. Badre, B. R. Badrinath, "Handoff and system support for Indirect TCP/IP," in Proc., Second Usenix Symposium. On Mobile and Location-Independent Computing, May, 1995.

[3] R. Cáceres, L. Iftode, "Improving the Performance of Reliable Transport Protocols in Mobile Computing Environments," IEEE JSAC, 13(5), pp.850-857, June, 1994.

[4] C. Perkins and D. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP," *Internet Draft*, Feb., 1999.

[6] H. Balakrishnan, S. Seshan, R. H. Katz, "Improving Reliable Transport and Handoff Performance in Cellular Wireless Networks," ACM wireless Networks, Vol.1, Dec., 1995.

[7] W. C. Y. Lee, *Mobile Cellular Telecommunications : Analog and Digital Systems-2nd Ed.*, 1996.

[8] comet.columbia.edu, "Cellular IP," http://comet.columbia.edu/cellularip/spec.html.

[9] András G. Valko. et. al., "Performance of Cellular IP Access Networks," Proc., of 6th IFIP international Workshop on Protocols for High Speed Networks(PfHSN'99), Salem, Aug., 1999.

[10] 김효선, 유혁, "무선 망에서의 TCP 패킷 손실 최소화를 위한 핸드오프 프로토콜," Telecommunications Review, 제9권 제3호, pp.314-324, 1999.

한 승 진

e-mail : softman@nlsun.inha.ac.kr

1989년 인하대학교 전자계산학과 (이학사)

1992년 인하대학교 전자계산공학과 (공학석사)

2001년 인하대학교 전자계산공학과 박사수료

1992년~1996년 대우통신 종합연구소

1996년~1998년 SK Telecom

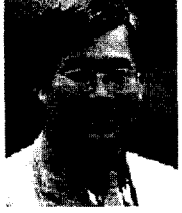
2000년~현재 ㈜ 디오넷 부설연구소 책임연구원

1998년~현재 인하대학교 전전컴 강사

1998년~2000년 용인송담대학 인터넷 경영정보과 겸임교수

2000년~현재 동양공업대학 정보통신과 겸임교수

관심분야 : 음성신호처리, 컴퓨터 네트워크, Mobile IP, 멀티미디어 통신, IMT-2000



이 정 현

e-mail : jhlee@inha.ac.kr

1977년 인하대학교 전자공학과 졸업

1980년 인하대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1988년 인하대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1979년~1981년 한국전자기술연구소 시스템 연구원

1984년~1989년 경기대학교 전자계산학과 교수

1989년~현재 인하대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수

관심분야 : 자연어처리, HCI, 정보검색, 음성인식, 음성합성, 컴퓨터구조