

# 무선망에서 QoS보장을 위하여 핸드오프를 고려한 무선TCP 프로토콜의 시뮬레이션 분석 Simulation Analysis for Wireless TCP Protocol with QoS Guarantee over Handoff

김철규, 최덕규, 조영중

아주대학교 정보통신전문대학원

경기도 수원시 팔달구 원천동 산5번지, 442-749

Tel: (031)219-2639, FAX: (031)219-1582

chealkyoo@madang.ajou.ac.kr, dkchoi@madang.ajou.ac.kr, yjcho@madang.ajou.ac.kr

## 요약

어느 때나 장소에 구애받지 않고 원하는 정보를 제공할 수 있는 이동 컴퓨팅 기술들이 활발히 연구되고 있다. 현재 인터넷은 대부분이 유선망에 기반을 두고 있다. 최근 IMT-2000의 개발로 무선망에서의 인터넷 개발이 급속히 진전함에 따라 적절한 QoS를 보장할 수 있는 무선망 프로토콜의 제공이 필요하다. 이동 컴퓨팅 환경에서 이동 호스트가 앞으로 핸드오프해 새로 접속할 기지국만을 멀티캐스트 그룹으로 취하여 무선 링크 상에서 TCP의 성능저하를 줄일 수 있는 무선TCP 프로토콜을 제안한다.

## 1. 서론

현재의 TCP(Transmission Control Protocol) 전송프로토콜은 유선망의 고정 호스트로 이루어진 네트워크에 적합하도록 설계되어 있다. 이 프로토콜을 무선망의 특성을 고려하지 않고 그대로 적용시킨다면 불필요한 함수(혼잡제어 및 회피 메커니즘) 호출로 인한 중단 간(end-to-end)의 성능 저하를 초래하게 된다. 무선망에서의 패킷 손실은 대부분 혼잡(congestion)에 의해서가 아니라 핸드오프시 발생하는 이동 호스트와 기지국(BS: Base Station) 간의 연결 끊김(disconnection)과 오랜 지연시간, 그리고 무선망 자체의 높은 에러율에 기인해서 발

생한다. 그러므로 이곳에서는 적절한 QoS 보장을 위하여 이동 호스트가 이동해갈 수 있는 인접 기지국을 선택하는데 특정한 임계치(threshold)를 사용한다. 앞으로 핸드오프 할 가능성이 높은 기지국만을 멀티캐스트 그룹에 취함으로써 전체 네트워크 상에 있는 기지국의 메모리 부하를 줄일 수 있다. 고정 호스트(Fixed Host)가 아니라 현재의 주 기지국이 인접 기지국에게 패킷을 멀티캐스트 함으로써 고정 호스트의 부담을 덜어주어 원활한 핸드오프를 가능하게 하여 무선상에서 TCP의 성능저하를 줄일 수 있는 새로운 무선TCP 프로토콜의 개선방안을 제안한다. 핸드오프를 고려한 무선TCP

프로토콜은 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 TCP 프로토콜을 무선에 적용하였을 경우와 기존의 무선 환경을 고려한 TCP와 결과를 비교하여 성능이 향상됨을 보인다.

## 2. 기존의 관련 작업

무선망에서의 패킷 손실을 최소화하기 위한 노력으로 핸드오프 과정에서 발생하는 패킷 손실을 해결하려는 관련 프로토콜을 알아본다.

유·무선 망을 고정 호스트와 기지국으로 구성된 유선망과 기지국과 이동 호스트로 된 무선망으로 분리하여 유선망에서는 무선망의 존재를 알지 못한 채 기존의 TCP를 그대로 사용하고 무선망에서는 무선망의 특성을 고려한 TCP를 사용한다. 이와 같은 프로토콜에서는 기지국이 유선망과 무선망의 중계자 역할을 한다.

I-TCP(Indirect TCP)[2]에서 제안한 핸드오프 방법은 다음과 같다. 유선망은 핸드오프 발생 여부를 알지 못한 채 주 기지국이 자신의 메모리 상에 최근에 전송된 확인응답(Ack)을 받지 못한 패킷들을 저장한다. 그 후, 핸드오프가 발생하여 주 기지국이 바뀌게 되면 새로운 주 기지국은 이전의 주 기지국으로부터 포워딩(forwording) 포인터를 전송 받고 이전의 주 기지국에게서 이동 호스트에 대한 상태정보와 저장된 패킷들을 넘겨받은 후, 이동 호스트에게 전송되지 않은 패킷을 전송한다. 이 프로토콜은 핸드오프의 초기 형태로 이전의 주 기지국에서 새로운 주 기지국으로 상태정보를 포워딩 하는 과정에 상당한 시간 지연이 뒤따르며, 그 결과 처리율의 저하를 가져온다. 또한, 유·무선망의 연결 자체가 유선망과 무선망이 서로 따로 형성되기 때문에 고정 호스트가 이동 호스트로의 패킷을 전

송할 때, 이 패킷은 해당 이동 호스트의 주 기지국으로 전송된다. 주 기지국은 받은 패킷에 대한 확인응답을 고정 호스트로 보내게 된다. 그 후, 주 기지국이 패킷을 이동 호스트에게 전송하고 이동 호스트는 그 패킷에 대한 확인 응답을 주 기지국에게 보낸다. 이와 같은 과정은 수신자(이동 호스트)가 송신자(고정 호스트)에게 확인응답을 보내는 단대단(end-to-end) semantics를 위반하는 단점이 있다.

계층적인 이동성 관리 기법(hierarchical mobility management scheme)[4]에서는 무선통신 사용자들의 이동 패턴을 이용하여 계층적으로 이동성(mobility)을 관리한다. 이러한 이동 패턴은 다음의 3가지 계층으로 나누어진다. 이동 호스트가 동일한 서브넷에 위치해 있는 기지국간에 이동(지역적 이동성 : local mobility)을 하는 경우, 서로 다른 서브넷에 위치하지만, 같은 관리 영역(administrative domain)에 포함되어 있는 기지국간에 이동을 하는 경우(관리 영역 내에서의 이동성), 서로 다른 관리 영역간에 이동성(광역 이동성 : global mobility)을 하는 경우이다. 계층적인 이동성 관리 기법에서는 그 첫 번째 계층에 해당하는 지역적 이동성에서의 핸드오프에 관해서 다루었다. 지역적 이동성은 기지국들이 같은 서브넷 상에 있는 경우로 핸드오프 프로토콜이 간단하고 빠르게 일어난다. 즉, 하나의 FA(Foreign Agent)를 공유하는 기지국간의 핸드오프이기 때문에 두 기지국 사이의 상태 정보 전송 시간은 매우 짧은 시간에 이루어지고, 그 결과 패킷의 손실도 최소화할 수 있다. 그러나 나머지 두 계층간의 핸드오프는 적지 않은 지연 시간과 패킷 손실이 예상되며 이를 해결하기 위한 핸드오프 프로토콜은 계층적 이동성 관리 기법에

서 제시하고 있지 않다.

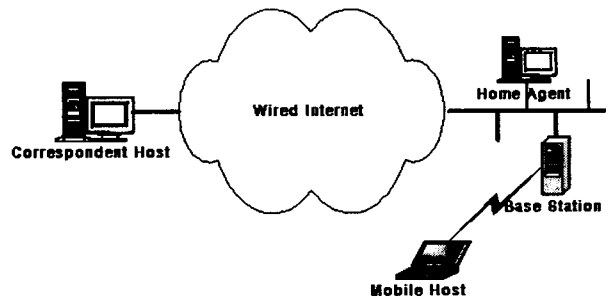
Snoop[5]에서 제한한 라우팅 프로토콜은 멀티캐스트에 기반한 프로토콜로 Mobile IP가 HA(Home Agent)에서 기지국으로 패킷을 유니캐스트 하는 것과는 달리 멀티 캐스트 그룹으로 패킷을 전송한다. 고정 호스트에서 이동 호스트로 패킷이 전송될 때 이 이동 호스트의 HA는 해당 이동 호스트로 전송되는 패킷들을 중간에서 가로채서 캡슐화의 과정을 거친 후 멀티캐스트 그룹으로 이 캡슐화된 패킷을 전송한다. 멀티캐스트 그룹에 속한 기지국들은 이 패킷들을 자신의 메모리에 저장하고, 그 중, 주 기지국은 이동 호스트로 패킷을 포워딩한다. 이 때, 멀티캐스트 그룹내의 주 기지국이 아닌 다른 인접(nearby) 기지국들은 HA로부터 전송되어 온 패킷들을 메모리에 저장해 두었다가, 이동 호스트가 자신의 셀(cell) 속으로 들어오게 되면 이전의 주 기지국에서 패킷들을 포워딩 받지 않고 곧바로 다음 전송될 패킷을 이동 호스트에게 전송할 수 있으므로 기지국간의 패킷 포워딩에 걸리는 지연 시간을 없앨 수 있다. 하나의 이동 호스트에 상응하는 주 기지국은 하나이기 때문에 다른 인접 기지국들은 일정한 양의 패킷들을 항상 메모리 속에 저장해 두어야 한다. 그 결과, 기지국들의 메모리 부하가 발생한다. 또한 HA는 핸드오프가 일어나는 동안 라우팅 테이블을 갱신할 필요는 없지만 각각의 이동 호스트마다 멀티캐스트 그룹을 관리해야 하는 문제가 생긴다.

본 논문에서는 인접 기지국을 선택하는데 특정한 threshold 값을 사용하여 앞으로 핸드오프 할 가능성이 높은 기지국만을 취함으로써 전체 네트워크에 있는 기지국의 메모리 부하를 줄일 수 있으며, 멀티캐스트 그룹의 크기도 줄이고, HA가 아니라

현재의 주 기지국이 인접 기지국에게 패킷을 멀티캐스트 함으로써 HA의 부담을 덜어주어 매끄러운 핸드오프를 가능하게 하는 새로운 핸드오프 프로토콜을 제안한다.

### 3. 새로운 핸드오프 프로토콜

<유·무선망>



오늘날의 전형적인 유·무선망에 Mobile-IP에서 제시된 HA를 도입한 형태는 그림-1과 같다.

그림-1 유·무선망

CH(Correspondent Host)는 MH(Mobile Host)와 단대단 연결이 이루어지는 호스트로 이동 호스트이거나 고정 호스트일 수 있다. 이 곳에서는 CH를 고정 호스트로 취급하고, 데이터의 전송은 CH에서 MH로 일어나는 경우를 다룬다. HA는 이동 호스트의 홈 네트워크의 라우터다. 이동 호스트의 홈 네트워크는 이동 호스트의 IP 주소의 네트워크 부분과 동일한 주소를 가진 네트워크를 말한다. 기지국은 Mobile IP에서 제안하는 FA(Foreign Agent)와 같은 일을 담당한다. FA는 이동 호스트가 홈 네트워크 이외의 다른 네트워크로 이동했을 때 그 네트워크의 라우터를 뜻한다. CH에서 MH로 전송되는 데이터를 HA가 중간에 가로채서 이를 COA(Care of Address)로 캡슐화하여 IP 터널링 기법으로 기지

국에게 전송한다. 캡슐화 된 데이터를 받은 기지국은 decapsulation을 통해 원래의 데이터를 MH에게 전송한다.

<셀(Cell)과 기지국>

무선망의 구성은 그림-2와 같이 여러 개의 작은 셀들과 이 셀을 담당하는 기지국으로 이루어져 있다. 각각의 셀을 담당하는 여러 기지국들 중에서 이동 호스트와의 연결을 이루는 것은 오직 하나의 기지국이며 이를 주기지국이라 한다. 하나의 셀 속

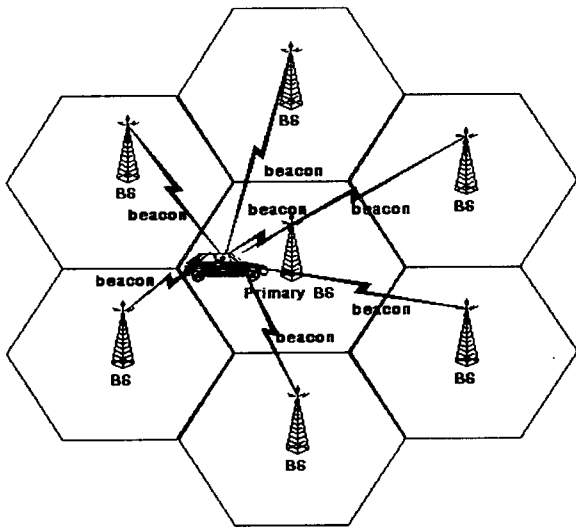


그림-2 셀(cell)과 기지국

에서 다른 셀로 이동 호스트가 움직여 가는 것을 핸드오프라 한다. 핸드오프가 발생하면 이동 호스트의 주 기지국이 변하게 된다.

오늘날 무선망에서의 셀들은 서로 겹쳐져 있거나 연속적으로 인접해 있을 수도 있으며, 서로 떨어져 있는 경우도 있다. 또한, 이러한 셀들의 크기를 정하는 것도 또 다른 이슈가 되고 있다. 셀의 크기가 작을 경우 이동 호스트들은 큰 대역폭 (bandwidth)을 가질 수 있지만 반면에 잦은 핸드

오프를 해야하는 부담이 있다. 셀의 크기가 커질 경우에는 반대의 현상이 나타난다. 이런 셀의 크기 결정에는 대역폭과 핸드오프 사이의 tradeoff가 필요하다.

기지국들은 주기적으로 beacon을 브로드캐스트 (broadcast) 하여 자신의 셀 속에 있는 이동 호스트를 판가름 한다. 이런 브로드캐스트 되는 beacon에는 기지국 자신의 IP 주소가 포함된다.

3. 새로운 핸드오프 프로토콜

제안하는 새로운 핸드오프 프로토콜은 크게 다음의 3단계의 과정을 거친다.

- (1) 이동 호스트가 기지국으로부터 브로드캐스트된 beacon을 받아 이 beacon의 강도를 계산한다.
- (2) 이동 호스트는 (1)에서 계산한 beacon의 강도를 자신의 경험치인 threshold 값과 비교하여 threshold 값과 더 큰 강도의 값을 가진 기지국이 있다면 이 기지국을 주 기지국에 알린다. 만약, beacon의 강도가 주 기지국의 beacon 강도보다 크다면 핸드오프가 발생한다.
- (3) 주 기지국은 (2)에서 알려준 기지국들을 이동 호스트의 멀티캐스트 그룹에 join 시키고, 이동 호스트로 전송되는 패킷을 이러한 멀티캐스트 그룹에게도 전송한다.

(1)을 좀더 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 이동 호스트는 여러 기지국으로부터 beacon을 받아 들인 후, 이 beacon들의 강도를 계산하여 핸드오프의 여부를 결정한다. 기지국이 브로드캐스트 한 beacon에는 기지국 자신의 IP 주소와 beacon의 강도가 포함되어 있다. 이동 호스트는 브로드캐스트된 beacon을 분석하여 이 beacon의 IP 주소가 자신의 기지국 리스트(BS list)에 등록되어 있지 않

다면 새로운 기지국에서 보낸 beacon으로 간주하고 자신의 기지국 리스트에 이 기지국을 추가하다. 만약, 이미 자신의 기지국 리스트에 등록된 기지국으로부터 브로드캐스트된 beacon이라면 beacon의 강도를 계산하여 기지국 리스트의 정보를 갱신한다.

그림-2에서와 같이 하나의 이동 호스트는 여러 개의 기지국으로부터의 beacon을 받아들일 수 있으며 이러한 beacon들을 분석하여 기지국 리스트를 관리한다.

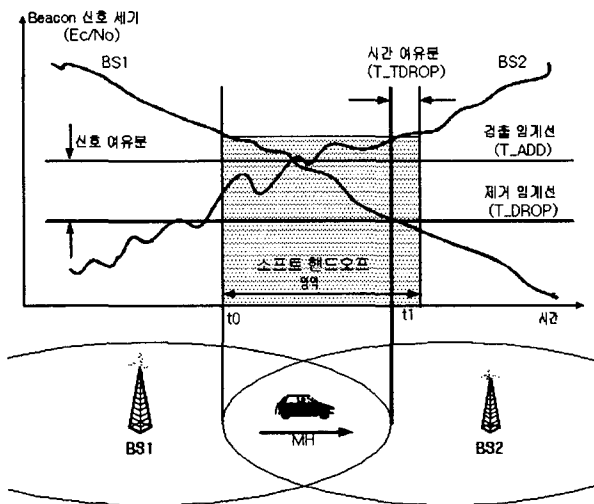


그림-3 핸드오프(handoff) 과정

(2)의 과정은 이동 호스트가 BS1 영역에서 BS2 영역으로 이동할 때 주변의 BS로부터 오는 beacon 신호의 강도를 계산하여 이 값을 미리 정해 놓은 threshold 값( $T\_ADD$ )과 비교한 후 threshold 보다 더 큰 강도 값을 가진 기지국 경우에는 주 기지국에게 이를 알린다. 여기서  $T\_ADD$  값은 동적으로 설정된다. 이 과정은 이동 호스트가 다음에 핸드오프해 갈 가능성이 높은 셀의 기지국을 예상하여 이러한 기지국들을 주 기지국에게 알리는 것이다.

(3)의 과정에서 주 기지국은 (2)에 의해 선택된 기지국들을 멀티캐스트 그룹으로 묶어 이동 호스트로 전송되는 패킷들을 이 멀티캐스트 그룹에도 전송한다. 이는 이동 호스트가 핸드오프 해 간 후에 무시할 만한 지연시간 안에 곧바로 다음 패킷을 전송 받을 수 있게 하기 위한 것이다.

핸드오프는 이동 호스트가 기지국으로부터 받아들이는 beacon의 강도를 계산하여 현재의 주 기지국보다 더 강한 강도를 가진 beacon이 전송되어 올 때 발생한다. 기존의 다른 프로토콜들은 핸드오프의 여부가 확실해 진 후, 이전의 주 기지국에서 새로운 주 기지국으로 패킷을 전송하는 방법을 사용한다. 하지만 이런 방법으로는 핸드오프 시 이동 호스트와 새로운 주 기지국 사이에 연결이 완성되기까지 어느 정도의 지연시간이 발생하게 되며, 이 지연 시간 동안에는 이동 호스트와 기지국간의 연결이 두절된 상태이다. 이런 상황에서 이동 호스트로의 패킷 전송이 있을 경우 그러한 패킷들은 손실되는 단점이 있다. 또한, 이렇게 손실된 데이터를 재전송하기 위해서 기존의 TCP는 혼잡 제어 메커니즘을 호출하게 되는 악순환을 거듭하게 된다.

제안하는 알고리즘에서는 핸드오프 과정에서의 손실된 데이터를 회복하기 위하여 버퍼링 기법을 이용한다. 이동 호스트로부터 확인 응답을 받지 않은 최근의 패킷들을 기지국의 메모리에 저장해 두었다가 핸드오프로 인해 손실된 패킷들을 고정 호스트가 아니라 기지국이 재전송하는 것이다.

#### 4. 시뮬레이션 결과

제안하는 threshold 값을 결정하는 것은 WaveLAN 카드의 SNR(Signal to Noise Ratio)의

측정 결과를 이용한다. 이런 SNR의 값을 측정하여 적절한 threshold 값을 정한다. 이 threshold 값보다 강도가 큰 beacon을 브로드캐스트 하는 기지국들을 해당 이동 호스트의 멀티캐스트 그룹에 join 시키고 이런 멀티캐스트 그룹에게 주 기지국이 이동 호스트로 전송되는 패킷을 함께 전송하여 이동 호스트가 새로운 주 기지국으로 핸드오프 한 후에도 곧 바로 다음 데이터를 전송 받을 수 있도록 한다.

식 (1)은 패킷의 크기가 1440바이트이고 하나의 기지국 당 12개의 패킷을 버퍼링하고 있으며 멀티캐스트 그룹내의 기지국 수가 7개인 경우로, 약 118KB의 메모리를 각각의 이동 호스트마다 할당해야 한다. 식 (2)는 멀티캐스트 그룹내의 기지국 수가 2개 또는 3개의 경우로, 주 기지국 하나를 더 하여 3개 또는 4개의 기지국이 이동호스트를 위해서 12개의 패킷 버퍼링하고 있다. 그렇기 때문에 할당하는 메모리는 약 51KB, 또는 76.5KB이다.

기존 TCP의 경우, 기지국의 메모리 사용량  
 1개의 주 기지국과 6개의 인접 기지국  
 $1440 \times 12(\text{packets}) \times 7(\text{BSs}) = 120.960\text{bytes} \approx 118\text{KB}$  (1)  
 제안한 프로토콜에서의 메모리 사용량  
 1개의 주 기지국과 2~3개의 인접 기지국  
 $1440 \times 12(\text{packets}) \times 3(\text{BSs}) = 51.840\text{bytes} \approx 51\text{KB}$   
 $1440 \times 12(\text{packets}) \times 4(\text{BSs}) = 69.120\text{bytes} \approx 76.5\text{KB}$  (2)

식 (1)과 식 (2)의 계산 결과는 하나의 이동 호스트에 대한 기지국들의 메모리 할당량을 추정한 것이다. 실제 무선망에서는 여러 개의 이동 호스트들이 여러 개의 기지국과 연결을 이루고 있으며 이동 호스트의 수가 많아질수록 우리가 제안한 새로운 핸드오프 프로토콜을 다루는 기지국은 메모

리 사용량을 훨씬 많이 절약할 수 있다. 이동 호스트의 수가 증가할수록 전체 네트워크의 기지국 메모리 사용량을 그래프로 나타내면 그림-4와 같다. 기존의 TCP의 메모리 사용량보다 제안하는 알고리즘에서 멀티캐스트 그룹을 3으로 취했을 경우보다 메모리 사용량이 증가된다.

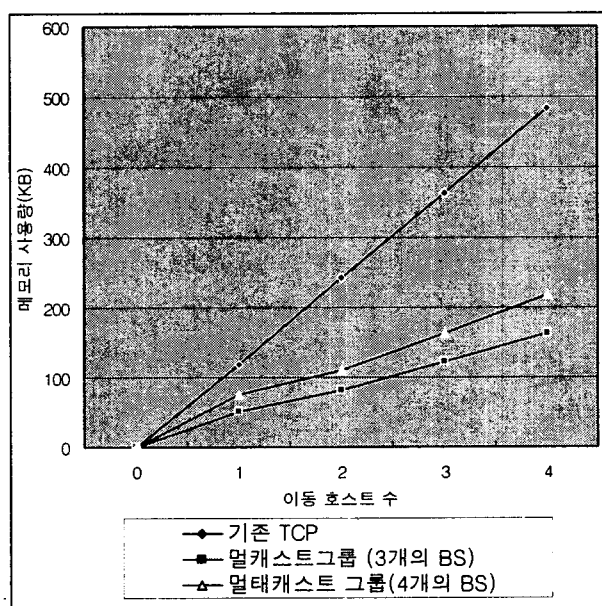


그림-4 이동 호스트 수에 따른 메모리 사용량

그림-5는 beacon 신호의 주기에 따른 TCP의 처리량을 나타낸다. Beacon 신호의 주기가 50ms이하로 설정 되었을 때 TCP 처리량이 급격히 감소하며, 50ms이상에서 처리율이 높아짐을 알수 있다. Beacon 신호 주기가 커질수록 처리량은 높아지고 일정 수준부터는 증가가 둔화됨을 확인 할 수 있다

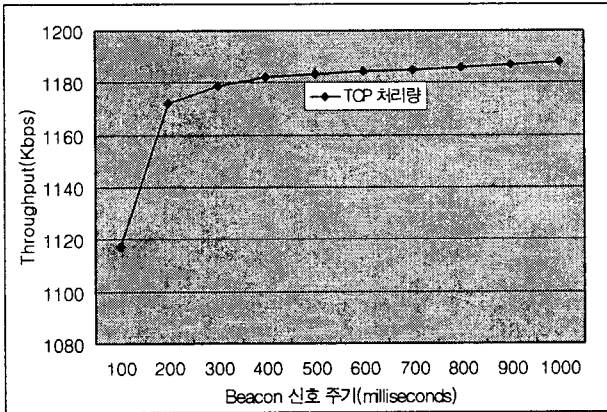


그림-5 Beacon 신호 주기에 따른 데이터 처리량

### 5. 결론

이동 컴퓨팅 환경에서의 이동 호스트가 핸드오프 과정 중 기지국과의 연결 끊김으로 인해 생기는 패킷의 손실을 최소화하고 핸드오프 시 발생하는 오랜 지연 시간을 무시할 만한 수준으로 낮추어, 무선망에서의 처리율 향상을 가져오는 새로운 핸드오프 프로토콜을 제안하였다. 이런 새로운 프로토콜은 오늘날 증가하는 이동 호스트의 대중화에 발맞춰 이동 호스트의 수가 많은 경우에도 기지국의 메모리를 절약 할 수 있으며, 또한 Mobile IP의 개념을 이용하면서 snoop의 라우팅 프로토콜과는 달리 HA의 멀티캐스트 라우팅 테이블 관리 부담을 덜어 준다.

### [참고문헌]

- [1] R. Cáceres, L. Iftode, "Improving the Performance of Reliable Transport in Mobile Computing Environments," IEEE Journal on Selected Areas in Communication, 13(5), pp. 850-857, June 1994
- [2] V. Jacobson, "Congestion avoidance and

control" in Proc. SIGCOMM 88, August 1988.

- [3] A. Bakre, B. R. Badrinath, "I-TCP : Indirect TCP for Mobile Hosts", Technical Report DCS-TR-314, Rutgers University, October 1994
- [4] Cáceres, V. N. Padmanabhan, "Fast and Scalable Handoff for Wireless Internetworks," Proceeding of the ACM MobiCom '96, November
- [5] H. Balakrishnan, S. Seshan, R. H. Katz, "Improving Reliable Transport and Handoff Performance in Cellular Wireless Networks," ACM Wireless Networks, Vol. 1, December 1995.