

# 이동 네트워크에서 SNMP 정보기반 라우팅을 이용한 핸드오프 QoS 향상 모델

장한이\* 박수현\* 백두권\*

고려대학교 컴퓨터공학과

## Handoff QoS Improvement Model in Mobile Network by SNMP Information Based Routing

Hani Jang, Soo-Hyun Park, Doo-Kwon Baik

---

### 요 약

---

Mobile IP는 단순히 이동성을 지원하는 것만을 목표로 제안되었기 때문에, 새로운 네트워크로의 연결만을 보장할 뿐, 핸드오프 후의 QoS는 보장하지 못한다. mobile IP에서 QoS는 이동 환경에서 멀티미디어 서비스나 실시간 서비스 제공 시 매우 중요시되는 문제로, 핸드오프에 의한 지연과 밀접히 연관되어있다. 본 논문에서는 이러한 핸드오프 지연 문제를 해결하기 위해, SNMP 정보 기반 라우팅을 이용하여 핸드오프 지연을 최소화하는 QoS 향상 기법을 제시한다. 이후 제시한 기법과 기존 핸드오프 방법에서 필요한 요소를 모델링한 후 NS-2를 사용하여 시뮬레이션 한다. 시뮬레이션 결과는 제시한 기법이 핸드오프 지연을 감소시켜 결과적으로 QoS가 향상되는 것을 입증한다.

**Key Words:** Mobile IP, Handoff, QoS, SNMP, Active Network, NS-2

---

## 1. 서론

mobile IP는 단순히 이동성을 지원하는 것만을 목표로 제안되었기 때문에, 새로운 네트워크로의 연결만을 보장할 뿐, 핸드오프 후의 QoS는 보장하지 못한다. mobile IP에서 처리율(throughput)이나 지연 시간, 에러율 같은 QoS 특성은 이동 환경에서 멀티미디어 서비스나 실시간 서비스 제공 시 매우 중요시되는 문제이다[1]. 특히 실시간 서비스의 핵심 요구사항은 패킷 지연에 관한 것으로, 핸드오프 지연과 밀접히 연관되어있다. 이에 따라 이동 환경에서 QoS를 보장하기 위해, 핸드오프에 의한 지연 문제는 주요 이슈로서 활발히 연구되고 있다.

특히 IP의 다음 버전인 IPv6에서는 삼각 라우팅 문제에 대한 라우팅 최적화 방법인 바인딩 캐시(binding cache)를 프로토콜의 일부로 내장하여 네트워크 로드와 지연을 상당히 감소시킬 수 있도록 하였다. 그러나 IPv6로의 표준화가 선행되어야 하고, CN(Correspond Node)이 핸드오프 후 MH(Mobile Host)경로 변화를 인지할 수 있도록, 바인딩 업데이트 메시지를 보내야 하므로, 핸드오프 지연에 이동 노드와 CN사이의 1RTT(Round Trip Time)를 추가하게되므로 멀티미디어 어플리케이션에 부담을 더욱 가중시킨다.[2]

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 선행 연구로 액티브 네트워크에서의 정보기반 라우팅에 키워드 관리 방법인 Keyup프로시저를 추가한 SNMP 정보 기반 라우팅을 제시하고, 이를 이용하여 프로토콜 표준화 없이 핸드오프 지연을 최소화하는 QoS 향상 기법을 제시한다.

## 2. SNMP 정보기반 라우팅 매커니즘

본 장에서는 Keyup 프로시저와 Keyrout 프로시저로 구성된 SNMP 정보기반 라우팅 매커니즘을 제시한다. 제시한 매커니즘은 비콘 기반 라우팅[3]

의 기본 가정을 따른다. 즉 비콘은 특정 액티브 노드이며, 각 액티브 노드는 하나 이상의 비콘에 연결되어 있다. 비콘은 전송 경로를 결정하기 위해 특정 정보를 브로드캐스트한다. 인접 노드의 라우팅 테이블 정보는 스마트 패킷을 통해 전달될 수 있다. 또한 어플리케이션 패치(patch) 배포 시 서비스 제공자(소스)가 어플리케이션 패치가 필요한 고객(목적지 1, 2)의 정확한 IP 주소를 알지 못하더라도, 연결된 비콘에 키워드(MS\_Defense)를 보내면, 원하는 다수의 고객에게 어플리케이션 패치가 전송되는 것으로 상황을 설정한다.

### 2.1 Keyup 프로시저

정보기반 라우팅에서 브로드캐스트하는 키워드는 소스노드와 목적지 노드사이에서 통일되어야만 정확한 전송이 이루어질 수 있다. 따라서 본 절에서는 키워드 정보가 중앙에서 관리되도록 하는 Keyup프로시저(Keyword Update Procedure)를 제시한다.

Keyup 프로시저는 키워드 업데이트 프로시저로서, 기존 망 관리 시스템의 SNMP(Simple Network Management Protocol)를 응용한 것이다. 따라서 MIB(Management Information Base)로의 접근은 SNMP PDU(Protocol Data Unit)를 통해 이루어지며, 중앙에서의 키워드 관리를 위해, 변경된 MIB와 같은 정보를 저장하는 mirrorMIB를 매니저에 추가하였다.

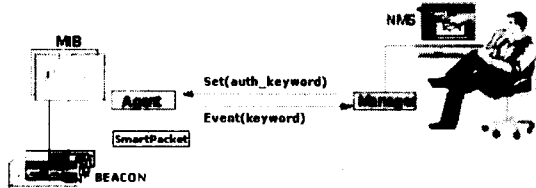
(그림 3)의 Keyup 프로시저 절차는 다음과 같다.

① 액티브 노드(Souce, Destination1, 2)는 필요한 키워드를 생성하고 이를 스마트 패킷으로 비콘에 전달한다

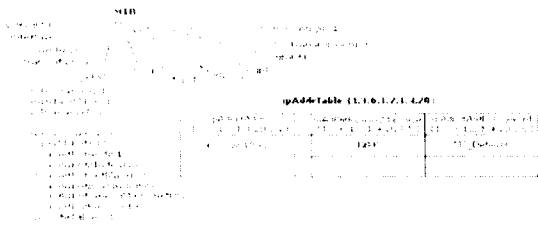
② 비콘은 매니저에 Event(keyword), 즉 Event 1.3.1.2.1.4.20.1.6 메시지를 보냄으로써 키워드 인증을 요청한다.

③ 매니저는 키워드의 인증 후, 인증된 키워드를 (그림 1)의 Set(auth\_keyword), 즉 Set 1.3.1.2.1.4.

20.1.6 메시지를 보내서, (그림 2)와 같이 비콘의 MIB의 ipAddrTable에 추가하고, 이를 ipRouteTable에도 Set 1.3.1.2.1.4.21를 통해 인증된 키워드를 추가한다. 비콘의 변경된 MIB와 같은 정보를 가지도록, 대니저의 mirrorMIB도 업데이트한다.

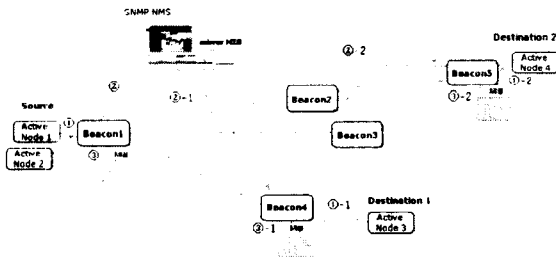


(그림 1) 비콘에 SNMP PDU를 통한 auth\_keyword 통보



(그림 2) MIB의 ipAddrTable에 auth\_keyword 추가

액티브 노드의 키워드 변경 시에는 다시 Keyup 프로시저를 통해 변경된 키워드를 매니저로 전송하게 함으로써 키워드에 대한 정보가 중앙에서 관리되도록 한다.



(그림 3) Keyup 프로시저

## 2.2 Keyrout Procedure

(그림 4)의 Keyrout 프로시저(Routing procedure

by Keyword)는 Keyup 프로시저를 통해 인증된 키워드를 통한 라우팅 경로 설정 프로시저로서, 다음과 같은 절차를 가진다.

1) 액티브 노드 1-비콘 1-비콘 4-액티브 노드 3의 링크 설정

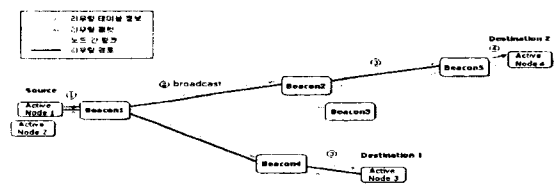
① 비콘은 키워드를 생성하고 인증을 요청한 액티브 노드(소스, 목적지 1, 2)에 링크를 설정한다.

② 소스인 액티브 노드 1으로부터 키워드를 받은 비콘 1은 Keyup 프로시저를 통해 키워드를 인증한 후, 인증된 키워드를 인접한 비콘에게 브로드캐스트한다.

③ 브로드캐스트된 키워드를 받은 비콘 4는 목적지 1인 액티브 노드 3과의 링크 정보를 인지하고 비콘 1과 비콘 4사이 링크를 설정한다. 따라서 액티브 노드 1-비콘 1-비콘 4-액티브 노드 3의 링크가 구성되고, 구성된 라우팅 경로를 따라 소스부터 목적지 1까지 데이터가 전송된다.

2) 액티브 노드 1-비콘 1-비콘 2-비콘 5-액티브 노드 4의 링크 설정

위의 (1)-① ~ (1)-②를 통해 브로드캐스트된 키워드를 받은 비콘 2는 인접한 비콘 5의 라우팅 테이블 정보를 교환할 수 있다. 따라서 비콘 2는 비콘 5에서 액티브 노드 4가 요청한 키워드가 Keyup 프로시저를 통해 비콘 5의 MIB내 ipRouteTable에 추가되었음을 인지하고, 비콘 2과 비콘 5사이 링크를 설정한다.



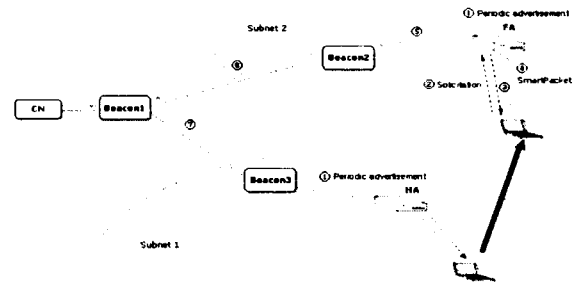
(그림 4) Keyrout 프로시저

따라서 액티브 노드 1-비콘 2-비콘 5-액티브 노드 4의 링크가 구성되고, 구성된 라우팅 경로를 따라 소스부터 목적지 2까지 데이터가 전송된다.

### 3. SNMP 정보기반 라우팅을 이용한 핸드오프 지연 향상 기법

본 장에서는 SNMP 정보라우팅을 이동환경으로 확장한, 아래와 같은 핸드오프 지연 향상기법을 제시한다. 유선 노드는 액티브 노드 또는 비콘이며, FA(Foreign Agent)는 하나의 비콘에만 연결되어 있음을 가정한다.

- ① BS((Base Station: FA 또는 HA)는 주기적으로 광고 메시지(advertisement)를 MH에게 보낸다.
- ② MH가 홈네트워크를 떠나 다른 네트워크로 들어가면, MH는 FA로부터 광고 메시지를 받는다. MH는 일정시간 후에도 광고 메시지를 받지 못하면, 간청메시지(solicitation)를 통해 BS에게 광고 메시지 송신을 요구한다.
- ③ MH는 수신한 광고 메시지의 네트워크 프리픽스(network prefix)를 보고 이동 여부를 판단한다.
- ④ 이동을 감지한 MH는 FA에게 키워드를 스마트 패킷을 통해 전송한다.
- ⑤ FA는 키워드를 받으면 연결된 비콘 2로 키워드를 전달한다.
- ⑥ 키워드를 전달받은 비콘 2는 Keyrout 프로시저를 통해 같은 키워드를 가진 인접한 비콘 1에게 키워드를 전달한다.
- ⑦ 비콘 1은 키워드를 받으면, 기존 데이터 전송 경로인 비콘 3과의 링크를 삭제하고, 스마트 패킷을 전송한 비콘 2로 링크를 설정한다.



(그림 6) SNMP 정보기반 라우팅을 이용한 핸드오프 지연 해결 기법

따라서 CN-비콘 1-비콘 3-HA-MH에서, 새롭게 설정된 경로인 CN-비콘 1-비콘 2-FA-MH로 데이터가 전송된다.

### 4. SNMP 정보기반 라우팅을 이용한 핸드오프 지연 향상 기법 모델링

mobile IP 환경에서 멀티미디어 스트리밍 시스템의 성능 분석 결과 QoS에 민감한 시스템에서 라우팅 컨버전스 시간(routing convergence time)이 성능을 결정하는 주요 요소임을 알 수 있다.[2] 본 장에서 모든 라우터들이 동일한 네트워크정보를 가질 때까지 걸리는 시간을 의미하는 라우팅 컨버전스 시간을 이동 노드에서 이동 후 주소 간청(solicitation)에서부터 새로운 주소로 패킷을 받을 때까지 걸리는 시간으로 설정하고, 이 시간동안 영향을 미치는 요소로 핸드오프 지연에 따른 패킷 손실을 가져오는 주소 등록 비용, 새로운 CoA로의 데이터 전송 비용, 터널링 비용, 비콘 프로세싱 비용을 설정하여 모델링한다. 환경 설정은 다음과 같다.

- 이동 노드는 랜덤 이동 모델(random walk mobility model)이다.
- 위치 업데이트는 이동 기반 스키마(movement-based schema)에 기반 한다.
- 네트워크 토폴로지는 그림 9, 10과 같이 설정한다.

■ BS에서의 프로세싱 비용(processing cost)은  $C_A$ 이다.

■ 비콘에서의 프로세싱 비용은  $C_B$ 이다.

■ 전송 비용(transmission cost)은 소스와 목적지 사이의 거리에 비례(비례 상수  $\delta \gamma$ )한다.

■ 유선에서 노드사이의 거리는 모두  $d$ 로 같다고 가정한다.

■ BS과 MH(Mobile Host)사이의 거리는  $d'$ 이다.

■ 이동노드의 이동률(mobility rate)은  $\lambda_m$ 이다.

■ 패킷의 도착률(arrival rate)은  $\lambda_a$ 이다.

#### 4.1 주소 등록 비용

BS는 광고 메시지를 주기적으로 브로드캐스트한다. MH가 BS로부터 광고 메시지를 받지 못할 경우, MH는 BS에게 간청 메시지를 보내 광고 메시지를 직접 받을 수 있도록 한다. 이동 노드는 수신한 광고메시지의 프리픽스(prefix)를 보고 자신이 홈 네트워크에 있는지를 판단한다. 외부 네트워크에 있다고 판단될 경우, FA에게 등록 요청 메시지를 보낸다. FA는 등록 요청 메시지를 받으면 등록 요청 메시지를 MH의 HA에게 전달하고, 등록 요청 메시지를 받은 HA는 등록 응답 메시지를 보내 CoA가 등록되었음을 알린다. 이에 따라 기존 mobile IP에서(그림 7) 주소 등록 비용은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{registration cost/movement} \\ & = 2C_{hf} + 3C_A + 2C_{fm} \quad [4] \end{aligned}$$

①  $C_{hf}$ 의 경우

HA로부터 새로운 FA까지의 평균거리를  $d$ 로 두면, 전송 비용은 평균 거리  $d$ 에 비례하므로,  $C_{hf}$ 는 다음과 같다.

$$C_{hf} = \delta \gamma d$$

②  $C_{fm}$ 의 경우

무선 링크로의 전송 비용은 일반적으로 유선 링크에서보다 높다. 무선 링크로의 전송 비용을 유선

링크 전송 비용보다  $k$ 배 높다고 가정하면,  $C_{fm}$ 는 다음과 같다.

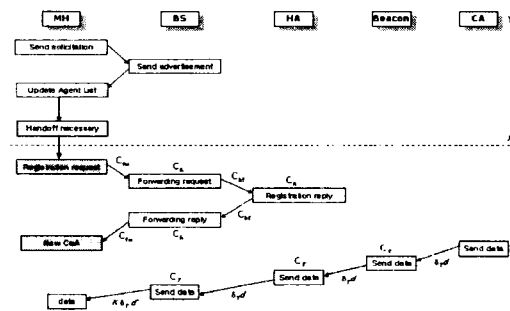
$$C_{fm} = k \delta \gamma d'$$

따라서 평균 등록비용/이동(average registration cost/movement)은 다음과 같다.

$$2(d+kd')\delta \gamma + 3C_A$$

MH의 이동률(mobility rate)이  $\lambda_m$ 이므로, 주소 등록 비용 비용은 다음과 같이 결정된다.

$$Reg_{mip} = \lambda_m [2(d+kd')\delta \gamma + 3C_A]$$



(그림 7) 기존 mobile IP에서의 핸드오프 프로세스 모델링

제시한 프로시저에서는(그림 8) BS에서 등록 요청을 HA에게 포워드 하는 대신에 비콘에 스마트 패킷을 보낸다. 비콘에서는 이동 전 서브넷에서의 이동 노드로의 링크를 삭제한다. 따라서 이동 후 CA부터 새로운 CoA로 데이터를 보내기 전까지 비용은 아래와 같다.

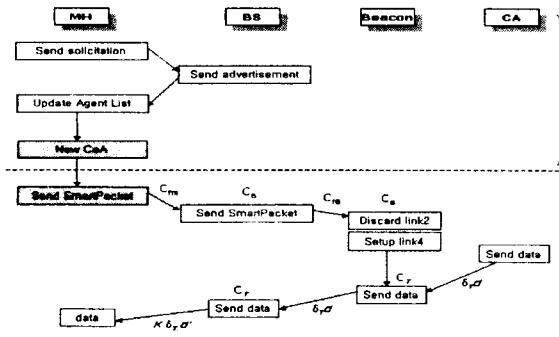
$$C_{fm} + 2C_B + C_{f3}$$

따라서 평균 비용/이동(average registration cost/movement)은 다음과 같다.

$$(d+kd')\delta \gamma + 2C_B$$

MH의 이동률(mobility rate)이  $\lambda_m$ 이므로, 등록 비용은 다음과 같이 결정된다.

$$Reg_{mip} = \lambda_m [(d+kd')\delta \gamma + 2C_B]$$



(그림 8) SNMP 정보기반 라우팅을 이용한 핸드오프 프로세스 모델링

#### 4.2. 핸드오프 지연과 패킷 손실

긴 핸드오프 지연은 높은 패킷 손실률을 가져오며 이는 네트워크 처리율을 감소시킨다. 패킷의 도착률(arrival rate)을  $\lambda_a$ 라 하고, 패킷의 도착은 MH의 이동 속도와 무관하다고 가정하면, 기존 mobile IP에서 패킷 손실은 다음과 같다.

평균 패킷 손실/시간(average number of packet drop/unit time)

$$= \lambda_a \lambda_m [2(d+kd')\delta_T + 3C_A]$$

반면, 제시한 기법에서 패킷 손실은 다음과 같다.

평균 패킷 손실/시간

$$= \lambda_a \lambda_m [(d+kd')\delta_T + 2C_B]$$

#### 4.3 새로운 CoA로 데이터 전송

본 절에서는 이동 노드의 이동 후 CA부터 새로운 CoA로 데이터를 보내는 비용( $Cost_{trans}$ )을 수식화한다. 기존 mobile IP에서 비용( $Cost_{trans}$ )은 삼각 라우팅되는 데이터 전송 경로에서의 비용과 데이터 터널링 비용의 합이다. 제시한 기법에서는 첫번째 패킷을 보낼 때 필요한 비콘 프로세싱 비용과 최적화된 라우팅 경로에서의 데이터 전송 비용의 합이다. 기존 기법에서 전송비용은 다음과 같다.(N은 패킷 전송횟수)

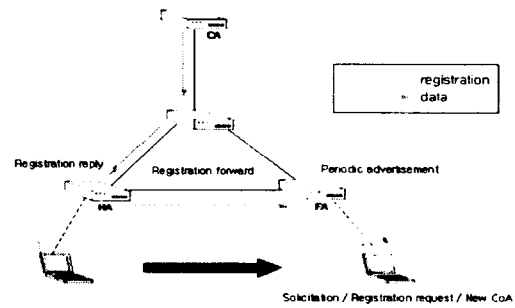
$$Cost_{trans} = N(3\delta_T d + 3C_T + k\delta_T d')$$

제시한 기법에서 전송 비용은 다음과 같다.

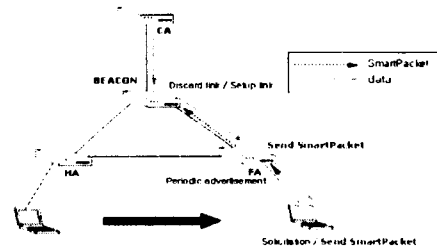
$$Cost_{trans}$$

$$= C_B + N(2\delta_T d + 2C_T + k\delta_T d')$$

위의 기존 기법에서의 전송비용을 보면, 기존 기법에서는 삼각 라우팅되는 데이터 전송 경로의 비용( $Cost_{trans}$ )이 N에 비례해 증가할 것이라는 것을 알 수 있다. 제시한 기법에서는 첫 번째 패킷에 대해서만 비콘 프로세싱하고, 이후 터널링 비용 없이 N이 증가하면서 최적화된 경로로 패킷을 전송하므로 기존 기법에서 보다 훨씬 비용을 감소시킬 수 있다



(그림 9) 기존 mobile IP에서 핸드오프 후의 데이터 전송 경로



(그림 10) SNMP 정보기반 라우팅을 이용한 핸드오프 후의 전송 경로

### 5. NS-2를 이용한 시뮬레이션

본 장에서는 5장에서 모델링한 기존 기법과 제시한 기법을 FreeBSD(version 4.5) 운영체제 하 NS-2(Network Simulator 2)(version 2.1b7a)를 사용해 시뮬레이션 한다. NS-2에서 시뮬레이션을 위해 아래와 같은 NS 확장 모듈을 추가한다.

■ 액티브네트워크 시뮬레이션을 위한 Ee

## 에이전트

### ■ 새로운 핸드오프 프로시저

시뮬레이션을 통해 기존 핸드오프 과정과 본 논문에서 제시한 프로시저의 처리율과 트래픽을 비교하기 위해, <표 1>와 같이 4개의 시뮬레이션 시나리오를 작성한다. 기존 기법과 제시한 기법의 차이는 스마트 패킷을 보내기 위해 필요한 Ee 에이전트의 유·무에 둔다.

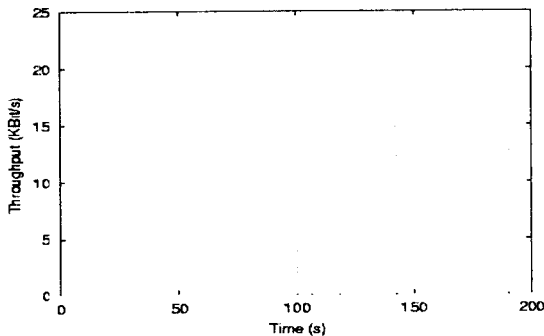
<표 1>

	IP Layer Agent	Application Layer Agent	Ee Agent
시뮬레이션 1	Agent/TCP	Application/FTP	무
시뮬레이션 2	Agent/TCP	Application/FTP	유
시뮬레이션 3	Agent/UDP	Application/Traffic/Exponential	무
시뮬레이션 4	Agent/UDP	Application/Traffic/Exponential	유

## 6. 성능 평가

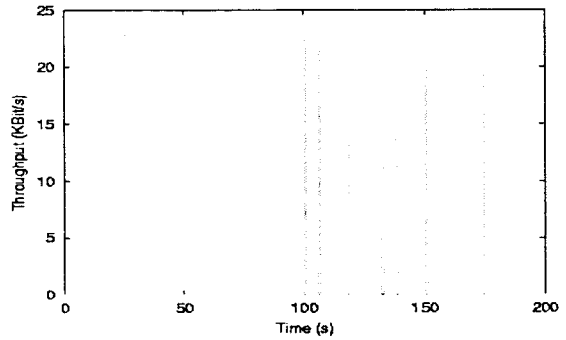
### 6.1 처리율 비교

(그림 11)과 (그림 12)는 시뮬레이션 동안 MH로의 TCP 패킷 처리율을 보여준다. 기존 핸드오프 과정인 <시뮬레이션 1>에서는 MH는 핸드오프 후 새로운 연결이 이루어지는 시간인 132.01 초까지 여전히 HA와 통신하고 있기 때문에 상당한 패킷 손실을 일어나며 핸드오프 후에는 삼각 라우팅으로 인한 전송 지연으로 인해 결과적으로 TCP 처리율의 상당한 손실을 가져오게 된다(그림 11).



(그림 11) 시뮬레이션 1 결과

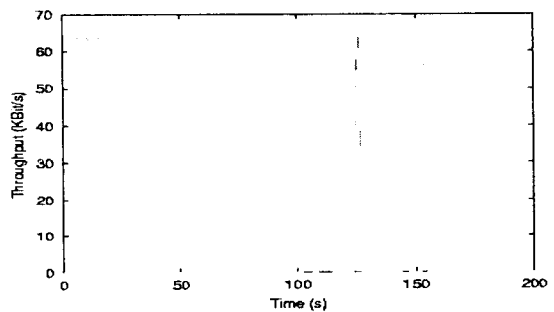
<시뮬레이션 2>에서 TCP 패킷 처리율은 <시뮬레이션 1>과 비교해 40%의 향상을 보여준다(그림 12). 이는 삼각 라우팅 문제를 해결해 핸드오프 지연 최소화함으로써 처리율 향상을 가져온 것이다.



(그림 12) 시뮬레이션 2 결과

### 6.2 트래픽 분석

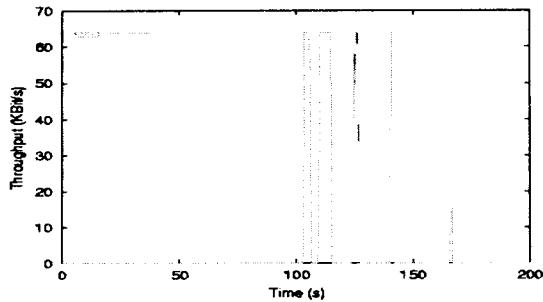
(그림 13)과 (그림 14)는 어플리케이션에 의해 지속적으로 증가하는 네트워크 트래픽을 분석하기 위해 시뮬레이션 동안 UDP 위 지수 트래픽 에이전트를 추적한 것이다. <시뮬레이션 3>의 결과(그림 13)은 삼각 라우팅으로 인한 전송 지연으로 발생하는 어플리케이션 트래픽을 보여준다.



(그림 13) 시뮬레이션 3 결과

(그림 14)와 같이 <시뮬레이션 4>의 결과는 <시뮬레이션 3>의 결과에 비해 47.87%의 트래픽 감소를 보여주고 있다. 이것은 이동 후 새로운 CoA를 받은 후부터 전송 경로 최적화를 통한 빠른 패킷 처리로 지연 시간이 줄어들면서 트래픽이 감소한

결과이다.



(그림 14) 시뮬레이션 4 결과

## 7. 결론 및 향후 과제

본 연구의 목적은 mobile IP에서 QoS가 보장되지 않는 문제를 해결하는 것이다. 시뮬레이션 결과, 본 논문에서 제안한 기법은 삼각 라우팅 문제로 인한 핸드오프 지연을 해결함으로써 TCP 패킷 처리율을 40% 향상시키고, 어플리케이션 트래픽을 47.87% 감소시킴을 확인할 수 있었다. 이는 제시한 기법이 핸드오프 지연을 최소화함으로써, 결과적으로 QoS가 향상되었음을 입증하고있다.

추후 연구로 현재 논문에서 제시한 기법을 IPv6에서의 핸드오프 프로세스와 비교해 모델링하였고, MobiWan(NS-2 extensions to study Mobility in Wide-Area IPv6 Networks)을 사용한 시뮬레이션이 진행 중이다.

## 참고 문헌

- [1] Dan Chalmers, Morris sloan, "A Survey of Quality of Service in Mobile Computing Environmrnt", IEEE Communication surveys, Second Quarter 1999.
- [2] Stefan Schemid, Joe Finney, Andrew Scott, Doug Shepherd, "Active Component Driven Network Handoff for Mobile Multimedia

System", Proceedings of the 7th International Workshop on Interactive Distributed Multimedia Systems and Telecommunications (IDMS), October 2000.

[3] <http://www.ittc.ku.edu/~ananth/845.html>, "Beacon Routing in Active Network".

[4] Yu Wang, Weidong Chen, Joseph S.M.Ho, "Performance Analysis of Adaptive Location Management for Mobile IP", Technical Report 97-CSE-13, Southern Methodist University, 1997.