

# 액티브 네트워크에서 SNMP 정보기반 라우팅을 이용한 핸드오프 QoS 향상 기법

장 한 이<sup>†</sup> · 박 수 현<sup>††</sup> · 백 두 권<sup>†††</sup>

## 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 제공시 매우 중요시되는 문제로, 핸드오프에 의한 지연과 밀접히 연관되어있다. 본 논문에서는 이러한 핸드오프 지연 문제를 해결하기 위해, 액티브 네트워크에서의 정보기반 라우팅에 키워드 관리 방법을 추가한 SNMP 정보기반 라우팅을 제시하고, 이를 이용하여 핸드오프 지연을 최소화하는 QoS 향상 기법을 제시한다. 또한 기존 핸드오프 방법과 제시한 기법을 모델링한 후 NS-2를 사용하여 시뮬레이션 한다. 시뮬레이션 결과는 제시한 기법이 핸드오프 지연을 최소화시켜 QoS를 향상시켰음을 입증한다.

## QoS controlled handoff by SNMP information-based routing in active network

Hani Jang<sup>†</sup> · Soo-Hyun Park<sup>††</sup> · Doo-Kwon Baik<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

Mobile IP has been designed only to maintain communications as they move from place to place, so it doesn't guarantee Quality of Service (QoS). QoS in mobile IP is important to provide multimedia and real-time applications services in mobile environment, and it is closely related to handoff delay. Therefore, handoff delay problem is actively studied to guarantee QoS as a main issue in mobile IP research area. In this paper, we suggest SNMP Information-based routing that adds keyword management method to Information-based routing in active network in order to resolve such a problem, and then suggest QoS controlled handoff based on SNMP Information-based routing. After modeling of suggested method and existing handoff method, simulations are carried out with NS-2 for performance evaluation. The results of simulations show the some improvement on handoff delay, and therefore on QoS improvement.

키워드 : SNMP(Simple Network Management Network), 액티브 네트워크(Active Network), 정보기반 라우팅(Information-based Routing), mobile IP, 핸드오프 지연(Handoff Delay), QoS(Quality of Service), NS-2(Network Simulator 2)

### 1. 서 론

mobile IP는 현재 인터넷에서 이동성을 지원하기 위한 표준 프로토콜이다. mobile IP는 기본적으로 이동노드의 홈 네트워크에 HA(Home Agent)라는 라우터를 두고 이 HA에 이동 노드가 자신의 CoA(Care of Address), 즉 이동 노드가 외부 네트워크에서 사용하는 주소를 등록해서, HA가 이동노드로 향하는 패킷을 등록된 이동 노드의 CoA로 전달하는 방식으로 동작한다[1]. 따라서 핸드오프시 항상 HA에게 CoA를 등록해야 하므로, 이동 노드로 향하는 패킷은 끝바

로 이동 노드로 라우팅되지 않고 항상 HA를 통해 라우팅 되는 삼각 라우팅 문제(triangle routing problem)가 발생한다.

mobile IP는 단순히 이동성을 지원하는 것만을 목표로 제안되었기 때문에, 새로운 네트워크로의 연결만을 보장할 뿐, 핸드오프 후의 QoS는 보장하지 못한다. mobile IP에서 처리율(throughput)이나 지연시간, 에러율 같은 QoS 특성은 이동 환경에서 멀티미디어 서비스나 실시간 서비스 제공시 매우 중요시되는 문제이다[2]. 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

† 준 회원 : 고려대학교 대학원 컴퓨터학과

†† 정 회원 : 국민대학교 컴퓨터·응용과학부 교수

††† 종신회원 : 고려대학교 컴퓨터학과 교수

논문접수 : 2002년 8월 22일, 심사완료 : 2002년 9월 25일

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 CN 사이의 1RTT(Round Trip Time)를 추가하게되므로 멀티미디어 어플리케이션에 부담을 더욱 가중시킨다[3].

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

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제시한 기법에서 사용한 요소 기술에 대해 기술한다. 3장에서는 제시한 SNMP 정보기반 라우팅에 대해 설명한다. 4장에서는 SNMP 정보기반 라우팅을 이용해 핸드오프의 지연을 최소화하는 기법을 설명한다. 5장에서는 라우팅 컨버전스 시간을 설정하여 기존 핸드오프 기법과함께 제시한 기법에서 필요한 요소를 모델링한다. 6장에서는 NS-2를 사용한 시뮬레이션 결과를 설명하고 비교평가 한다. 마지막으로 7장에서는 연구 성과와 향후 과제에 대해 설명한다.

## 2. 관련 연구

본 장에서는 제시한 기법에서 기본이 되는 요소 기술에 대해 설명하고, 신뢰성 있는 시뮬레이터인 NS-2에 대해 기술한다.

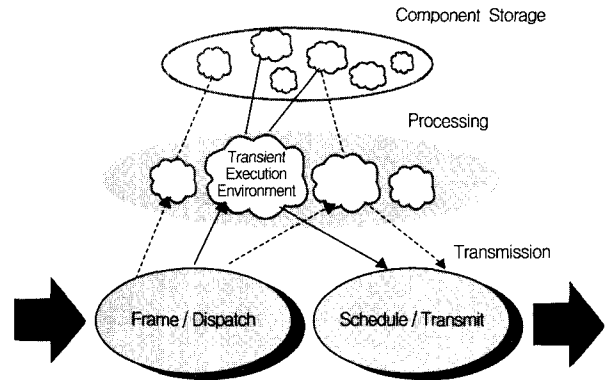
### 2.1 액티브 네트워크

액티브 네트워크는 노드에서 패킷에 포함된 프로그램의 실행이 가능하도록 한 네트워크이다. 따라서 기존 네트워크에서 노드는 단순히 데이터 전송을 목적으로 패킷의 헤더 정보만을 처리한데 비해, 액티브 네트워크에서는 사용자가 노드의 기능을 특성화시킬 수 있으므로, 사용자 중심의 네트워크 구성이 가능하게 된다. 이에 따라 액티브 네트워크는 표준화 작업 없이 빠른 속도로 새로운 서비스들이 전개되도록 한다[4].

액티브 네트워크에서 프로그램 가능한 패킷은 일반 패킷과 구분하기 위해 접근 방법에 따라 스마트 패킷(Smart packet) 또는 액티브 패킷(Active packet)이라 부른다. 본 논문에서는 통합 방법(Integrated approach)에서의 스마트 패킷을 사용한다. 스마트 패킷은 데이터와 프로그램 코드를 포함한다.

이러한 액티브 네트워크는 패킷에 ANEP(Active Network Encapsulation Protocol) 헤더[5]를 두어 기존 네트워크와도 상호 운영될 수 있다. 즉 ANEP헤더로 일반 패킷과 스마트 패킷을 구분하여, 스마트 패킷일 경우 (그림 1)과 같이 노드

OS의 실행 환경(transient execution environment)으로 디스패치(dispatch)하여 그 결과를 스케줄러에 따라 다른 노드로 전송하거나 액티브 노드에 할당된 자원 저장소인 컴포넌트 저장소에 저장한다[6].



(그림 1) 액티브 네트워크 구조[5]

### 2.2 액티브 라우팅

기존 네트워크에서 사용자의 데이터는 라우터에 내재된 라우팅 프로토콜에 의해 정해진 경로에 따라 전송되는데 비해, 액티브 네트워크에서는 사용자가 전송한 스마트 패킷(Smart Packet)의 내용에 따라 선택적인 라우팅이 가능하다. 즉, 사용자는 스마트 패킷에 라우터 내의 상주 루틴을 호출할 수 있도록 하는 메소드를 넣어 라우팅 테이블을 선택적으로 수정할 수 있으며, 또한 사용자가 직접 정의한 라우팅 메소드를 넣어 액티브 노드에서 디폴트 라우팅 메소드를 오버라이드(override)하게 함으로써, 사용자가 정의한 라우팅 프로토콜에 따라 경로를 설정할 수 있다[7]. 따라서 정보기반 라우팅과 같은 새로운 라우팅 전략을 구현할 수 있다.

### 2.3 정보기반 라우팅

정보기반 라우팅은 스마트 패킷을 효율적으로 보내기 위한 비콘 라우팅(Beacon Routing)[8]을 기반으로 한다. 비콘은 스마트 패킷을 어떻게 라우팅 할 것인지에 대한 정보를 전달하는 선택된 특정 액티브 노드이며 전통적인 라우터처럼 동작한다. 액티브 노드는 하나이상의 비콘에 연결되어 있으며, 스마트 패킷 내의 메소드를 바탕으로 목적지까지 전송되도록 한다. 비콘은 전송 경로를 결정하기 위해 특정 정보를 브로드캐스트하고 목적지 주소와 연관된 비콘에 링크를 설정한다. 비콘 라우팅은 브로드캐스트하는 정보에 따라 지리적 위치 라우팅, 토폴로지 라우팅, 정보기반 라우팅으로 나뉜다. 비콘 기반 라우팅은 IP 주소대신 브로드캐스트하는 정보를 기반으로 라우팅하기 때문에, 호스트가 이동하여도 최적 경로 설정이 가능하게되므로 이동 환경을 위한 전략 수립에 매우 효과적이다.

정보기반 라우팅에서 액티브 노드는 비콘에 보내는 키워드에 기반해 비콘을 선택할 수 있다. 따라서 액티브 노드에 연

결된 비콘은 고정될 필요가 없다. 즉 스마트 패킷에 따라 액티브 노드는 비콘을 변경할 수 있다. 이는 곧 패킷이 통과하는 경로를 특정 범위로 한정되게 하므로, 어플리케이션 서비스를 좀 더 선택적으로 전송할 수 있어 효율적이다. 특히 리거시(legacy) 라우터가 공존하는 이중환경에서는 비콘을 포함한 액티브 노드사이에서만 전송이 이루어지기 때문에 ANEP 헤더의 프로세싱 시간을 없앨 수 있다.

### 3. SNMP 정보기반 라우팅 메커니즘

본 장에서는 Keyup 프로시저와 Keyrout 프로시저로 구성된 SNMP 정보기반 라우팅 메커니즘을 제시한다. 제시한 메커니즘은 비콘 기반 라우팅의 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) 배포시 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.

#### 3.1 Keyup 프로시저(Keyword Update Procedure)

정보기반 라우팅에서 브로드캐스트하는 키워드는 소스노드와 목적지 노드 사이에서 통일되어야만 정확한 전송이 이루어질 수 있다. 따라서 본 절에서는 키워드 정보가 중앙에서 관리되도록 하는 Keyup 프로시저를 제시한다.

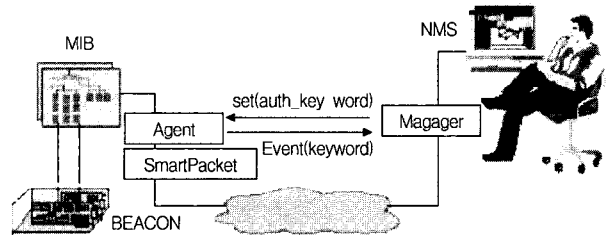
Keyup 프로시저는 키워드 업데이트 프로시저로서, 기존 망 관리 시스템의 SNMP(Simple Network Management Protocol)를 응용한 것이다. 따라서 MIB(Management Information Base)로의 접근은 SNMP PDU(Protocol Data Unit)를 통해 이루어지며[9], 중앙에서의 키워드 관리를 위해, 변경된 MIB와 같은 정보를 저장하는 mirrorMIB를 매니저에 추가하였다.

(그림 4)의 Keyup 프로시저 절차는 다음과 같다.

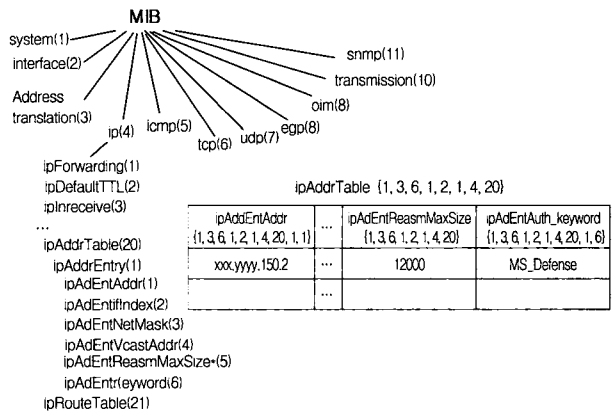
- ① 액티브 노드(Source, Destination1, 2)는 필요한 키워드를 생성하고 이를 스마트 패킷으로 비콘에 전달한다
- ② 비콘은 매니저에 (그림 2)처럼 Event(keyword), 즉 Event 1.3.1.2.1.4.20.1.6 메시지를 보냄으로써 키워드 인증을 요청한다.
- ③ 매니저는 키워드의 인증 후, 인증된 키워드를 (그림 2)의 Set(auth\_keyword), 즉 Set 1.3.1.2.1.4.20.1.6 메시지를 보내서, (그림 3)와 같이 비콘의 MIB의 ipAddrTable에

추가 하고, 이를 ipRouteTable에도 Set 1.3.1.2.1.4.21를 통해 인증된 키워드를 추가한다. 비콘의 변경된 MIB와 같은 정보를 가지도록, 매니저의 mirrorMIB도 업데이트한다.

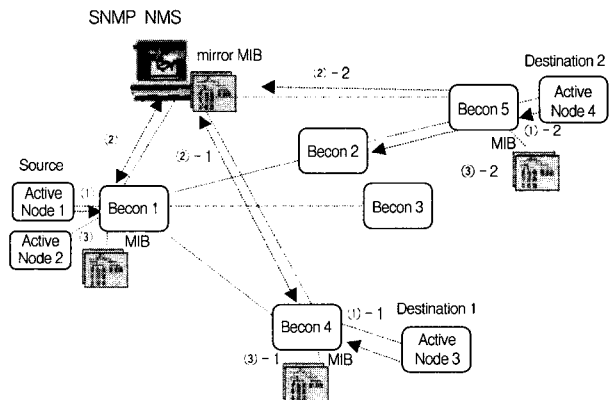
액티브 노드의 키워드 변경 시에는 다시 Keyup 프로시저를 통해 변경된 키워드를 매니저로 전송하게 함으로써 키워드에 대한 정보가 중앙에서 관리되도록 한다.



(그림 2) 비콘에 SNMP PDU를 통한 auth\_keyword 통보



(그림 3) MIB의 ipAddrTable에 auth\_keyword 추가



(그림 4) Keyup 프로시저

#### 3.2 Keyrout Procedure (Routing procedure by Keyword)

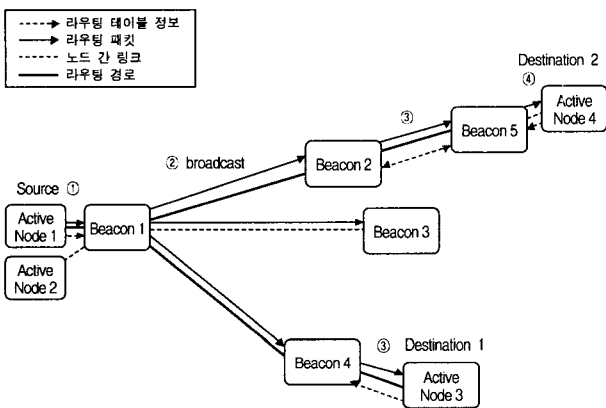
(그림 5)의 Keyrout 프로시저는 Keyup 프로시저를 통해 인증된 키워드를 통한 라우팅 경로 설정 프로시저로서, 다음

과 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 4 사이에 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

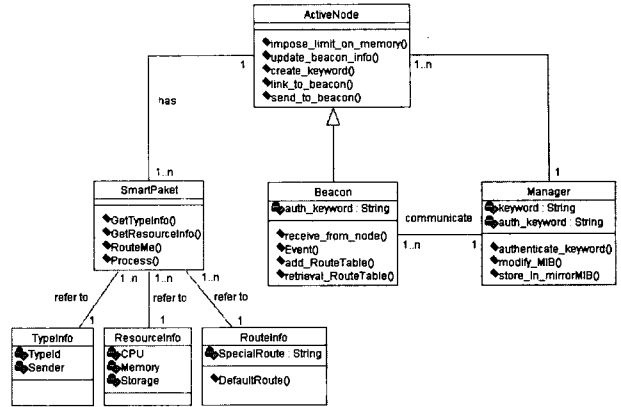
위의 (1)-①~(1)-②를 통해 브로드캐스트된 키워드를 받은 비콘 2는 인접한 비콘 5의 라우팅 테이블 정보를 교환할 수 있다. 따라서 비콘 2는 비콘 5에서 액티브 노드 4가 요청한 키워드가 Keyup 프로시저를 통해 비콘 5의 MIB내 ipRouteTable에 추가되었음을 인지하고, 비콘 2과 비콘 5사이에 링크를 설정한다. 따라서 액티브 노드 1-비콘 2-비콘 5-액티브 노드 4의 링크가 구성되고, 구성된 라우팅 경로를 따라 소스부터 목적지 2까지 데이터가 전송된다.



(그림 5) Keyrout 프로시저

### 3.3 SNMP 정보기반 라우팅 클래스 다이어그램 디자인

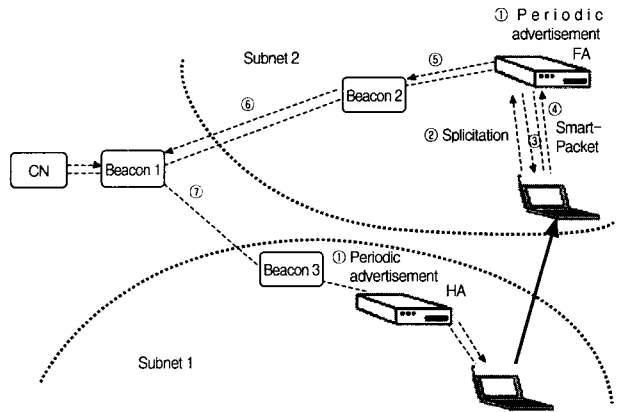
(그림 6)은 래셔널 로즈(Rational Rose)툴을 사용하여 SNMP 정보기반 라우팅 구현에 필요한 클래스와 메소드를 UML 클래스 다이어그램(Unified Modeling Language Class Diagram)으로 나타낸 것이다. SNMP 정보기반 라우팅의 클래스를 보다 상세한 정의는 <부록 A>에 나타내었다.



(그림 6) SNMP 정보기반 라우팅 클래스 다이어그램

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

본 장에서는 SNMP 정보라우팅을 이동환경으로 확장한 핸드오프 지연 향상기법(그림 7)을 제시한다. 유선 노드는 액티브 노드 또는 비콘이며, FA(Foreign Agent)는 하나의 비콘에만 연결되어있음을 가정한다.



(그림 7) SNMP 정보기반 라우팅을 이용한 핸드오프 지연 해결 기법

- 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 일정 시간 후에도 광고메세지를 받지 못하면, 간청메시지(solicitation)를 통해 BS에게 광고메시지 송신을 요구한다.
- ③ MH는 수신한 광고메시지의 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.

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

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

mobile IP 환경에서 멀티미디어 스트리밍 시스템의 성능 분석 결과 QoS에 민감한 시스템에서 라우팅 컨버전스 시간 (mobile routing convergence time)이 성능을 결정하는 주요 요소임을 알 수 있다[3]. 본 장에서 모든 라우터들이 동일한 네트워크정보를 가질때까지 걸리는 시간을 의미하는 라우팅 컨버전스 시간을 이동 노드에서 이동 후 주소 간청(solicitation)에서부터 새로운 주소로 패킷을 받을 때까지 걸리는 시간으로 설정하고, 이 시간 동안 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 10)~(그림 11)과 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  $\delta_T$ )한다.
- 유선에서 노드사이의 거리는 모두  $d$ 로 같다고 가정한다.
- BS과 MH(Mobile Host)사이의 거리는  $d'$ 이다.
- 이동노드의 이동율(mobility rate)은  $\lambda_m$ 이다.
- 패킷의 도착율(arrival rate)은  $\lambda_a$ 이다.

#### 5.1 주소 등록 비용

BS는 광고 메시지를 주기적으로 브로드캐스트한다. MH가 BS로부터 광고 메시지를 받지 못할 경우, MH는 BS에게 간청 메시지를 보내 광고메시지를 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 8) 주소 등록 비용은 다음과 같다.

$$\text{registration cost/movement} = 2C_{hf} + 3C_A + 2C_{fm} \quad [10]$$

#### ① $C_{hf}$ 의 경우

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

$$C_{hf} = \delta_T d$$

#### ② $C_{fm}$ 의 경우

무선 링크로의 전송비용은 일반적으로 유선 링크에서보다 높다. 무선 링크로의 전송비용을 유선 링크 전송비용보다  $k$ 배 높다고 가정하면,  $C_{fm}$ 는 다음과 같다.

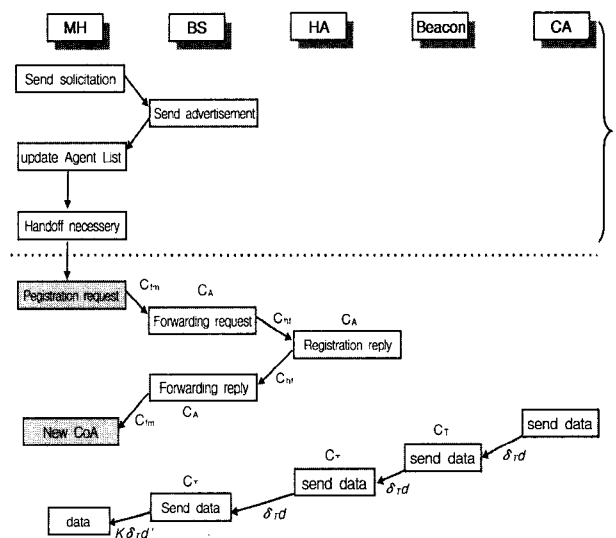
$$C_{fm} = k \delta_T d'$$

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

$$2(d + kd') \delta_T + 3C_A$$

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

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



(그림 8) 기존 mobile IP에서의 핸드오프 프로세스 모델링

제시한 프로시저에서는(그림 9) BS에서 등록 요청을 HA에게 포워드 하는 대신에 비콘에 스마트 패킷을 보낸다. 비콘에서는 이동전 서버넷에서의 이동 노드로의 링크를 삭제한

다. 따라서 이동 노드의 이동 후 CA부터 새로운 CoA로 데이터를 보내기 전까지 비용은 아래와 같다.

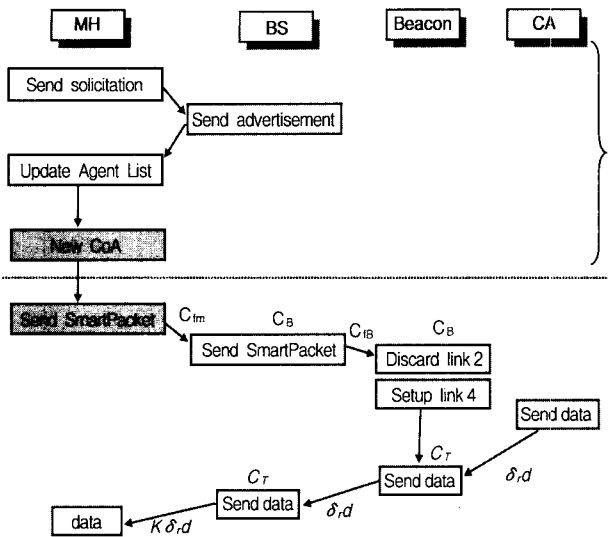
$$C_{fm} + 2C_B + C_{fB}$$

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

$$(d + kd') \delta_T + 2C_B$$

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

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



(그림 9) SNMP 정보기반 라우팅을 이용한 핸드오프 프로세스 모델링

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

5.3 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 기법에

서는 첫 번째 패킷을 보낼때 필요한 비콘 프로세싱 비용과 최적화된 라우팅 경로에서의 데이터 전송비용의 합이다.

기존 기법에서 전송비용은 다음과 같다.

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

$N = 1$  ( $N$ 은 패킷 전송 횟수)

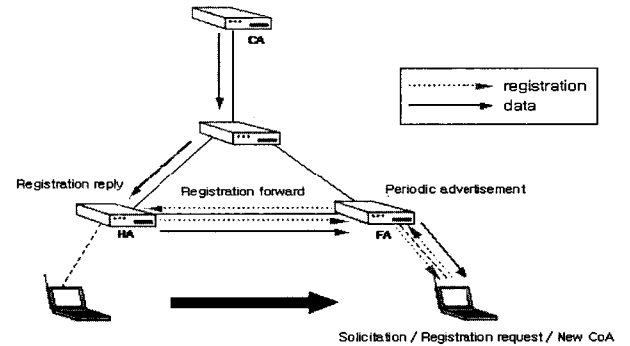
제시한 기법에서 전송비용은 다음과 같다.

$$Cost_{trans} = C_B + N(2\delta\tau d + 2C_T + k\delta\tau d')$$

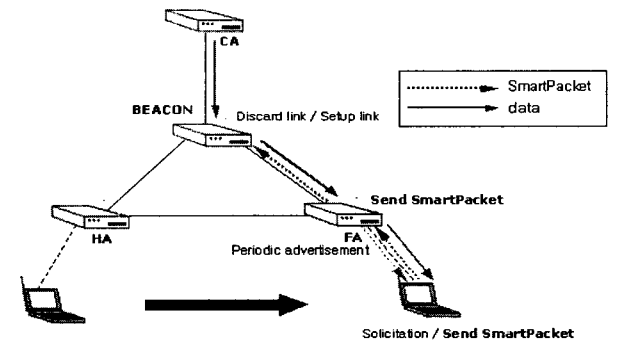
$N = 1$  ( $N$ 은 패킷 전송 횟수)

위의 기존 기법에서의 전송비용을 보면, 기존 기법에서는 삼각 라우팅되는 데이터 전송 경로의 비용( $Cost_{trans}$ )이  $N$ 에 비례해 증가할 것이라는 것을 알 수 있다.

제시한 기법에서는 첫 번째 패킷에 대해서만 비콘 프로세싱 하고, 이후 터널링 비용없이  $N$ 이 증가하면서 최적화된 경로로 패킷을 전송하므로 기존 기법에서 보다 훨씬 비용을 감소시킬 수 있다.



(그림 10) 기존 mobile IP에서 핸드오프 후의 데이터 전송 경로



(그림 11) SNMP 정보기반 라우팅을 이용한 핸드오프 후의 전송 경로

6. NS-2를 이용한 시뮬레이션

본 장에서는 5장에서 모델링한 기존 기법과 제시한 기법을 아래와 같은 성능평가 환경 하에 NS-2(Network Simulator 2)를 사용해 시뮬레이션 한다.

<표 1>

Hardware	Pentium-III 750Mhz CPU
Operating System	FreeBSD 4.5
Software	NS-2 2.1b7a(UC Berkeley wireless extension[11]), Gnuplot
Programming Language	C++, OTcl, Perl

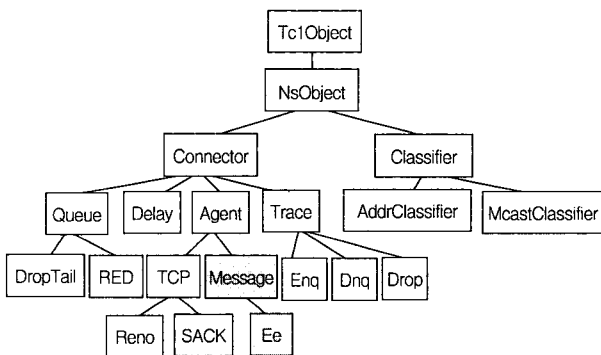
6.1 NS-2 확장

TascNets사에서는 PANAMA(Protocol for Active Networking with Adaptive Multicast Application) 프로젝트의 일부로 NS-2에서 액티브 네트워크 시뮬레이션 지원을 위한 패키지를 개발하였다. 그러나 이 패키지는 주로 멀티캐스트와 프로젝트에서 구현한 프로토콜인 AER에 맞춰져 있고, 분류기(classifier)를 변경해야 하기 때문에 일반적인 액티브 네트워크를 시뮬레이션하기 힘들다. 따라서 이에 대한 대안으로 본 논문에서는 일반적인 액티브네트워크를 쉽고 간단히 시뮬레이션하도록 다음과 같은 NS 확장 모듈을 추가한다.

- Ee 에이전트
- 새로운 핸드오프 프로시저

6.1.1 Ee 에이전트 정의

분류기를 변경하지 않고 가능하면 간단히 액티브 네트워크를 시뮬레이션 하기 위해서, 스마트 패킷이 액티브 노드 OS의 실행 환경으로 디스패치되어 실행된다는 점에 근거해 실행 환경 에이전트인 Ee 에이전트를 정의하고, (그림 12)와 같이 C++에서 Agent/Message의 서브클래스(subclass)로 정의한다[12].



(그림 12) Ee 에이전트 정의

6.1.2 새로운 핸드오프 프로시저 정의

Ee 에이전트가 스마트 패킷을 전송할 수 있도록 하기 위해서, 메시지 에이전트와 마찬가지로 각 Ee Agent에서 Sender와 Receiver가 필요하다. 이것은 OTcl에서 구현할 수 있다. 즉 OTcl에서 Agent/Message/Ee를 Sender class와 Receiver class의 superclass로 선언하고, Sender와 Receiver의 프로

시저를 정의한 후, Sender 및 Receiver 클래스로부터 생성된 객체를 노드에 연결(attach)시켜서 스마트 패킷이 전송되도록 한다.

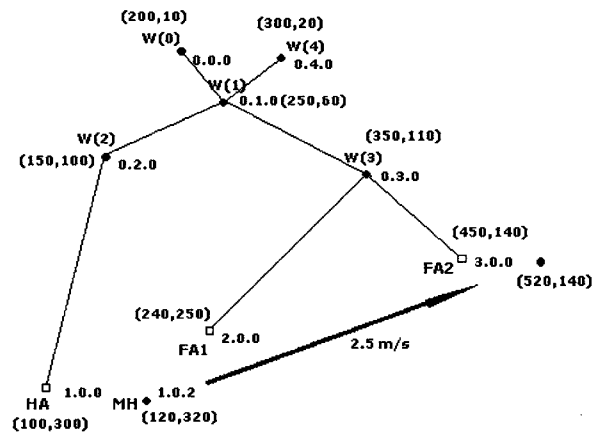
6.2 시뮬레이션 시나리오

본 논문에서는 시뮬레이션을 통해 기존 핸드오프 과정과 본 논문에서 제시한 프로시저의 처리율과 트래픽을 비교하기 위해, <표 2>와 같이 4개의 시뮬레이션 시나리오를 작성한다. 시뮬레이션 1과 2는 인터넷 프로토콜인 FTP에서의 TCP 패킷의 처리율을 비교대상으로 정하고 시뮬레이션 3과 4는 어플리케이션 계층에서 Poisson 분포에 따라 지수적으로 증가하는 트래픽을 비교대상으로 정하였다. 기존 기법과 제시한 기법의 차이는 스마트 패킷을 보내기 위해 필요한 Ee 에이전트의 유·무에 둔다.

<표 2>

	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

시뮬레이션은 이동노드가 이동 전에 인증된 키워드를 받고 통신하고 있는 상태에서 이동만을 하는 상황을 전제한다.(대부분의 경우 이동과 동시에 새로운 인증이 필요한 다른 서버와의 통신을 원하지는 않을 것이다) 따라서 이러한 경우, 이동 전 이미 인증된 키워드를 가지고 있기 때문에, 이동 후 인증요청 없이 스마트패킷에 키워드를 실어 전송되게 한다. (그림 13)은 토폴로지 생성 및 이동 패턴 명세 후의 시뮬레이션 시나리오를 그림으로 나타낸 것이다.



(그림 13) 시뮬레이션 시나리오

6.3 포스트 프로세싱(Postprocessing)

유선 링크에 대한 추적 파일의 각 라인은 이벤트 기술자

(+, -, d, r)로 시작하고 이벤트 시간(초), 송신노드, 수신노드, 패킷 타입과 사이즈(바이트), 소스 및 목적지 주소, 네트워크 프로토콜 패킷 시리얼 번호, 패킷의 식별자(unique id) 순서로 구성된다.

(그림 22)와 같은 시뮬레이션 추적 데이터를 포스트 프로세싱하기 위해, 커널에서 아래와 같이 추적 파일을 입력 값으로 한 Perl 프로그램을 실행시키면, Perl 프로그램은 추적 데이터를 Gnuplot들의 (x, y) 입력 값이 되도록 변환한다. 생성된 그래프는 Postscript 파일 형식으로 볼 수 있다.

```
r 118.008672 1 2 tcp 1460 ---A--- 0 0.0.0.0 1.0.2.1 0 70097
+ 118.008672 2 5 tcp 1460 ---A--- 0 0.0.0.0 1.0.2.1 0 70097
- 118.008672 2 5 tcp 1460 ---A--- 0 0.0.0.0 1.0.2.1 0 70097
r 118.013008 2 5 tcp 1460 ---A--- 0 0.0.0.0 1.0.2.1 0 70097
+ 142 0 1 tcp 1460 ---A--- 0 0.0.0.0 1.0.2.1 0 90621
- 142 0 1 tcp 1460 ---A--- 0 0.0.0.0 1.0.2.1 0 90621
r 142.004336 0 1 tcp 1460 ---A--- 0 0.0.0.0 1.0.2.1 0 90621
```

(그림 14) 시뮬레이션 1 유선링크 추적파일 일부

### 7. 성능 평가

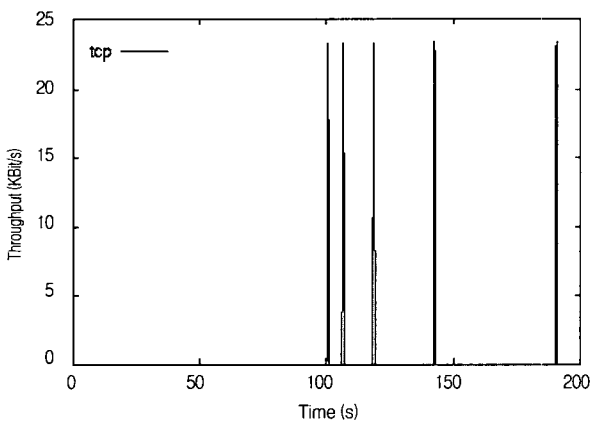
본 논문에서는 성능 평가를 위해 다음 사항에 초점을 두어 추적 데이터 칼럼을 선택을 하였다.

- 처리율 비교
- 트래픽 분석

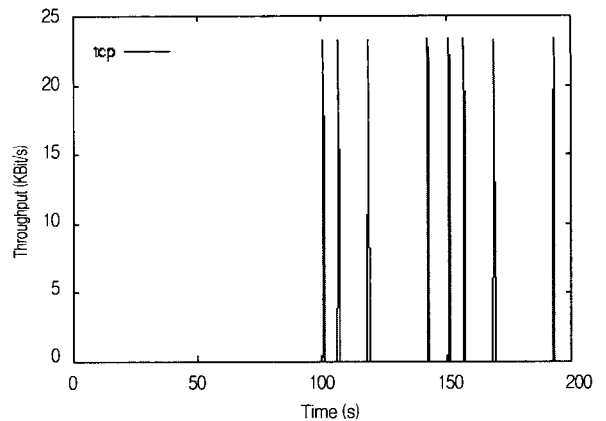
#### 7.1 처리율 비교

(그림 15)과 (그림 16)은 시뮬레이션 동안 CA와 이동노드 간 TCP 패킷 처리율을 보여준다. 기존 핸드오프 과정을 시뮬레이션 한 (시뮬레이션 1)에서는(그림 15) 이동노드가 HA에서 이전 FA와 새로운 FA를 거치는 동안, CA와 이동노드 간 데이터 전송이 항상 HA를 경유하여 일어나는 삼각 라우팅 문제로 인해 상당한 TCP 처리율 손실이 있음을 확인할 수 있다.

(시뮬레이션 1)에 비해 (시뮬레이션 2) 결과는 (그림 16)과 같이 TCP 패킷 처리율 향상을 보여준다. 이는 삼각 라우팅



(그림 15) 시뮬레이션 1 결과

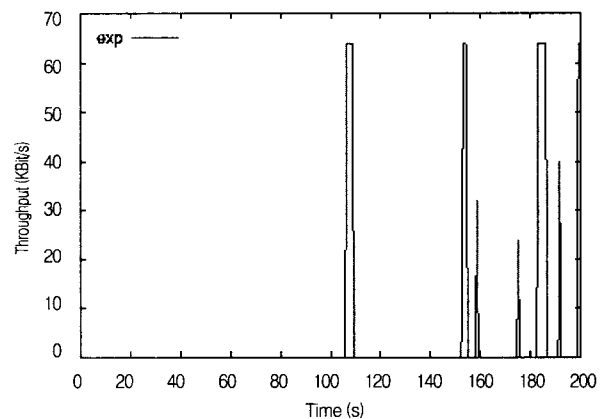


(그림 16) 시뮬레이션 2 결과

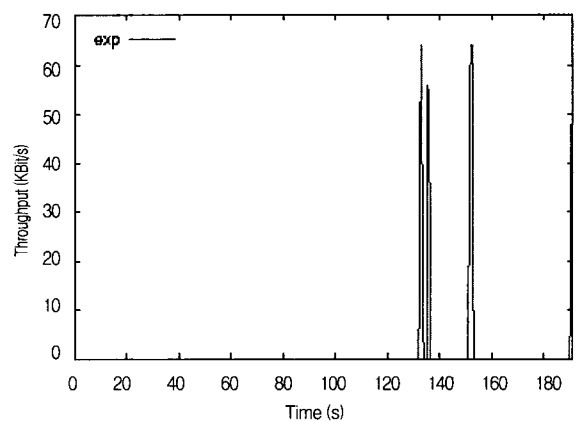
문제를 해결해 핸드오프 지연 최소화함으로써 처리율 향상을 가져온 것이다.

#### 7.2 트래픽 분석

인터넷 빠른 발전과 멀티미디어 어플리케이션 확산은 IP 네트워크에서 지수적으로 증가하는 트래픽을 발생시킨다. 이러한 트래픽을 시뮬레이션 하기 위해 NS에서는 집중된 패킷(packet at a constant burst rate)을 생성하는 지수 트래



(그림 17) 시뮬레이션 3 결과



(그림 18) 시뮬레이션 4 결과



픽 객체(exponential traffic object)를 제공한다. (그림 17)와 (그림 18)은 시뮬레이션 동안 UDP 위 지수 트래픽을 추적한 것이다. (시뮬레이션 3)의 결과(그림 17)는 삼각 라우팅으로 인한 전송 지연으로 발생하는 어플리케이션 트래픽을 보여준다.

(시뮬레이션 3)에 비해 (시뮬레이션 4) 결과는 (그림 18)과 같이 트래픽 감소를 보여준다. 이는 이동 후 새로운 CoA를 받은 후부터 전송경로 최적화를 통한 빠른 패킷 처리로 지연 시간이 줄어들면서 트래픽이 감소한 결과이다.

### 8. 결론 및 향후 과제

본 연구의 목적은 mobile IP에서 QoS가 보장되지 않는 문제를 해결하는 것이다. mobile IP에서 QoS는 핸드오프 지연과 밀접히 연관되어 있으며, 이동 환경에서 멀티미디어 서비스나 실시간 서비스 제공시 매우 중요시되는 문제이다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 선행 연구로 액티브 네트워크에서의 정보기반 라우팅에 키워드 관리 방법을 추가한 SNMP 정보기반 라우팅을 제시하였고, 이를 이용하여 핸드오프 지연을 최소화하는 QoS 향상 기법을 제시하였다. 또한 기존 핸드오프 기법과 함께 제시한 기법에서 필요한 요소들 모델링한 후, NS-2를 사용하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과, 본 논문에서 제안한 기법은 삼각 라우팅 문제로 인한 핸드오프 지연을 해결함으로써 TCP 패킷 처리율을 향상시키고, 어플리케이션 트래픽을 감소시킴을 확인할 수 있었다. 이는 제시한 기법이 핸드오프 지연을 최소화함으로써, 결과적으로 QoS가 향상되었음을 입증하고있다.

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

### 참 고 문 헌

[1] 고건영, 김종권, "Mobile IP Improvement for Micro Mobility Support", 한국정보과학회, 추계학술발표, 2001.  
 [2] Dan Chalmers, Morris sloman, "A Survey of Quality of Service in Mobile Computing Environmnt," IEEE Communication surveys, Second Quarter, 1999.  
 [3] 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.  
 [4] D. L. Tennenhouse, J. M. Smith, W. D. Sincoskie, D. J. Wetherall, and G. J. Minden, "A Survey of Active Network Research," IEEE Communications Magazine, Vol.35, No.1,

pp.80-86, January, 1997.  
 [5] D. Scott Alexander, Bob Braden, Carl A. Gunter, Alden W. Jackson Angelos D. Keromytis Gary J. Minden and David Wetherall, "Active Network Encapsulation Protocol (ANEP)," RFC, ANEP documentation, April, 1997.  
 [6] D. L.Tennehouse and D. J. Wetherall, "Toward an active network architecture," ACM Computer Communication Review, Vol.26, No.2, pp.5-18, 1996.  
 [7] Amit B. Kulkarni and Gary J. Minden, "Active Networking Services for Wired/Wifreless Networks," INFOCOM '99, 1999.  
 [8] <http://www.ittc.ku.edu/~ananth/845.html>, "BeaconRouting in Active Network".  
 [9] Mark A. Miller, PE, "Inside Secrets SNMP Managing Internetworks", 삼각형프레스, 1998.  
 [10] 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.  
 [11] Jorg Widmer, "Network Simulations for A Mobile Network Architecture for Vehicles," International Computer Science Institute Technical Report TR-00-009, May, 2000.  
 [12] Lidia Yamamoto, "Active Network in ns," ns-users Mailing List, October, 1999.  
 [13] Anil K., Gopinath, "Implementing New Internet Services using an Active Network".

### <부록 A> Class Definition for SNMP Information Based Routing

```

class SmartPacket {
    GetTypeInfo(); // Type Information
    GetResourceInfo(); // Resource Information
    RouteMe(); // Route Information
    Process(); // Class Method for Active Node
} [13]

class TypeInfo {
    String TypeId = new String(); // Type Identifier
    String Sender = new String(); // Sender to transmit Smart Packet
}

class ResourceInfo {
    String CPU = new String(); // CPU resource consumption by Smart Packet
    String Memory = new String(); // Requirement for memory
    String Storage = new String(); // Requirement for storage
}

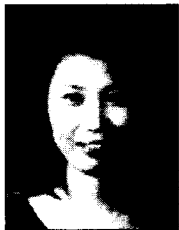
class RouteInfo {
    String DefaultRoute(); // Selection of Default Routing Path
    String SpecialRoute = new String(); // Selection for desiring routing path
}
    
```

```

class ActiveNode {
    impose_limit_on_memory{ };
    update_beacon_info{ };
    create_keyword( ){ };
    link_to_beacon{ };
    void send_to_beacon(keyword){ };
}

protected class Beacon extends ActiveNode {
    // Becons are inherited from Active Node
    void receive_from_node(keyword){ };
    Event(keyword); //SNMP PDU
    add_RouteTable(auth_keyword);
    retrieval_RouteTable(auth_keyword){
        if FIND is true
            then link_to_node( );
            else broadcast_to_node(auth_keyword);
    };
}

class Manager {
    authenticate_keyword(keyword){ };
    modify_MIB {
        if keyword = auth_keyword
            then exit
            else Set(auth_keyword)
            // Append authenticated keyword to MIB of
            Beacon by sending SNMP PDU
    };
    store_in_mirror.MIB(auth_keyword){ };
}
    
```



**장 한 이**

e-mail : hani@software.korea.ac.kr  
 2001년 숙명여자대학교 컴퓨터과학과(학사)  
 2001년~현재 고려대학교 대학원 컴퓨터  
 학과 석사과정  
 관심분야 : 망관리, 이동통신, 차세대 네트  
 워크



**박 수 현**

e-mail : shpark21@kookmin.ac.kr  
 1988년 고려대학교 컴퓨터학과(학사)  
 1990년 고려대학교 대학원 수학과(석사)  
 1990년~1999년 LG정보통신 중앙연구소  
 선임연구원  
 1995년~1998년 고려대학교 대학원 컴퓨터  
 학과(박사)

1999년~2001년 동의대학교 소프트웨어공학과 조교  
 2002년~현재 국민대학교 비즈니스 IT학부 조교  
 관심분야 : 망관리, 이동통신, 소프트웨어공학



**백 두 권**

e-mail : baikdk@korea.ac.kr  
 1974년 고려대학교 수학과(학사)  
 1976년 고려대학교 대학원 산업공학과(석사)  
 1983년 Wayne State Univ. 전산학과  
 (석사)  
 1986년 Wayne State Univ. 전산학과  
 (박사)

1986년~현재 고려대학교 컴퓨터학과 교수  
 1989년~현재 한국 정보과학회 이사/평의원  
 1991년~현재 ISO/IEC JTC1/SC32 국내위원회 위원장  
 1992년~현재 한국시물레이션학회 이사/부회장/감사  
 2002년~현재 고려대학교 정보통신대학 학장  
 2002년~현재 과학기술정보표준위원회 위원장  
 관심분야 : 메타데이터, 소프트웨어공학, 시물레이션