

인터넷 QoS 지원 이동 IP 망에서의 정책기반 망 관리 시스템 설계 및 구현

준회원 김태경*, 강승완* 정회원 유상조**

A Design and Implementation of Policy-based Network Management System for Internet QoS Support Mobile IP Networks

Tae-Kyung Kim*, Seung-Wan Kang* Associate Members, Sang-Jo Yoo** Regular Members

요 약

2분 논문에서는 인터넷 QoS 지원 이동 IP 망에서의 정책기반 네트워크 시스템 설계 및 망관리 시스템 구현 방법에 대해 제안한다. 본 논문의 망관리 시스템은 정책기반 네트워크의 정책서버로서의 역할을 하게 된다. 인터넷 QoS 지원 이동 IP 망에서의 정책기반 네트워크의 전체적인 프레임워크는 크게 응용계층, 정보관리계층, 정책제어 계층, 디바이스계층의 네 계층으로 나뉘어 통합된 관리를 수행하는 구조를 가지고 있으며, 이러한 통합된 망관리 시스템에 적용할 네 가지 범주(access control, mobile IP operation, QoS control, network monitoring)의 정책 구조를 정의하고 이에 따른 동작 절차의 예를 보인다. 실제 QoS 지원 이동 IP 망에서의 정책기반 망관리 시스템의 구현을 위한 설계 방법 및 S/W의 구조와 각 모듈 별 기능에 대해 제시하고 이 망관리 시스템과 각각의 에이전트들과의 원활한 통신을 위해 개발한 SCOPS(Simple Common Open Policy Service)프로토콜의 구조 및 기능에 대해 정의한다. 마지막으로 제안된 인터넷 QoS 지원 이동 IP 망에서의 정책기반 망관리 시스템을 실험실 규모의 테스트 베드에 적용하여 구성하는 방법에 대해 자세히 설명하고 성능평가한다.

Key Words : Policy-based Network; Internet QoS; Mobile IP Network

ABSTRACT

In this paper we have proposed policy-based network management system architecture for Internet QoS support Mobile IP networks that is divided into four layers(application layer, information management layer, policy control layer, device layer), then we propose an implementation strategy of policy-based network management system to enforce various control and network management operations and a model of policy server using SCOPS(Simple Common Open Policy Service) protocol that is developed in this research. For policy-based mobile IP network management system implementation, we have derived four policy classes(access control, mobile IP operation, QoS control, and network monitoring) and we showed operation procedures for each policy scenarios. Finally we have implemented Internet QoS support policy-based mobile IP network testbed and management system and verified out DiffServ policy enforcement behaviors for a target class service that is arranged a specific bandwidth on network congestion conditions.

I. 서 론

지난 몇 년간 인터넷 망은 세계 도처를 연결하면서 인터넷 사용자의 수는 기하급수적 증가하였으며,

*인하대학교 정보통신대학원 멀티미디어통신망연구실(<http://multinet.inha.ac.kr>)석사과정, **인하대학교 정보통신대학원 조교수
 논문번호: 030435-1006, 접수일자: 2003. 10. 6.

※본 연구는 한국과학재단 지역대학우수과학자지원연구(R05-2002-00125-0) 지원으로 수행되었습니다.

더불어 인터넷을 통한 다양한 멀티미디어 서비스 및 새로운 응용들 또한 계속 개발되면서 네트워크의 엄청난 트래픽(traffic) 증가를 초래하게 되었고, 그 결과 기존의 인터넷 망의 확장이 요구되었다. 그러나 단순한 대역폭 확장만으로는 트래픽의 증가를 충족시킬 수가 없다. 왜냐하면 다양한 서비스를 제공함과 더불어 사용자들의 다양한 요구도 같이 증가했을 뿐만 아니라 특정 네트워크 가입자에 대한 QoS 보장 등 다양한 사용자 요구를 충족시키지 못하기 때문이다. 뿐만 아니라 인터넷 연결을 지원하는 다양한 무선 장치들의 보급은 인터넷 사용에 대한 개념을 바꾸고 있다. 데이터 서비스를 받기 위해 고정된 연결 지점을 필요로 하던 방식에서, 이동 중에 연결 지점이 바뀌어도 서비스가 가능한 방식으로 바뀌고 있다. 따라서 인터넷 환경에서 호스트의 이동 문제를 해결하기 위해 IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 이동 IP(mobile IP)를 제안하였다¹⁾.

본 논문에서는 이동 IP 망에 최근 인터넷 QoS를 위해 대두되고 있는 차별화 서비스(DiffServ)와 네트워크의 효율적인 자원 관리 및 통합적 관리를 위해 정책기반 네트워크를 적용함으로써 정책기반 이동 IP 차별화 서비스 망에서의 access control, Mobile IP operation, QoS control, Network Monitoring 등의 여러 가지 시나리오를 바탕으로 전체적인 프레임워크를 제안하고 정책기반 네트워크에서의 PDP(Policy Decision Point)와 PEP(Policy Enforcement Point)간에 효율적으로 정책 정보를 주고받기 위해 SCOPS(Simple Common OpenPolicy Service) 프로토콜을 개발하여 효과적으로 이동 IP망을 관리할 수 있는 방안을 제시하였으며, 제안된 인터넷 QoS 지원 이동 IP 망에서의 정책기반 망관리 시스템을 실험실 규모의 테스트 베드에 적용하여 구성하는 방법에 대해 자세히 설명한다. 이 망관리 시스템은 정책기반 네트워크에서의 정책 서버(policy server)의 역할을 하게 되며, 본 논문의 이후에는 망관리 시스템을 정책 서버로 명명한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이동 IP, 차별화 서비스 그리고 정책기반 네트워크에 대한 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 제안된 인터넷 QoS 지원 정책기반 이동 IP 서비스 망의 프레임워크에 대해 설명한다. 4장은 인터넷 QoS 지원 정책기반 이동 IP 서비스 망에서의 정책 구조 및 동작 절차에 대해 제시한다. 5장에서는 인터넷 QoS 지원

정책기반 이동 IP 망관리 서비스 구현을 위한 제안된 시스템 설계 및 S/W 구조에 대해 설명한다. 6장에서 본 연구에서 구현된 테스트베드(testbed) 및 정책서버에 대해 설명하고, 7장에서는 인터넷 QoS 지원 정책기반 이동 IP 망관리 시스템 성능 평가를 한다. 마지막으로 8장에서 결론을 제시한다.

II. 관련 연구

인터넷 환경에서 호스트의 이동성 문제를 해결하기 위해 IETF에서는 이동 IP 프로토콜을 제안하였으며 현재 IETF를 중심으로 표준화 작업이 이루어지고 있고 국외 유명 대학과 연구 기관에서는 이동 IP에 대한 구현이 이미 이루어진 단계이다. 정책기반 QoS 관리 기술로서 차별화 서비스를 적용하기 위한 연구도 이루어진 상태이며, 이동 IP 망에서의 QoS 제공을 위한 차별화 서비스 적용 또한 활발한 연구 중에 있다.

이동 IP의 기능은 이동 노드(MN: Mobile Node), 홈 에이전트(HA: Home Agent), 외부 에이전트(FA: Foreign Agent)의 세 개의 개체들이 담당하게 된다. 이동 노드는 네트워크 간의 이동성을 갖는 호스트를 의미한다. 홈 에이전트는 이동 노드가 홈 네트워크 영역을 벗어났을 때 등록 과정을 통해 이동 노드의 위치를 인지하고 이동 노드의 IP 주소를 목적지로 하는 모든 데이터그램을 캡슐화(encapsulation)를 통해 이동 노드로 보내주는 역할을 하는 라우터(router)이다. 외부 에이전트는 이동 노드가 자신의 영역으로 이동해왔을 때 인터넷에 접속할 수 있도록 도와주는 라우터로서 홈 에이전트에 의해 전달받은 캡슐화 된 데이터그램을 디캡슐화(deencapsulation)해서 원래 데이터그램을 이동 노드에게 보내준다. 이동 IP에서는 홈 에이전트에서 외부 에이전트 사이의 데이터 전달을 위해 IP 데이터그램을 위탁주소(COA: Care-Of-Address)로 터널링

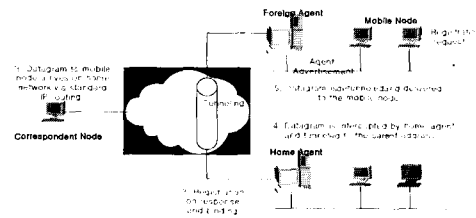


그림 1. 이동 IP 망 구성도 망 구성도

(tunneling)을 하게 되는데 의탁주소는 일반적으로 외부 에이전트의 IP 주소가 되고 이것은 이동 노드의 현재 위치를 나타내게 된다^[1]. 그림 1은 이동 IP의 동작 절차를 보여준다.

차별화 서비스는 다양한 플로우(flow)가 몇 개의 서비스 클래스로 분류되며 중간 라우터에서는 이러한 서비스를 클래스(class) 별로 처리한다. 차별화 서비스 모델에서는 모든 라우터에 대하여 플로우 상태 관리 및 시그널링(signaling)을 요구하지 않는다. 차별화 서비스는 IP 헤더의 TOS(Type of Service) 필드 중 6비트를 QoS에 따라 나누고 이에 따라 트래픽을 집합화(agggregation) 함으로써 스케줄링(scheduling) 문제를 해결하였다^{[2][3][4]}.

정책기반 네트워크 관리 기법은 새로운 비즈니스 모델을 세우면 이를 자동으로 네트워크에 반영시켜 줄 수 있도록 하는 방법으로써 제시된 기술이다^{[5][6]}. 새로운 요구 사항이 발생하면 그에 따라 알맞은 정책을 세우고 정책을 실행할 수 있도록 도입된 장비인 정책 결정 점(PDP: Policy Decision Point)과 정책 실행 점(PEP: Policy Enforcement Point)을 통해 네트워크 인프라에 알맞은 정책을 적용, 관리하여 요구 사항이 성취될 수 있게 하는 것이다. 사업자는 새로운 요구 사항이 생길 때마다 이를 반영하는 정책을 세우고 정책 관리 툴(policy management tool)을 이용하여 정해진 정책을 적용함으로써 그 정책에 따라 네트워크가 관리되도록 할 수 있는 것이다. 그러므로 정책 기반 네트워크 관리를 통해 네트워크를 구성하는 각 네트워크 구성 요소들의 정책들을 변화시킴으로써 네트워크 관리의 유연성을 제공할 수 있을 뿐만 아니라 적은 비용으로 대규모 네트워크를 관리할 수 있다. 정책기반 네트워크 관리는 현재의 네트워크에서 장비 설정에 관련된 관리자의 업무를 보다 간단하게 할 수 있으며, 임무에 필수적인 응용 프로그램의 수행 능력을 예측할 수 있도록 하는 방법이다. 또한 중앙의 정책 저장소를 이용하여 중앙 집중식 관리로 일관성 있는 정책의 적용과 트래픽의 중요도에 의한 차별적인 처리를 가능하게 한다.

III. 인터넷 QoS지원 정책기반 이동 IP 망의 프레임워크

1. 인터넷 QoS지원 정책기반 이동 IP 망에서의 요구사항

인터넷 QoS 지원 이동 망에서의 정책기반 네트워크 구축에 있어서 중요한 요구 사항은 다음과 같이 요약할 수 있다.

1) 기능성(Functionality)

유무선 연동 Mobile IP 망에서의 정책기반 네트워크는 정책기반 네트워크에 앞서 이동 IP라는 상황을 고려해야 하기 때문에 라우팅 제어, QoS제공, 상대 노드(correspondent node)와 이동 노드(mobile node)들의 액세스 제어, 과금, 대역폭 할당 등 기존 정책기반 네트워크에서 제공하던 기능 외에 다양한 기능을 제공해야 한다.

2) 확장성(Scalability)

정책기반 이동 IP 차별화 서비스 망에서의 정책기반 네트워크는 소규모의 네트워크뿐만 아니라 대규모의 네트워크에서도 큰 부하를 주지 않으면서 동작할 수 있도록 설계 되어야 한다.

3) 상호 용성(Compatibility)

유선 장비뿐 아니라 무선 장비까지도 고려하여 다양한 장비간의 상호 운용성을 고려하여 표준화된 프로토콜을 사용하고 일관된 정책을 사용한 네트워크 설계가 이루어져야 한다.

4) 확장성(Extendibility)

거대 통신망 사업자는 표준에 기술된 서비스 외에 다양한 서비스를 새롭게 창출하고 또한 QoS 구성도 표준 이외에 새롭게 추가되거나 삭제되는 것이 존재한다. 이러한 상황에 적합하도록 정책기반 네트워크는 확장성을 지원하여야 한다.

5) 결함 허용(Fault Tolerance)

정책 결정 점(PDP)이 장애에 강인하게 설계되어야 하고, 즉각적인 복구가 수행되어야 한다

6) 사용 편의성(Usability)

SLA, QoS의 관리가 운용자 측면에서 간단하면서도 효율적으로 이루어져야 한다.

2. 인터넷 QoS지원 정책기반 이동 IP 망 구조

인터넷 QoS 지원 정책기반 이동 IP 망에서의 정책 관리 시스템은 전체 유.무선 연동 이동 IP 망의 통합된 관리를 수행하는 시스템으로 크게 네 부분으로 역할을 나눌 수 있다. 계층 개념을 사용하여 구분을 하면 그림 2와 같이 응용 계층(application layer)을 나타내는 정책 관리 툴, 정보 관리 계층

(information management layer)을 나타내는 디렉토리 서버(directory server)와 자원의 현황과 상태를 관리하는 자원 관리 서버(resource management server), 정책 제어 계층(policy control layer)을 나타내는 정책서버, 그리고 서버/클라이언트 및 각종 라우터, 스위치 및 에이전트들을 나타내는 디바이스 계층(device layer)으로 나눌 수 있다.

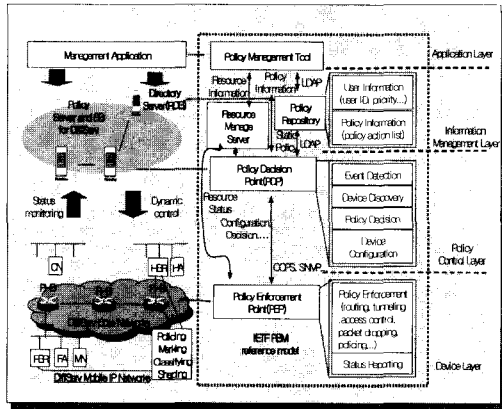


그림 2. 인터넷 QoS지원 정책기반 이동 IP 망의 프레임워크

된 정책을 전달하는 계층이다. 그림 2의 정책 결정점(PDP)에 해당되며, 이 계층에 정책 서버(policy server)가 위치하게 된다. 네트워크의 상황에 따라 정책 정보의 내용이 변화될 필요가 있을 때 정책 서버(policy server)에서 정책 결정이 수행되고 변경된 정보는 전체 정책 관리 네트워크에서 유일하게 유지되어야 하며 이러한 정책의 변경은 즉각적으로 관련된 기능의 수행을 가져와야 한다. 이러한 동적(dynamic) 정보 정책을 제어하는 계층이다. 정책 서버의 기능 중 이벤트 검출(event detection)은 시스템 상태의 변화, 또는 운용자 또는 디렉토리 서버로부터의 정보 변화를 인지하여 이와 관련된 절차를 수행하기 위한 기능이다. 정책 서버와 네트워크 디바이스(정책 실행 점: PEP) 간의 정보 교환은 역시 표준화된 프로토콜을 사용하여야 한다. 표준화된 프로토콜로는 COPS(Common Open Policy Service) 프로토콜^{[7][8]}과 SNMP(Simple Network Management Protocol)이 고려될 수 있고, 본 논문의 5장에서는 정책 서버 구현과 더불어 개발된 SCOPS(Simple Common Open Policy Service) 프로토콜을 소개한다.

1) 응용 계층(application layer)

정책 관리 툴이 위치한 곳으로서 정책 저장소, 자원 관리 서버 및 정책 서버와 자원 정보 및 정책 정보들을 주고받는 사용자 인터페이스이다.

2) 정보관리계층(information management layer)

정책 저장을 위한 디렉토리(directory) 서버와 자원의 현황과 상태를 관리하는 자원 관리(resource manage) 서버로 구성된다. 그림 2의 정책 저장(policy repository)에 해당된다. 정보 관리 계층의 디렉토리 서버는 일반적으로 표준화된 스키마(schema)를 사용하여야 한다. 이는 다른 장비간의 상호 운용성을 확보하기 위해 중요하다. 디렉토리 서버는 네트워크 운용자에 의해 입력되는 사용자 정보 및 정책을 저장한다. 디렉토리 서버와 정책 서버와의 통신은 표준화된 프로토콜을 사용한다. 여러 가지 표준 프로토콜이 고려될 수 있는데, 현재 가장 주목을 받는 프로토콜은 디렉토리 서비스를 위한 입/출력request/query를 지원하는 LDAP(Lightweight Directory Access Protocol)이다.

3) 정책 제어 계층(policy control layer)

실제 정책을 결정하고 각 네트워크 장비에 결정

4) 디바이스 계층(device layer)

서버/클라이언트, 라우터, 스위치 등의 네트워크 장비로 구성되며 결정된 정책을 수행하는 정책 실행점(PEP)에 해당된다. 따라서 차별화 이동IP망이 이 부분에 위치하게 되며 실제 정책 실행점(PEP)이 된다. 이 부분은 PDP인 정책 서버로부터 access control, Mobile IP operation, QoS control등의 제어를 받는 부분이다. 디바이스 계층의 전체적인 네트워크 구성을 보면 이동 IP의 구성 요소로서 홈 에이전트, 외부 에이전트, 이동 노드 및 이동 노드와 통신하는 다른 노드들로 구성되어있고, 차별화 서비스의 구성 요소로서 에지 라우터의 역할을 하는 홈 경계 라우터(Home Border Router: HBR)와 외부 경계 라우터(Foreign Border Router: FBR), 그리고 차별화 서비스 코어망 쪽에 코어 라우터로 구성되어있다.

IV. 인터넷 QoS지원 정책기반 이동 IP 망에서의 정책구조 및 동작절차

1. 정책 구조

본 논문에서는 이동 IP 차별화 서비스의 지원을 위한 정책으로 그림 3와 같이 네 개의 범주(access

control, Mobile IP operation, QoS control, network monitoring)로 구성된 정책 구조를 개발하였다⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾. 표 1은 네 개의 범주의 정책 구조에 대한 주요 정책 실행 예를 보여준다.

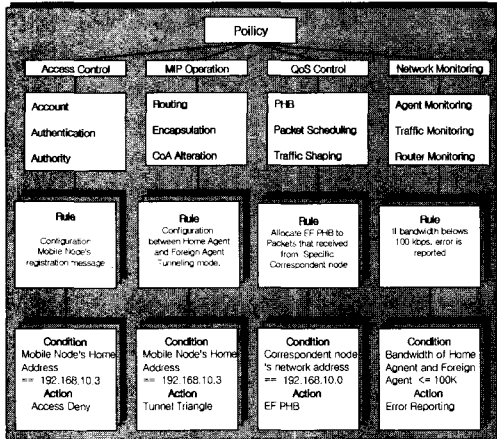


그림 3. 정책 구조

표 1. 주요 정책 실행

Category	No	Policy Action	
Access Control	1	MN Authentication	Time of Day Credit Policy
	2	CN Authentication	Sender Policy UserIP Policy
Mobile IP Operation	1	Routing Alteration	
	2	Encapsulation Alteration	
	3	Force Handoff	
QoS Control	1	Bandwidth Allocation	
	2	Packet Scheduling	
	3	Congestion Control	
Network Monitoring	1	Agent Monitoring	
	2	Traffic Monitoring	
	3	Routing Monitoring	

1) Access Control

Access Control은 접속해오는 이동 노드와 상대 노드에 대해 어떠한 계정과 권한을 주고 인증을 허용할 것인가에 대해 정책적으로 설정한다.

2) Mobile IP Operation

정책 기반 이동 IP 차별화 서비스 네트워크에 적용할 Mobile IP operation은 route optimization, tunneling, CoA alteration의 세 가지로 분류하였다. Route optimization은 상대 노드가 바인딩(binding)

의 캐쉬(cache)를 관리하게 하여, 이동 노드의 홈 에이전트로 보내야 할 데이터그램을 자신이 직접 터널링하여 이동 노드의 현재 위치로 보내도록 한다. 터널링은 IP-within-IP, minimal encapsulation, GRE 등의 캡슐화 방법을 사용한다. CoA alteration은 어떠한 의탁 주소를 사용할 것인가에 대한 정책이다.

3) QoS Control

QoS 관리는 요구되는 서비스 품질을 보장하기 위하여 필요한 활동을 의미한다. 네트워크의 각 장치에서 QoS를 제공하는 방법은 차별화 서비스를 기반으로 구성하였다. 차별화 서비스를 위해 들어온 패킷을 코드 포인트(DSCP:DiffServ Code Point) 값으로 PHB를 할당하는 정책, 서비스 요구에 따라 클래스(class)들을 만족시킬 수 있는 패킷스케줄링(packet scheduling) 정책 그리고 트래픽에 대한 대역폭 할당 등 속도를 제어하는 트래픽 컨트롤(traffic control) 정책으로 나눌 수 있다.

4) Network Monitoring

네트워크상에 이미 설정되어 있는 서비스 품질, 또는 에이전트들의 움직임과 메시지들을 실시간으로 측정하고 분석하여 변화가 발생했을 경우 error를 reporting하거나 정책적으로 유연한 대처를 하기 위한 방법이다.

2. 동작 절차

본 절에서는 위 절의 인터넷 QoS 지원 정책 이동 IP 망에서의 정책 구조에 대해 실제 본 연구에서 구현된 정책 서버의 동작 형태에 대해 표 2에서 기술하고, 그 중 이동 노드에 대한 접근제어 및 패킷 수신 과정의 동작 절차에 대해 그림 4에서 흐름도(flow chart)의 형태로 보여준다¹⁰⁾.

1) 접근제어

- (1) 외부 에이전트는 주기적으로 광고 메시지를 보낸다.
- (2) 외부 에이전트로 이동한 이동 노드는 외부 에이전트로부터 광고 메시지를 받은 후 외부 에이전트로 등록 메시지를 보낸다.
- (3) 등록 메시지를 받은 외부 에이전트는 정책 서버에게 이동 노드에 대한 접근 권한 등의 SLA 정보를 요청한다.
- (4) 정책 서버는 요청에 대해 정책 저장소에 해당 이동 노드에 대한 access list를 검색해서 외부

- 에이전트에게 해당 이동 노드의 정보를 보낸다.
- (5) 접근 승인을 얻은 후 외부 에이전트는 홈 에이전트에게 이동 노드에 대한 등록 메시지를 보낸다.
- (6) 홈 에이전트는 외부 에이전트에 등록 승인 메시지를 보낸다.
- (7) 홈 에이전트로부터 등록 승인 메시지를 받은 외부 에이전트는 이동 노드에게 등록 승인되었음을 알린다.

2)패킷수신(상대 노드-> 이동 노드)

표 2. 정책 서버의 동작 형태

Category	Action	MN	HA	HBR	FA1	FBR1	FA2	FBR2	CR	CN	PS
Access Control	MN Authentication	PI			PE/PR		PE/PR				PD
	CN Authentication		PD/PE							PI	PD
Mobile IP Operation	Routing Alteration		PI/PE		PE		PE				PD
	Encapsulation Alteration		PI/PE		PE		PE				PD
QoS Control	Force Handoff	PE			PI/PR		PR/PE				PD
	Bandwidth Allocation			PE		PE	PE	PE		PI/	PD
	Packet Scheduling			PI/PR		PE	PE	PE			PD
Network Monitoring	Congestion Control			PE	PI/PR		PE				PD
	Agent Monitoring	PE			PI/PE						PD
	Traffic Monitoring		PI		PE		PE	PE			PD
	Router Monitoring		PI/PE		PE		PE	PE			PD

PI : Policy Initiator PD: Policy Decision
PE: Policy Enforcement PR: Policy Request

- (1) 상대 노드는 이동 노드로 패킷을 전송한다.
- (2) 홈 경계 라우터가 패킷을 받아 정책 서버에게 SCOPS를 사용해 정책 서버에게 정책 프로파일 일을 요청한다.
- (3) 정책서버는 상대 노드에 대한 프로파일 정보를 홈 경계 라우터에게 전송한다.
- (4) 상대노드에 대한 프로파일을 받은 홈 경계 라우터는 받은 정책 프로파일에 따라 DSCP를 확인하고 홈 에이전트에 전달한다.
- (5) 패킷을 받은 홈 에이전트는 DSCP를 확인 후 터널링을 통해 외부경계 라우터로 패킷을 전송한다.

- (6) 홈 에이전트로부터 패킷을 받은 외부 경계 라우터는 패킷을 외부 에이전트로 전달한다.
- (7) 외부 에이전트는 받은 패킷을 이동 노드에 전달한다.

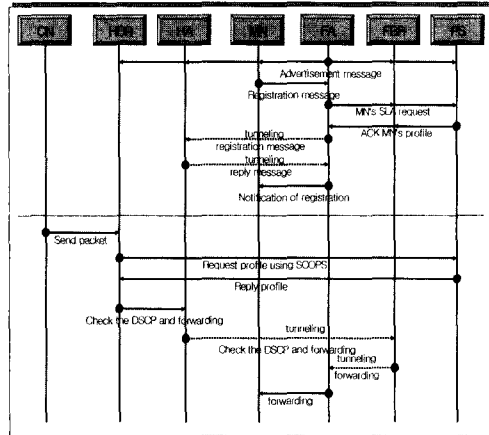


그림 4. 정책 시나리오에 따른 동작 절차 예.

V. 인터넷 QoS 지원 정책 기반 이동 IP 망 구현을 위한 망 관리 시스템 설계 및 S/W구조

그림 5는 본 논문에서 제안된 인터넷 QoS 지원 정책기반 이동 IP 망에서의 망 관리 시스템의 S/W 및 프로토콜 구조를 나타내고 있다.

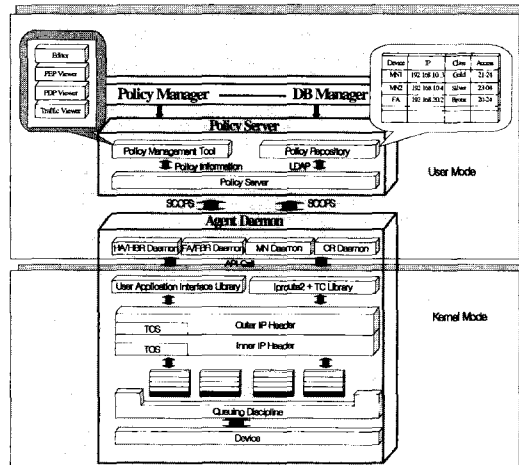


그림 5. S/W 및 프로토콜 구조

본 논문에서 개발된 인터넷 QoS 지원 정책기반 이동 IP 서비스 구현을 위한 S/W 모듈은 정책서버, 정책 서버 사용자 인터페이스, 정책 저장소, HA

Daemon(home agent daemon), FA Daemon(foreign agnet daemon), MN Daemon(mobile node daemon), CR Daemon(core router daemon)의 일곱 가지 모듈로 구성되어있다. 이 일곱 가지 모듈이 그림 5의 사용자 모드(user mode) 부분이 된다.

정책 관리 툴(policy management tool)은 실제 정책 관리자를 위한 사용자 인터페이스로서 정책을 입력하여 정책 서버에 전달하게 되고 정책 서버에서 받아들여 분석한 정보를 모니터링(monitoring)하게 된다. 정책 서버는 각각의 노드들과 정책 정보를 주고받기 위해서 Agent Daemon들과 직접 통신하게 된다. 각각의 Agent Daemon들은 홈 에이전트, 외부 에이전트, 이동 노드 그리고 라우터들 위에서 작동하면서 정책 서버에 정책을 질의하고 자신의 정보를 정책 서버에 알린다. 이 때 정책 서버와 각 Agent Daemon들과의 통신을 위해서 본 논문에서는 소켓을 이용한 SCOPS(Simple Common Open Policy Service) 프로토콜을 개발하였다.

그림 5의 커널 모드(kernel mode)는 실제 리눅스의 커널을 나타내는 부분으로서 최근에 리눅스 커널에서 제공하고 있는 QoS 부분을 이용했음을 나타낸다. 뿐만 아니라 이동 IP 환경을 구성함에 있어서도 이동 IP 자체에서 제공하는 API를 이용하여 S/W를 구성하였다. 사용자 모드에서의 Agent Daemon들은 정책 서버로부터 정책을 받아 정책을 적용할 때 리눅스 커널에서 제공하는 API와 이동 IP에서 제공하는 API를 이용하여 각 노드에 정책을 적용하게 된다. 그림 6은 이동 IP에서 API로 제공하는 함수들의 예를 발췌한 그림이다.

```

Enumip_functions {
    API_GET_TUNNELS
    API_GET_TUNNEL_INFO /*현재 설정된 터널에 관한 정보를 알려준다*/
    API_DESTROY_TUNNEL /*터널을 소멸시킨다*/
    API_GET_CAREF_ADDR /*Care of address 를 알려준다*/
    API_GET_TUNNEL_MODE /*터널모드를 알려준다*/
    API_GET_STATUS
    API_FORCE_FA /*다른 외부 에이전트로 강제로 핸드오프시킨다*/
    API_CONNECT
    API_GET_FA_LIST /*이동노드로 광고 메시지를 보내고 있는 외부
    에이전트의 리스트를 알려준다*/
}
    
```

그림 6. 이동 IP에서 제공해주는 함수 예.

이동 IP 동작 과정에서 각 IP 패킷에 대해 캡슐화(encapsulation) 과정을 거치면서 IP payload 위에 있던 기존 IP 헤더(inner header)에 외부 헤더(outer

header)를 붙이게 된다. 외부 헤더를 붙임으로써 IP 패킷의 외부 헤더와 내부 헤더 사이의 목적지와 근원지 주소에 대한 불일치가 발생하게 된다. 일반 이동 IP 망에서는 상관이 없지만 차별화 서비스 망이라는 상황을 고려할 때는 문제가 발생하게 된다. 한 예로, 이동 차별화 서비스 망에서 이동 노드가 외부 에이전트로 이동시 이동 노드는 홈 네트워크에 있을 때 자신에게 할당 된 자원을 서비스 받을 수 없다. 왜냐하면 차별화 서비스 망의 코어 라우터 쪽에서는 외부 노드에서 할당 된 의탁 주소만을 인식하고 그 주소에 따른 PHB(Per Hop Behavior)따라 트래픽을 처리하게 되기 때문이다. 따라서 경계 라우터에서는 의탁 주소에 매핑되는 정보 리스트를 유지하고 의탁 주소에 대응하는 PHB를 정의해야 한다.

인터넷 QoS 지원 정책 이동 IP 망의 경계 라우터와 코어 라우터에 차별화 서비스를 구성하기 위해서는 디바이스(device)에 큐잉 규칙(queueing discipline)을 적용해야 한다. 각 네트워크 디바이스에 설정된 큐잉 규칙은 해당 디바이스의 입력 큐에 도착한 패킷을 어떻게 처리할 지를 결정하게 된다. 보다 정교한 큐잉 규칙을 적용하기 위해서 필터링(filtering)을 하게된다. 필터링을 통해서 패킷을 서로 다른 클래스(class)로 구분하고 특정 클래스에 우선순위를 부여하여 차별화 할 수 있다. 뿐만 아니라 각 클래스에 대하여 다시 나름대로의 큐잉 규칙을 적용할 수 있다.

COPS는 PDP(Policy Decision Point)와 PEP(Policy Enforcement Point) 간에 정책 정보를 교환하기 위해 사용되는 TCP기반의 질의-응답(query-and-response) 프로토콜이다. PEP는 라우터 혹은 IP 트래픽을 처리하는 장치들으로써, PDP에서 결정한 정책을 실행하도록 구현되어있다. PDP는 특정 클라이언트에 접근인가(authentication) 혹은 적절한 서비스 등을 제공하도록 하는 제어기라 할 수 있다. PEP는 PDP에 대해 요청, 갱신 및 삭제 명령을 보내고, PDP는 PEP에게 결정을 내려보내는 클라이언트/서버 모델이다^{[7][8]}.

본 논문에서는 인터넷 QoS 정책 이동 IP 망에 맞게 소켓을 이용해 좀 더 간략화 된 클라이언트/서버 모델에 기반한 SCOPS(Simple Common Policy Service) 프로토콜을 개발하였다. SCOPS 프로토콜의 메시지 형태는 그림 7과 같다. SCOPS 프로토콜은 크게 4개의 블록으로 나뉘어져 있다. 각 블록의 기능은 다음과 같다.

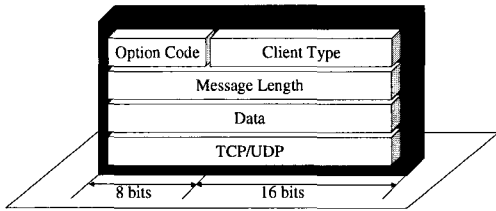


그림 7. SCOPS header.

- 1) Option Code
option code를 나타내는 부분으로서 8개의 SCOPS 프로토콜의 동작을 정의.
- 2) Client-type
정책 이동 차별화 서비스 망의 각 노드들을 식별.
- 3) Message length
Byte 단위의 메시지 길이.
- 4) Data
전달할 데이터 내용.

그림 7의 SCOPS header 블록 중 Option Code 부분은 실제 SCOPS의 동작을 정의하는 부분으로서 Option Code의 정의 내용은 다음과 같다.

- 1) Request(REQ) : PEP -> PDP
PEP의 현 상태를 알려줌.
- 2) Reply REQ(RREQ) : PDP -> PEP
REQ에 대한 응답.
- 3) Decision(DEC) : PDP -> PEP
PDP의 필요에 따라 정책을 PEP로 전송.
- 4) Report state(RPT) : PEP -> PDP
정책이 성공적으로 수행되었는지의 여부를 알림.
- 5) Connect(CNT) : PEP -> PDP
PEP가 PDP에게 연결을 요청.
- 6) Reply connect(RCNT) : PDP -> PEP
PDP 또는 PEP로 연결이 허가 되었음을 알림.
- 7) Request policy(RP) : PEP -> PDP
PEP에서 PDP쪽으로 정책의 질의.
- 8) Disconnect(DSC) : PEP <- -> PDP
PEP 또는 PDP에서 연결을 종료.

VI. 인터넷 QoS 지원 정책 기반 이동 IP 망 테스트베드 구현

본 연구에서는 위에서와 같은 인터넷 QoS 지원 정책 이동 IP 망의 설계와 구현 및 정책 서버 개발을 위해 그림 8과 같이 실험실 규모의 테스트베드

를 구축하였다. 시스템은 홈 에이전트, 홈 경계 라우터, 외부 에이전트, 외부 경계 라우터, 이동 노드, 리눅스 기반 라우터, 상대 노드, 코아 라우터, 정책 서버로 구성되었다. 전체적인 구성을 보면 크게 유선망(wired network)과 무선망(wireless network)으로 구성되어있다. 내부적으로는 인터넷 코아망 쪽은 유선 망으로 구성되어 있고, 에이전트와 이동 노드 사이는 무선 액세스 망으로 구성되었다. 홈 에이전트와 홈 경계 라우터는 한 대의 리눅스 머신에서 구현되었으며, 외부 에이전트와 외부 경계 라우터 또한 한 대의 리눅스 머신에서 구현되었다. 코아 라우터는 네 개의 네트워크 인터페이스 카드를 가지고 리눅스 기반 라우터 역할을 하면서 차별화 서비스 망에서의 코아 라우터로서 PHB에 따라 패킷들을 처리하는 역할도 한다.

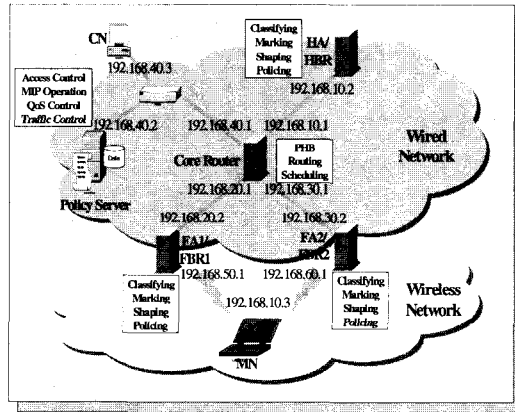


그림 8. 인터넷 QoS 지원 정책기반 이동 IP망 테스트베드

이동 IP 부분은 현재 헬싱키 대학에서 구현해 놓은 Dynamics Mobile IP dynamics-0.8.1 Linux Version을 컴파일해서 사용하였다^[12]. 이동 IP망에 차별화 서비스를 구현하기 위해 본 테스트베드에서는 리눅스에서 QoS제공을 위해 구현해 놓은 라이브러리를 이용하였다. 리눅스 커널 2.2 이후 버전에서는 기본적으로 트래픽 제어를 위한 TC(traffic control) 매커니즘이 제공된다. 라우터로 설정된 리눅스 머신에 패킷이 입력 인터페이스에 도착하면 네트워크 드라이버에 의해 수신된 후 리눅스 내부 버퍼로 복사된다. 패킷에 대한 디멀티플렉싱(demultiplexing)을 통해 TCP등의 상위 계층 프로토콜 스택으로 전달할 것인지, 아니면 포워딩을 통해 다음 노드로 전달할 것인지를 결정한 후 포워딩을

할 패킷에 대해서는 출력 인터페이스를 통해 다음 노드로 전달한다. 리눅스 커널의 TC모듈과 통신하여 TC를 사용자 레벨에서 제어하기 위한 응용 프로그램으로서 IPROUTE2 패키지 중의 하나인 tc를 사용하였다. [13].

본 테스트베드에서는 이미 앞에서 설계해 놓은 정책 구성을 바탕으로 access control, Mobile IP operation, QoS control, network monitoring 정책의 네 가지를 기준으로 정책서버 및 Agent Daemon들을 개발하였다. 이동 노드에 대한 access control, Mobile IP에서의 routing 정책, 차별화 서비스를 위한 QoS 제어, 각각의 정책에 수립에 대한 편집과 작성 창 그리고 정책의 적용 및 모니터링 등이 구현되었으며, 각 에이전트 위에는 Agent Daemon이 구동되면서 정책서버와 메시지를 주고받는다. 실제 각 에이전트와 정책서버 사이의 통신은 일반적으로COPS또는 SNMP를 통해 이루어져야 하나, 본 테스트베드에서는 정책서버와 Agent Daemon 사이에 소켓을 통해 정보를 주고받기 위해 개발된 SCOPS프로토콜을 이용하였다. 정책서버는 사용자의 편의상 Graphic User Interface로 구성되었다. 그 외 정책서버와 통신하는 다른 Agent Daemon들은 정책서버와의 원활한 정책 수행과 모니터링을 위해 Consol창을 통해 command를 실행하도록 구성하였다[14].

실제 구현된 정책서버의 사용자 환경은 그림 9와 같다. 정책 서버의 사용자 환경은 크게 네 부분으로 구성되어 있다. 정책들을 편집하고 DB에 저장하는 부분이 있고, 정책서버와 정책을 주고받는 Agent들의 리스트를 보여주는 곳과 실제 각 Agent와 디바이스들을 제어하기 위한 명령 창과 실시간으로 네트워크의 상황 및 Agent들과의 주고받는 메시지를 볼 수 있는 모니터링 창으로 구성되어 있다.

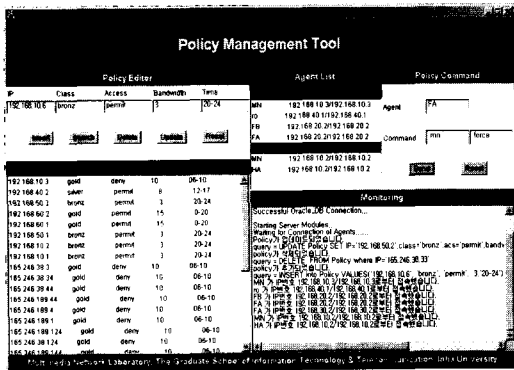


그림 9. 정책서버 사용자 인터페이스

그림 10은 Agent Daemon의 명령 인터페이스를 보여주고 있다. 이 인터페이스를 통해 정책을 질의하고 Agent의 상황을 셋팅하고 모니터링 한다. Agent Daemon은 원활한 명령 입력 및 모니터링을 위해서 두 개의 콘솔 창을 만들었다.

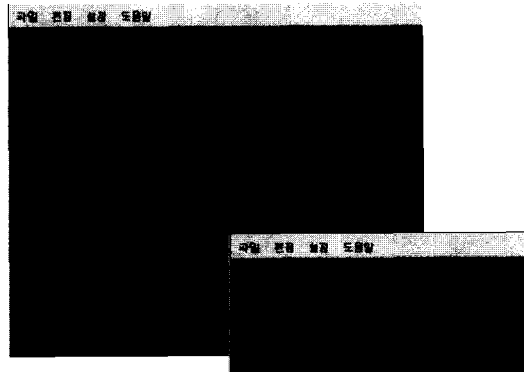


그림 10. Agent Daemon Consol.

그림 11은 실제 정책서버 및 Agent Daemon의 내부 모듈 구조를 보여준다. 정책 서버는 크게 5가지 모듈로 구성되어 있다. 첫번째, 정책들을 입력받고 실제 DB와 연동하여 정책들을 저장하는 모듈이 있다. 두번째, Agent Daemon들의 부팅 시 소켓을 통해 보내온 에이전트들의 정보를 파싱(parsing)하고 저장 및 사용자 인터페이스의 Agent list에 출력해주는 모듈이 있다. 세번째, 명령(command)를 처리하는 부분으로 3개의 파라미터 값으로 각 에이전트에 대한 정책을 저장하는 모듈이다. 네번째, 이 부분도 역시 명령을 처리하는 부분으로 3개의 파라미터 값으로 네트워크 모니터링 상황에 따라 소켓을 통해 각 에이전트를 셋팅하는 모듈이다. 다섯번째, 모니터링 부분으로서 소켓을 계속 열어놓고 리스(listen) 상태를 유지하면서 각 에이전트로부터 들어오는 패킷들을 하여 적절한 메시지를 보여주고 관리자가 적절한 대처를 할 수 있도록 하는 모듈이다.

Agent Daemon은 두 개의 모듈로 구성되어있다. 첫째, 리스 상태를 유지하면서 정책서버 및 다른 Agent Daemon으로부터 소켓을 통해 들어온 패킷을 파싱(parsing)해서 정책서버로부터 온 패킷은 실제 정책을 적용하고 다른 Agent Daemon으로부터 들어온 패킷은 모니터링하는 모듈이다. 둘째, 정책서버에 질의를 하거나 네트워크 상황들을 정책서버에 알리는 모듈이다.

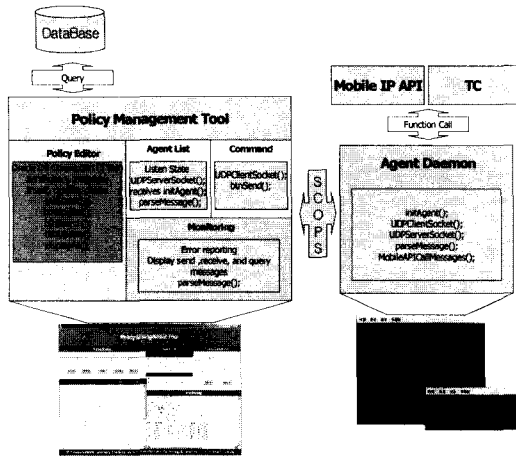


그림 11. 정책서버 및 Agent Daemon Consol 내부 모듈구조

VII. 인터넷 QoS 지원 정책 기반 이동 IP 망 성능 평가

본 장에서는 정책 이동 IP 망에서 차별화 서비스가 효과적으로 이루어지고 있는지에 대해 성능 평가를 하였다. 성능 평가를 위해 본 연구에서는 특정 링크에 임의로 병목 현상을 유발하여 정책 서버에 의해 높은 우선 순위를 가진 패킷들이 네트워크 상에서 정책적으로 특정 클래스에 할당된 대역폭을 보장 받는지에 대해 실험하였다. 그림 12는 성능 평가를 위한 시스템 구조 및 대역폭 분석 결과를 보여준다.

병목 현상을 유도하기 위해 홈 경계 라우터와 코어 라우터 사이는 10Mbps를 할당하고 코어 라우터와 외부 경계 라우터 사이는 5Mbps를 할당하였다. 트래픽 발생기를 이용하여 각각 서로 다른 포트(port)로 패킷을 발생시켰다. 포트 6000번으로는 1250 바이트의 사용자 데이터 패킷을 초당 390개를 발생시킴으로써 약 4Mbps의 트래픽을 발생시키고 포트 6001 번으로는 1250 바이트의 패킷을 초당 290 개를 발생시킴으로써 약 3Mbps의 벌크 트래픽을 발생시켰다. 홈 경계 라우터에서는 정책 서버에 의해 전달된 내용에 따라 포트 6000 번으로 4Mbps로 나가는 모든 패킷들에 대해 최우선 순위를 갖도록 EF(Expedited Forwarding)로 DSCP 값을 마크한다. 그리고 나머지 6001번 포트의 패킷들에 대해서는 최선형 서비스(BE: Best Effort)만 하도록 설정한다. 이렇게 발생된 패킷들은 10Mbps로 할당된

링크에서는 자신이 발생된 대역폭을 유지하면서 전송되나 코어 라우터를 빠져나가면서 5Mbps로 할당된 링크에서 병목 현상이 발생되고 최우선 순위를 갖도록 EF로 할당된 패킷들은 자신의 대역폭을 유지하면서 패킷이 전송되고 나머지 패킷들은 남은 대역폭만을 사용하게 된다. 그림 12에서 대역폭이 차별화 서비스에 맞게 할당된 모습을 보여주고 있다. 코어 라우터에 들어오는 트래픽은 자신의 클래스에 원래 할당된 4Mbps와 3Mbps로 패킷이 전송되는 모습을 볼 수 있지만 외부 경계 라우터의 입력에서 측정된 대역폭은 포트 6000번에서 오는 EF로 마킹된 패킷들은 4Mbps의 대역폭을 사용하고 있지만 그렇지 않은 포트 6001번의 패킷들은 남은 1Mbps만을 사용하고 있다. 따라서 본 성능 평가에서는 병목 현상시 정책 서버에 의해 할당된 최우선 순위(EF) 패킷들에 대해 차별화 서비스가 잘 이루어지고 있음을 확인하였다.

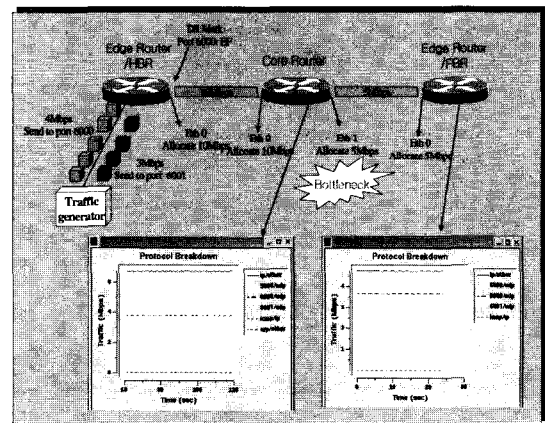


그림 12. 성능 평가 구조 및 대역폭 분석 결과.

VIII. 결 론

본 논문은 정책 이동 차별화 서비스 망의 설계 및 구축 방안 정책서버 개발에 대해 제안하였다. 그리고 실제 정책 이동 차별화 서비스 망에서의 정책 서버를 개발하여 정책 구성들을 실험 환경에 적용하고 성능 평가를 하였다. 각각의 Agent 들과 정책 서버 간의 원활한 통신을 위해 소켓을 이용한 SCOPPS 프로토콜을 개발 및 메시지 전달 절차에 대해 기술하였다. 이와 같은 정책 이동 차별화 서비스 망에서의 정책기반 네트워크 관리로 운용자에게 자동화된 정책의 수립, 전달, 실행을 지원하게 되고

각 구성 요소들의 정책을 변화시킴으로써 네트워크 관리의 유연성을 제공하게 된다. 뿐만 아니라 이동 사용자들에게 QoS에 따른 차별화 서비스가 가능하게 된다. 앞으로도 무선망에서의 QoS 제공을 위한 정책기반 네트워크에 대한 연구는 계속적으로 필요한 부분이다. 따라서 더 많은 효율적인 QoS 제공 매커니즘 및 정책 스키마(schema)의 개발이 많이 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

[1] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4", IETF, RFC 3344, Augus 2002.

[2] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W.Weiss, "An Architecture for Differentiated Services", IETF, RFC 2475, December 1998.

[3] K. Chan et al., "Differentiated Services Quality of Service Policy Information Base", IETF, RFC 3317, August 2001.

[4] V.Jacobson, K.Nichols, and K.Poduri. "An expedited forwarding PHB", RFC 2598, June 1999.

[5] K.McCloghrie et al., "Structure of Policy Provisioning Information(SPPI)", IETF, RFC3159, August 2001.

[6] Dave Kosiur, "Undersstanding Policy-Based Networking", John Wiley & Sons 2001.

[7] D. Durham, Ed., J. Boyle, R. Cohen, S. Herzog, R. Rajan, A. Sastry, "The COPS(Common Open Policy Service) Protocol", IETF, RFC 2748, January 2000

[8] K.Chan et al., "COPS Usage for Policy Provisioning", IETF, RFC3084, March 2001.

[9] M.Fine et al., "Framework Policy Information Base", IETF, RFC3318, March 2003.

[10] Leonidas Lymberopoulos, et al., "An Adaptive Policy Based Management Framework for Differentiated Services Networks", the Third International Workshop on Policies for Distributed System and Networks, pp. 147-158, 2002.

[11] Yuji Nomrua et al., "A Policy Based Networking Architecture for Enterprise

Networks", IEEE International Conference on Communications, pp. 636-640, 1999.

[12] <http://www.cs.hut.fi/Research>.

[13] Günther Stattenberger, Torsten Braun, Matthias Scheidegger, Marcus Brunner and Heinrich J.Stüttgen, "Performance evaluation of a Linux DiffServ implementation", Computer Communications, Volume 25, Issue 13, pp 1195-1213, August 2002.

[14] W. Richard Stevens Unix", Network Programming Volume2", second edition.

김 태 경 (Tae-Kyung Kim)

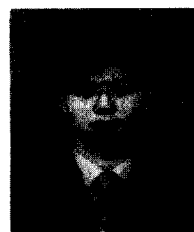
준회원



2002년 2월 : 인하대학교 경영학부 (경영학사)
 2002년 3월~현재 : 인하대학교 정보통신대학원 석사과정
 <관심분야> 인터넷QoS, Mobile IP, Policy-based Network

강 승 완 (Seung-Wan Kang)

준회원



2002년 2월 : 인제대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2002년 3월~현재 : 인하대학교 정보통신대학원 석사과정
 <관심분야> 인터넷 QoS, Mobile IP, Policy-based

Network. Ad-hoc Network

유 상 조 (Sang-Jo Yoo)

정회원

1988년 2월 : 한양대학교 전자 통신학과(공학사)
 1990년 2월 : 한국 과학 기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
 2000년 8월 : 한국 과학 기술원 전자전산학과(공학박사)
 1990년 3월~2001.2 : 한국통신 연구개발본부 전임 연구원
 2001년 3월~현재 : 인하대학교 정보통신대학원 조교수

<관심분야> 인터넷QoS, 초고속 통신망 구조, 멀티미디어 네트워킹, 트래픽 엔지니어링