韓國 컴퓨터情報學會 論文誌
第12卷 第4號, 2007. 9.

2007-12-4-2-7

# MANET에서의 QoS 관리를 위한 정책 기반 액티브 프레임워크

김 규 호*

# A Policy-Based Active Framework for the Management of QoS in MANET

Kyu-ho Kim*

## 요 약

MANET의 한정적 자원과 토폴로지 변화 등의 특성 때문에 MANET 환경에서 관리 행위를 수행하고 QoS를 보장하기란 어려운 일이다. 또한 MANET의 QoS 보장에 대한 연구는 주로 MAC 프로토콜과 라우팅 프로토콜에 집중되어 있다. 따라서 본 논문에서는 차등화 서비스(DiffServ) QoS 모델을 기반으로 하는 정책기반 망 관리 기술과 동적으로 네트워크의 기능을 확장할 수 있는 액티브 네트워크 기술을 이용하여 MANET을 효율적으로 관리하고 QoS를 제공할 수 있는 프레임워크를 제안한다. 제안한 프레임워크는 액티브 네트워크 환경에서 정책 기반 관리가 가능하기 때문에 관리자에게 추상적이고 자동적인 관리 방법을 제공한다.

## Abstract

On account of limited resources and diverse topology change, it is difficult to manage MANET and guarantee QoS. In current MANET, QoS grantee is exceedingly significant. However, today's MANET are being concentrately worked on MAC protocols and routing protocols. Thus we proposed a framework for effective management of MANET and supporting QoS using policy based network management paradigm and active network technology. Since this framework employs the policy-based management approach in active network environment, it provides an abstract and autonomous management method to network managers.

▸ Keyword : MANET, 정책기반 망관리(PBNM), Active Network, QoS

• 제1저자 : 김규호
• 접수일 : 2007. 8.24, 심사일 : 2007. 9.7, 심사완료일 : 2007. 9.20
* 을지대학교 의료산업학부 교수

# I. 서 론

모바일 애드 혹 네트워크(MANET)은 무선 통신을 할 수 있는 장치들이 자치적으로 구성을 하는 네트워크이다. 각 장치들은 네트워크 내에서 호스트와 라우터로서 두 가지로 동작을 한다. 호스트는 근원지 혹은 목적지로 동작을 하고, 라우터는 근원지와 목적지의 중간노드로서 패킷을 전달하는 기능을 한다. 이러한 MANET은 기존의 유선망과는 달리 무선이라는 매체의 특성상 대역폭이 제한되고, 장치 역시 컴퓨팅 능력이 제한적이고 배터리에 의존해야 하는 문제점을 가지고 있다. 그러므로 MANET에서 QoS를 보장하는 기술은 유선망보다 더욱 중요한 의미를 가진다[1].

MANET에서 QoS를 보장하고 망을 효율적으로 관리하는 것은 어려운 일이다. 현재까지 MANET에서 QoS 보장을 위한 연구는 주로 QoS MAC과 QoS 라우팅에 집중되어 이루어지고 있다[2]. 하지만 각 계층의 QoS 메카니즘들을 이용한 통합 QoS 관리 플랫폼에 대한 연구는 미비하다. 따라서 본 논문에서는 MANET을 관리하기 위한 QoS 모델로서 차등화 서비스를 지원하는 정책기반 망 관리기술과 이질적인 장치들로 구성된 MANET의 기능을 동적으로 확장할 수 있는 액티브 네트워크 기술을 적용함으로써 자동화되고 확장 가능한 MANET 관리 프레임워크를 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 MANET의 특성과 QoS모델 및 기반기술에 대해서 간략히 설명하고 3장에서는 제안하는 프레임워크에 대하여 상세히 설명한다. 4장에서는 프레임워크의 구현에 대하여 설명하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

# II. 관련연구

## 2.1 MANET의 특성

MANET 환경에서 관리 행위를 효율적으로 수행하고 QoS를 보장하기 위해서는 MANET의 특성을 충분히 고려하여야 한다[3].

- 다양한 토폴로지 변화 : MANET에서 각 모바일 노드들은 자유롭게 이동하기 때문에 다양한 토폴로지를 갖는다
- 낮은 대역폭과 링크 용량 : 무선 링크들은 유선 링크에 비해 대역폭이 제한적이다. 무선의 특성상 페이딩, 간섭, 방해 전파 등으로 링크 실패 혹은 채널 에러 상태의 다양한 변화를 야기 시킬 수 있다.
- 제한된 자원 : MANET의 노드들은 배터리로 동작을 하며 유선 네트워크의 노드들보다 제한된 저장능력 및 처리능력을 가진다.
- 이질성 : 대부분의 MANET은 이질적인 장치들로 구성이 된다. 예를 들어, 센서, 노트북, PDA, 랩탑 컴퓨터에서부터 선박, 탱크 혹은 비행기에 장착되는 모바일 네트워크 장비에 이르기까지 매우 다양한 노드들로 구성된다.

## 2.2 QoS 모델 및 관련기술

본 절은 제안하는 프레임워크(PQMF: Policy-based active QoS Management Framework for MANET) QoS 모델을 제시하고 기반 기술인 차등화 서비스, 정책기반 망 관리 기법과 액티브 네트워크에 대하여 설명한다.

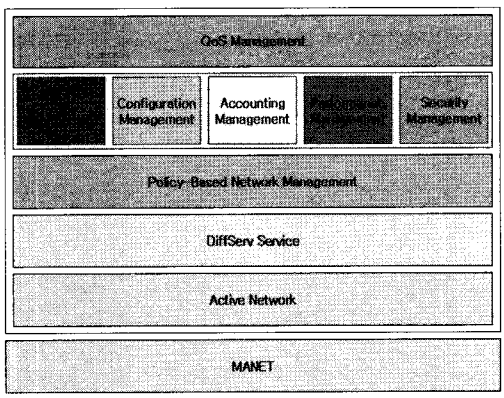



그림 1. PQMF QoS 모델
Figure 1. PQMF QoS Model

- 정책기반 망 관리 : PBNM(Policy-Based Network Management) 기술은 사용자 및 서비스에 대한 특성 및 로직을 미리 정책으로 정의하고, 이에 따라 자동으로 관련 장비의 구성 및 제어가 가능한 기술이다. 이렇게 함으로써 기존의 많은 인력과 시간이 필요한 수동 및 제어의 문제점을 해결할 수 있다. 또한 단순히 정책을 바꿈으로써 서비스의 특성 및 제어에 바로 반영할 수 있는 동적이고, 유연한 구조를 가진다[4].

- 차등화 서비스 (DiffServ) : 통합 서비스(IntServ)는 단일 사용자로부터 생성된 흐름 단위로 서비스를 제공한다. 통합 서비스의 가장 큰 단점은 흐름 단위의 상태정보가 필요하다는 것과 핵심 IP 망에서 QoS를 처리하기 위한 확장이 어렵다는 것이다. 반면, 차등화 서비스는 패킷 단위로 단순한 등급별 서비스를 제공한다. 따라서 제한된 처리능력을 가지는 MANET을 위해서는 차등화 서비스가 적합하다.
- 액티브 네트워크 : 현재의 네트워크는 새로운 기술들과 표준들을 네트워크 기반구조에 적용하는데 어려움이 따르며, 여러 프로토콜에서 중복되는 동작을 수행함에 따라 성능 저하가 발생하고 새로운 서비스를 적용하기에 어려움이 따른다. 액티브 네트워크의 기본 아이디어는 코드와 데이터를 포함하는 패킷을 네트워크의 노드들에 전송함으로써 새로운 프로토콜이나 서비스를 유연하게 네트워크에 포함하도록 하는 것이다. 이러한 액티브 네트워크 기술은 이질적인 장치들로 구성이 되는 MANET에 적용하여 각 노드들의 기능을 동적으로 확장할 수가 있다[5].

## III. 프레임워크 설계

### 3.1 설계 가정

무선 환경에서는 하위MAC 계층의 QoS 메카니즘과 QoS 라우팅 프로토콜의 지원없이 QoS를 보장하기는 어렵다. 따라서 본 논문에서 제안하는 PQMF는 기본적으로 하위의 QoS 메카니즘이 존재한다고 가정한다. 또한 본 PQMF를 적용할 수 있는 대상은 기본적으로 어느 정도의 컴퓨팅 능력을 가진 무선으로 동작하는 노트북, 데스크 탑 컴퓨터이다. 모바일 장치에 대한 성능향상은 지속적으로 이루어지고 있기 때문에 PQMF의 적용 대상은 크게 확대되어질 수다.

무선 환경에서는 높은 데이터 전송 실패와 낮은 데이터 수신율에 따른 데이터 재전송으로 전력소비가 상당히 발생한다. 본 논문의 PQMF의 기반 기술인 액티브 네트워크는 액티브 패킷을 이용하여 관리 트래픽의 양을 감소시킬 수 있다. 따라서 모바일 노드의 액티브 프로세싱에 따른 전력소비와 프로세싱 비용은 관리 트래픽의 감소와 수신율 향상으로 줄일 수 있다[6].

### 3.2 설계 원칙

MANET은 인터넷 환경에 비해 매우 토폴로지가 가변적이고 제한된 컴퓨팅 능력을 가지므로 PQMF는 첫째, 관리 트래픽에서 발생하는 오버헤드를 최소화 해야 하며, 둘째, MANET의 동적인 특성을 지원하기 위해 관리 프레임워크는 각 노드들의 능력 변화를 알아야 하고 그에 따라 적절한 역할을 부여할 수 있어야 한다.

### 3.3 프레임워크 구조

MANET에서 QoS 관리를 위한 PQMF 플랫폼의 전체적인 구조는 그림 2와 같다. MANET 환경에서 각 노드들은 관리자로서 PDP 혹은 코아 라우터로서 PEP 기능을 수행해야 한다. 따라서 PQMF는 크게 정책을 정의하는 정책 도구와 정책 저장소에 저장된 정책들을 해석하고 정책 실행자(PEP)와 통신하는 PDP, 액티브 패킷을 실행하는 액티브 네트워크 실행환경을 가지고 정책 실행과 노드의 기능을 확장하는 PEP와 차등화 서비스 블록으로 구성된다.

- 정책 도구(Policy Tools) : 관리자가 새로운 정책을 정의하거나 기존의 정책들을 재정의하고 정책저장소에 존재하는 정책들을 볼 수 있도록 하며 정의한 정책은 XML 문서 형태로 정책 저장소에 저장이 된다.
- PDP : 정책을 저장하는 정책 저장소의 정책을 읽어서 XML 파서를 이용해 정책을 파싱하고 신뢰성 체크 모듈을 호출해서 정책에 대한 유효성을 검사한다. 신뢰성 검사 모듈은 정의한 정책의 서비스를 제공해줄 수 있는지 검사한다. PDP 메니저는 신뢰성 체크 정책 파서와 신뢰성 체크 모듈을 통해 정책의 유효성이 입증된 정책을 액티브 패킷 생성기에 전달한다. 액티브 패킷 생성기는 AQMP(Active QoS Management Protocol)의 페이로드에 해당 정책을 포함해서 PEP에 전달한다.

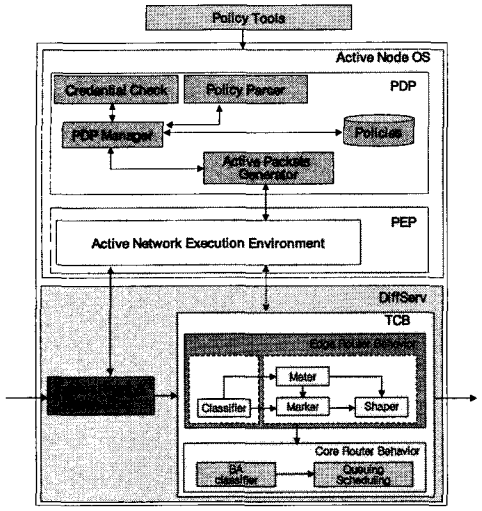



그림 2. PQMF 구조
Figure 2. PQMF Architecture

- PEP : 액티브 네트워크 실행환경을 포함하는 PEP는 AQMP의 페이로드에 포함된 실행코드를 실행하며, PEP로서 하위의 DiffServ 블록을 이용하여 PDP의 정책을 실행하거나 노드의 기능을 동적으로 확장한다.
- 차등화 서비스 블록 : AQMP의 BFlag에 따라 코아 라우터나 에지 라우터로 동작하며 에지 라우터로서 자신이 생성한 트래픽에 대한 분류, 마킹과 쉐이핑 메카니즘을 이용해 패킷을 처리하며 외부에서 들어오는 트래픽에 대해 코어라우터로서 마킹된 패킷의 DSCP값에 따라 차별화 된 QoS를 제공한다.

## 3.4 액티브 QoS 관리 프로토콜(AQMP)

액티브 네트워크에서 액티브 패킷이라 부르는 데이터 패킷은 정보의 실체이다. 본 논문의 AQMP는 액티브 네트워킹 워킹 위원회에서 제안한 액티브 네트워크 캡슐화(ANEP)을 토대로 설계하였다[7]. 본 논문에서 설계한 AQMP는 그림 3과 같다.

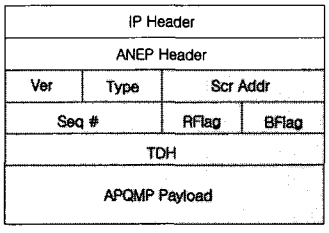



그림 3. AQMP 형식
Figure 3. AQMP Format

- 버전 번호(Ver) : 버전 번호는 현재 AQMP의 버전이나 패킷 형식 변경을 식별하기 위해 사용된다.
- 패킷 타입(Type) : 타입 필드는 프로그램 패킷, 데이터 패킷, 에러 패킷 또는 메시지 패킷의 4가지 형태 중 하나를 가리킨다.
- 근원지 주소(Src Addr) : 근원지 주소(Src Addr)는 AQMP를 전송한 노드의 주소를 포함한다.
- 순서번호(Seq#) : 순서 번호 필드는 같은 근원지 주소로부터의 메시지들을 구별하기 위한 값을 포함한다.
- 라우팅 플래그(RFlag) : 라우팅 플래그(RFlag)는 해당 AQMP가 어떠한 라우팅 정책을 사용할 것인가를 구별해 준다.
- 동작 플래그(BFlag) : 동작 프래그는 해당 AQMP가 PDP를 위한 것인지 PEP를 위한것인지를 구별해 준다.
- 타입 기반 페이로드 헤더(TDH) : 앞서 정의된 AQMP 패킷 타입에 따라 다음에 나오는 AQMP 페이로드를 구분하는 역할을 한다.
- AQMP 페이로드 : AQMP 페이로드는 앞서 정의된 헤더에 따라 실제 망 관리 작업을 수행하는데 필요한 액티브 관리 응용을 위한 코드가 포함되거나 에러 데이터, 관리 작업의 결과 등이 포함된다.

## 3.5 정책과 관리의 실행

### 3.5.1 정책의 정의 및 검증

PQMF는 상위 레벨 QoS 정책들의 정보를 검증하여 차등 서비스 노드들을 구성하기 위한 하위 레벨 QoS 정책들로 변환시킨다. 그러기 위해서 PQMF는 상위 레벨에서 정의한 정책들을 XML 스키마를 갖는 XML QoS 정책 문서들로 정의하고 XML 문서로 표현된 상위 레벨 QoS 정책들의 유효성 검증을 수행하기 위하여 사전 정의된 XML 스키마를 사용한다. PQMF는 관리자로부터 QoS 정책 데이터를 입력으로 받아들여 유효한 XML 문서를 생성한 후 XML 스키마를 이용하여 유효성을 검증 한다. XML 문서로 표현된 정책 구문에 대한 유효성 검증은 상위 레벨 QoS 정책 규격의 구문을 정의한 XML 스키마에 따라 XML 파서에 의해 자동적으로 수행된다.

다음은 발신지 주소가 192.168.0.5인 노드가 Gold 서비스를 이용하기 위한 정책의 예를 보여준다. 그리고, 정책은 유효한 XML 정책문서로 표현이 된다.

IF (Source_IP_Address is 192.168.0.5) THEN COS is Gold

### 3.5.2 정책 변환

상위 레벨 QoS 정책을 하위 레벨 QoS 정책으로의 정책 변환은 PQMF의 PDP 메니저에 의해 수행된다. 신뢰성 체크 모듈이 정책의 유효성 검증을 완료한 후에는 XML로 표현된 상위 레벨 QoS 정책들은 실제 모바일 노드들의 기능을 설정하기 위해 요구되는 장비 구성 파라미터들을 하위 레벨 QoS 정책으로 설정함으로써 정책 변환이 발생된다.

상위레벨 정책을 하위레벨 정책으로 변환하는 개념적인 표현은 표1과 같다.

표 1. 하위레벨 정책 변환
Table 1. Translation of Low Level Policy

```
IF (Source_IP_Address is 192. 168.0.5)
        {CID = "EF_CID"} // Gold Service
                ...
IF (CID is "EF_CID") {DSCP = 0x2e; // EF
                ...
        IF (DSCP is 0x2e) {
        Sheduling_Algorithm = "CBQ";
        Queuing_System = "FIFO";
        Priority = 1;  // high
        Shaping_Rate = 1500Kbps
                }
```

### 3.5.3 AQMP 생성

그림 4는 AQMP의 생성 절차이다. PQMF에서 정의한 유효한 정책들은 AQMP의 페이로드에 실려 해당 노드에 전달이 된다.

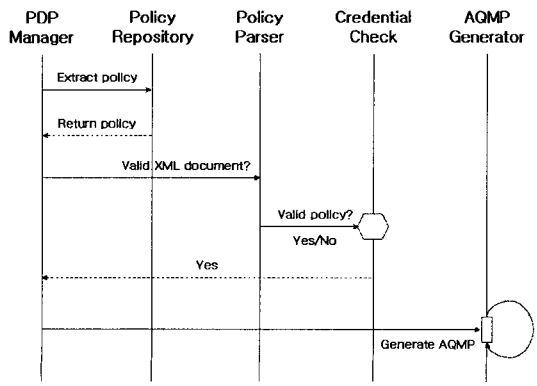



그림 4. AQMP 생성 절차
Figuer 4. Sequence diagram for AQMP creation

PDP의 PDP 메니저는 정의된 유효한 정책을 정책저장소에서 추출하고, 정책 파서를 통해서 유효한 XML 문서인지 검증을 한다. 유효한 XML 문서에 대해 신뢰성 검사를 통해서 해당 정책이 PQMF에서 제공할 수 있는지 검사를 하여 유효한 정책을 하위 레벨 정책으로 변환하여 AQMP 생성기에 전달하게 되면 AQMP 생성기는 해당 정책을 포함한 AQMP를 생성하여 PEP에 전달한다.

### 3.4.5 관리 프로토콜 필터링

PQMF에서 패킷은 일반 패킷과 AQMP로 분류하여 처리한다. 일반 패킷은 패킷 필터링 메카니즘을 거쳐 바로 TCB에 전달이 되며, AQMP는 수행환경을 통해 처리가 된 후 TCB로 전달된다. 그림 5는 AQMP가 필터링 되는 구조를 보여준다.

패킷이 MANET을 경유할 때, 많은 노드들을 방문하게 된다. 만약 AQMP가 특정 노드에 적용되는 액티브 애플리케이션에 속할 경우, 다음 노드에 전달하기 전에 액티브 프로토콜로써 처리가 되어야 한다. 따라서, 패킷 필터링 메카니즘은 AQMP를 인식하고 지연을 없애기 위해 수행환경에 곧 바로 전달해야 한다. PFM은 캡처할 AQMP를 선택하기 위해, 노드에 설치된 액티브 애플리케이션을 확인하기 위해 FlowID 테이블을 이용한다. FlowID는 IPv4 패킷 혹은 IPv6 패킷의 옵션필드에 저장이 된다. FlowID 테이블을 최신화하기 위해서, FlowID 업데이트 서비 수행된다. FlowID 업데이트 서비스는 FlowID 테이블의 엔트리를 추가하거나 제거함으로써 FlowID를 업데이트하고 설치된 액티브 어플리케이션 프로토콜을 모니터한다.

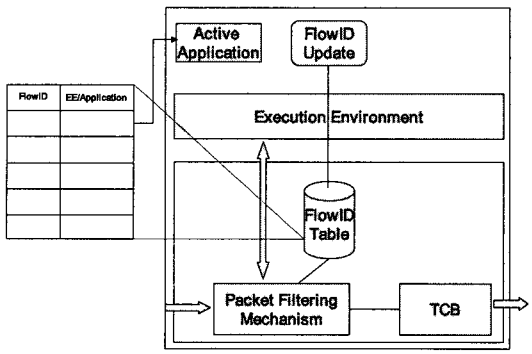



그림 5. AQMP 필터링 절차
Figure 5. AQMP Filtering Mechanism

PQMF에서 패킷을 처리하는 절차는 그림 6과 같다.

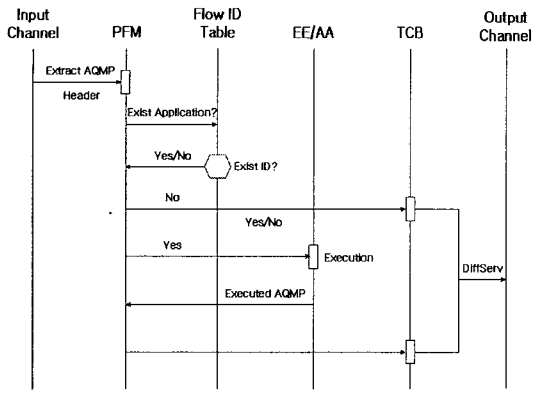



그림 6. AQMP 필터링 절차
Figure 6. Sequence Diagram for AQMP Filtering

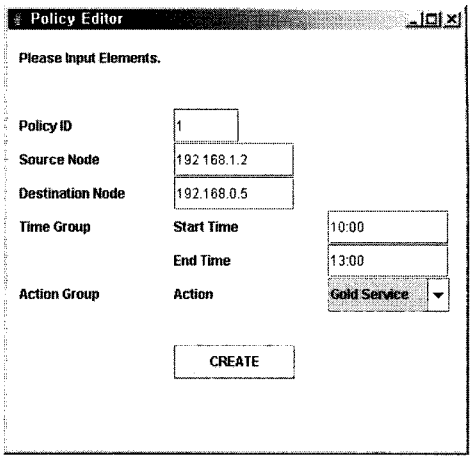



그림 7. PQMF 정책 편집기
Figure 7. PQMF Policy Editor

## Ⅳ. 구현

### 4.1 프레임워크 구현

PQMF는 IEEE 802.11b 무선 랜 인터페이스를 장착한 노트북 상에서 구현된다. 애드 혹 모드와 DiffServ를 지원하기 위해서는 Linux 커널버전 2.4.2 이상의 버전을 사용한다. 애드 혹 모드의 설정은 /etc/pcmcia/wlan-ng.opts 파일의 옵션을 'IS_ADHOC=y'과 같이 수정함으로써 가능하다. DiffServ를 지원은 Iproute2 패키지를 이용하여 DiffServ 기능이 추가되며, 이때 TC(Traffic Control) 유틸리티를 사용한다[8].

PQMF의 구현은 자바로 구현된다. 다음의 그림 7은 정책 도구의 정책 편집기를 보여준다. 상위 레벨 정책은 XML 문서 형태로 생성되며, 미리 정의된 XML 스키마를 통해 검증된다. 생성된 상위 수준의 정책은 하위 수준의 정책으로 변환되고 AQMP 메시지 형태로 해당 노드에 전송되어 QoS 정책이 실행된다.

### 4.2 적용 시나리오

그림 8은 PQMF가 동작하는 단순한 예를 보여준다. A에서 E까지 요구되는 대역폭을 만족하는 라우팅 경로가 설정된 후에 A는 자신의 정책을 AQMP의 페이로드에 포함해서 B, C, D, E에 전송하게 된다. B, C, D의 각 액티브 네트워크 실행 환경은 AQMP를 해석하고 실행하여 AQMP의 정책을 반영하고 자신을 코아 라우터로 설정을 하고 E는 수신지로 에지 라우터로 설정을 한다. 그리고 이후부터 A는 자신의 정책에 따라 패킷의 DSCP값을 마크하여 이웃 노드 B에게 보내고 B, C, D는 마크된 DSCP값에 따라 PHB를 결정하여 전달함으로써 최종적으로 목적지 E에 도착하게 된다.

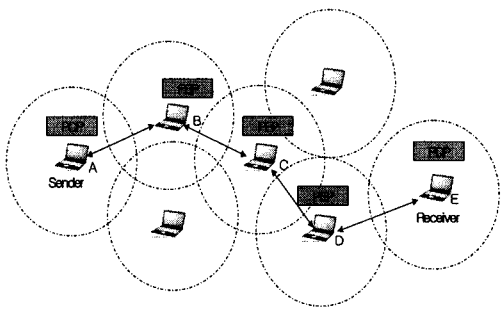



그림 8. PQMF 적용 시나리오
Figure 8. Scenario of PQMF application

## V. 결론

본 논문에서는 MANET의 특성을 기술하고 MANET을 효율적으로 관리하고 Qos를 보장할 수 있는 기반 기술인 차등화 서비스, 정책기반 망관리, 액티브 네트워크에 대해 고찰하고 QoS 모델을 제시하였다. 또한 표준 액티브 패킷인 ANEP을 기반으로 AQMP를 설계하고 액티브 네트워크를 효율적으로 관리 할 수 있는 프레임워크인 PQMF를 설계하고 구현하였다. 제시한 프레임워크는 액티브 네트워크 환경에서 정책 기반 관리가 가능하기 때문에 관리자에게 추상적이고 자동적인 관리 방법을 제공한다. 즉, 관리 대상과 항목의 유연성이 요구되는 MANET 환경에 적합한 관리 프레임워크이다.

## 참고문헌


[1] I. Chlamtac, M Conti, J Liu, "Mobile ad hoc networking: imperatives and challenges", Ad Hoc Networks, 2003

[2] M. Saghir, T. C. Wan, R. Budiarto, "Multicast Routing with Quality of Service in Mobile Ad hoc Networks", Second Proceedings on Computer Science Postgraduate Colloquium, Penang, 2005.

[3] S. Chakrabarki and A. Micha, "Qos Issues in Ad Hoc Wireless Networks", IEEE Communications Magagine, vol. 39, February 2001.

[4] P. Flegas, P. Trimintzios, G. Pavlou, "A Policy-Based Quality of Service Management System for IP DiffServ Networks", IEEE Network, Vol. 16, Issue 2, Mar/APril 2002.

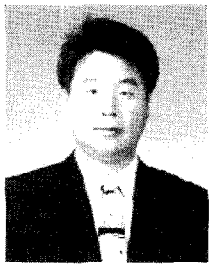
[5] Bernhard Plattner, James P.G. Sterbenz, "Mobile Wireless Active Networking: Issues and Research Agenda", Proc. of the First IEICE International Workshop on Active Network Technologies and Applications (ANTA). 2002.

[6] Bush, Stephen F., Kulkarni, Amit B., "Active Networks and Active Network Management (A Proactive Management Framework)", Plenum, 2001.

[7] 이병기, 조국현, "액티브 네트워크 기술을 이용한 새로운 망 관리 기법," 한국정보과학회논문지, 제 28권 제 1호, 2001년 3월

[8] Werner Almesberger, Jamal Hadi Salim, Alexey Kuznetsov "Differentiated Serviced on Linux", June 1999.


## 저자소개




**김 규 호**

광운대학교 전자계산학과 졸업 (이학사)

광운대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)

광운대학교 대학원 전자계산학과(이학박사)

을지대학교 의료산업학부 교수

한국컴퓨터정보학회 이사

관심분야 : ATM 망관리, 센서 네트워크, 이동성 관리