정책 기반 MANET 관리를 위한 테스트베드의 구현

허지완*, 송왕철*
*제주대학교 컴퓨터공학과
e-mail:jeewan.huh@gmail.com, philo@jejunu.ac.kr

Implementation of Testbed for Policy Based MANET Management

Jee-Wan Huh*, Wang-Cheol Song*
*Dept of Computer Engineering, Jeju Natioanl University

요 약

MANET은 노드가 이동성을 가지고 있으며, 네트워크 위상을 자율적으로 결정하는 특성을 가지고 있다. 정책기반 망 관리 시스템을 MANET에 도입하기 위한 연구는 이러한 네트워크 특성을 고려하여 신뢰성과 효율성을 확보하기 위해 이루어지고 있다. 또한, 정책기반 망 관리 시스템은 유선 네트워크를 기반으로 제안되어 있으므로 이를 MANET에 도입하기 위해서는 여러 가지 수정이 필요한 부분이 있다. 정책 기반 망 관리 시스템은 SNMP의 MIB나 LDAP를 이용하는 정책 저장소와 노드의 상태를 수신하여 정책을 배포하는 정책결정자, 그리고 정책을 수신하여 수행하는 정책 수행자 노드가 있다. 본 논문에서는 MANET 라우팅을 이용하고 표준 정책 기반 망 관리 시스템에서 정책 결정자와 정책 수행자 사이의 프로토콜로 제안된 COPS-PR을 MANET에 특성에 맞게 수정한 능동적 PDP 탐색 메커니즘을 이용한 테스트베드를 설계하고 구현한다.

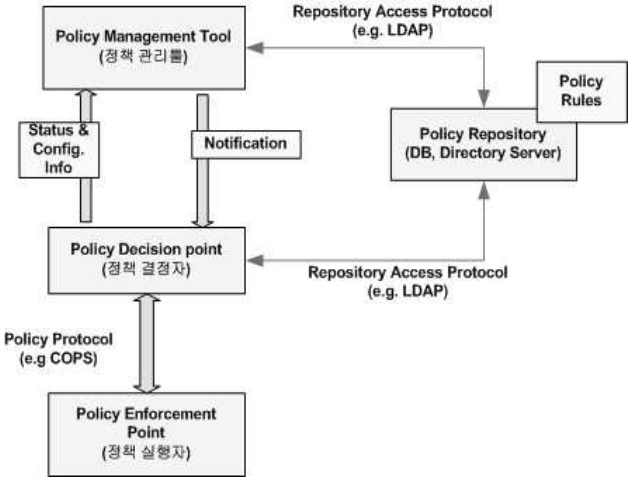
1. 서론

정책 기반 망 관리(PBNM : Policy Based Network Management)[1] 시스템은 네트워크에 신뢰성과 효율성을 확보하기 위해 연구되어 왔으며, 대규모, 고대역폭 환경의 유선 네트워크를 기준으로 표준이 제정되어 있다. 이러한 PBNM 시스템은 MANET(Mobile Ad Hoc Network)과 같은 특성을 가진 네트워크 즉, 무선이며 네트워크의 노드들이 이동성을 가지며, 노드들이 자율적으로 토폴로지를 구성하므로 네트워크의 크기가 가변적이며, 배터리 파워, 연산 능력 등이 서로 상이한 네트워크에 그대로 적용하는데는 문제가 있다. MANET의 특성상 정책결정자(PDP : Policy Decision Point)와 정책수행자(PEP : Policy Enforcement Point)간의 COPS(Common Open Policy Service)[2] 프로토콜에 대한 문제와 그간 연구되어온 QoS(Quality Of Service) 모델들 중 어떠한 모델이 MANET에 보다 적합한 QoS모델로 제시될 수 있는가, 하는 것이 MANET에서 추가 연구되어야 할 것이다. 본 논문에서는 MANET의 정책 기반 망 관리를 위하여 본 연구실에서 제안한 Active PDP Discovery[3] 알고리즘을 정책 교환 매커니즘으로 이용하고, 그동안 제안되었던 QoS모델 들 중 MANET에 적용할 수 있는 모델을 연구하고 랩톱PC를 기반으로 실제 테스트베드로 PBNM 시스템을 구현하고 실험하였다. 2장에서는 PBNM 시스템에 대하여 기술하고, 3장에서는 테스트베드의 구현과정에 대하여 설명하고, 4장에서는 구현된 테스트베드의 실험결과를 나타내며, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 PBNM 시스템

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2009-C1090-0902-0040)

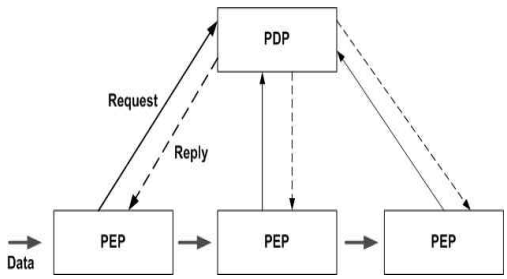


[그림 1] 정책 기반 망관리 구조

그림 1에서 PBNM의 구조를 보이고 있다. 정책저장소(Policy Repository)는 네트워크 관리자에 의하여 정책이 저장되며, 정책은 PEP노드의 상태에 따라 PEP노드가 COPS(Common Open Policy Service) 프로토콜에 의하여 전송된다.

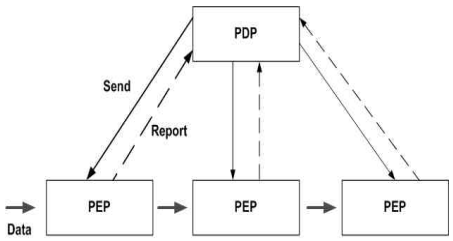
2.2 COPS-RSVP와 COPS-PR

COPS는 정책 클라이언트와 정책 서버간의 통신을 가능하게 한다. 두 가지 정책 제어 모델이 정의되어 있다.



[그림 2] COPS-RSVP 구조

그림 2의 COPS-RSVP 모델은 PDP로 하여금 각 PEP에게 내려야 할 즉각적인 정책 결정을 내릴 수 있도록 하는데 초점을 맞추고 있다. 그림 2에서 각각의 PEP는 새로운 트래픽이 도달할 경우, 해당 트래픽이 장비를 통과하여도 되는지 PDP에게 요청 한다. PDP는 요청에 대한 결정을 내린 후 그 결과를 장비에게 전송한다. 이와 같이 PDP와 PEP간의 통신은 On-Demand로 개시되는 Request-Reply의 질의응답 모델을 따른다.



[그림 3] COPS-PR 구조

그림 3은 COPS-PR의 구조를 나타내고 있다. 이 모델은 PDP가 정책 관련 설정 정보를 비동기적으로 PEP에게 전송하는데 초점을 맞추고 있으며 PDP와 PEP의 1:1 관계를 가정하지 않는다. PDP가 먼저 모든 PEP에게 정책 관련 설정 정보를 보내고 PEP는 이를 실행한 후 보고하는 Send-Report 모델을 따른다.

두 모델 중 MANET의 특성상 PDP로부터 PEP 자신의 상태를 보고하고 전송받은 정책을 처리하여야 하기 때문에 본 테스트베드에서 COPS-PR 모델을 사용하였다.

2.3 Active PDP Discovery Protocol

본 논문에서는 PEP가 능동적으로 PDP를 탐색하여 어떤 PDP로부터 정책을 수신할지를 PEP에서 선택하는 Active PDP Discovery Protocol을 테스트베드에 적용하였다. 제안된 Active PDP Disovery Protocol에 따라 프로그램을 개발하여 사용하였다.

3. 테스트베드의 구현

3.1 하드웨어 환경

테스트베드를 위한 하드웨어로는 5대의 랩톱 PC를 이용하여 구성하였다. 두 대의 PC는 PDP로 이용하고 나머지 랩톱 PC들은 PEP로 구성하였다. 무선 NIC들은 표준 파라미터 값들 중 txpower 값을 기본 20dB을 하향조정하여 전송 거리를 좁혔으며, 알루미늄 포일을 이용하여 라디오 안테나 부분을 겹겹이 둘러싸 물리적인 전송 거리를 단축시켰다. 이 작업 결과로 인해 각 노드간의 전송 거리는 5미터 내외가 되게 하였다.

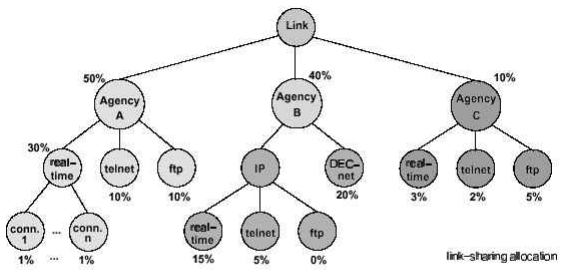
3.2 소프트웨어 환경

모든 PC들은 리눅스 커널 2.6기반으로 설치하고 네트워크 구성은 ad-hoc 모드로 연결하고, 라우팅 데

몬은 OLSRD[4]를 이용하였다. COPS-PR의 구현에 있어서는 Tempera 대학에서 만들어진 PIB와 COPS에 대한 예제 소스코드[5]를 응용하여 사용하였다. DiffServ에 관한 리눅스 소프트웨어로 IProute2 팩키지의 Linux Traffice Control(TC)를 사용하여 PDP로부터 할당받은 정책에 따라 대역폭을 조정하였다.

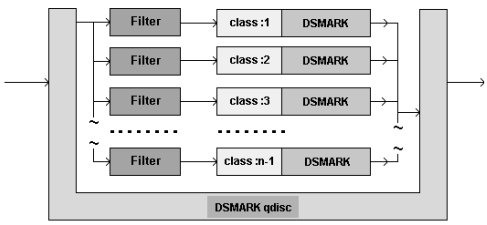
3.3 MANET에 적합한 QoS모델

테스트베드에 사용된 리눅스 커널 2.6의 QoS 모델들 중 MANET에 적용할 수 있는 것은 HTB와 DSMARK 모델을 들 수 있다. HTB 모델은 트래픽의 분배를 총 대역폭에 대한 비율로 정할 수 있으며, 이것은 대상 네트워크 전체에 같은 비율로 분배되므로 정책 기반 망 관리 시스템의 구현에서 정책의 결정이 쉽고 전체 네트워크에 정책을 배포하기 쉬운 장점이 있다. 하지만, VANET과 같은 네트워크에서는 응급 재난 관리 등 평상시에는 트래픽에 특성에 따른 적절한 분배를 하고 특정 상황이 발생하는 경우에는 다른 트래픽보다 특별히 높은 우선권을 가지는 QoS모델이 필요하다.



[그림 4] HTB에 의한 대역폭 분배

그림 4는 HTB에 의해 하위 네트워크 전체에 결정된 정책에 따라 트래픽이 분배되는 것을 도식한 것이다.



[그림 5] DSMARK 동작 개념

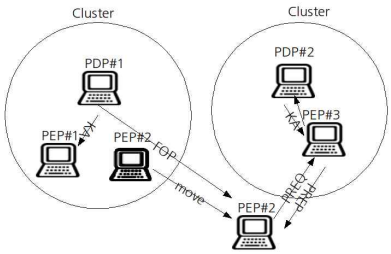
그림 5는 DSMARK의 동작 개념도이다. DSCP 필드에 의해 필터링 된 트래픽들은 미리 정의된 클래스에 의해 분류되고 정책에 의해 전송된다. DSMARK의 클래스는 크게 AF(Assured Forward)와 EF(Expedited Forwarding) PHB(Per Hop Behavior)를 가진다. 각 클래스는 비디오나 오디오, 일반적인 트래픽의 분류로 사용될 수 있고, 이 중 EF 클래스는 다른 트래픽을 드롭시키고 우선 전송되는 특성을 가진 클래스이다. 즉, 다른 클래스들이 대역폭을 정의된 정책에 의하여 비율로 분배하지만, EF 마킹된 트래픽은 전체 대역폭의 30%를 그 즉시 사용하는 특성을 가지고 있다.

```
tc qdisc del dev wlan1 root

tc qdisc add dev wlan1 handle 1:0 root dsmark indices 8
tc class change dev wlan1 classid 1:1 dsmark mask 0x0 value 0xb8
tc class change dev wlan1 classid 1:2 dsmark mask 0x3 value 0x58
tc class change dev wlan1 classid 1:3 dsmark mask 0xe3 value 0x10
tc class change dev wlan1 classid 1:4 dsmark mask 0x1f value 0x60
tc class change dev wlan1 classid 1:5 dsmark mask 0x0 value 0x30
tc class change dev wlan1 classid 1:6 dsmark mask 0x3 value 0x70
tc class change dev wlan1 classid 1:7 dsmark mask 0x0 value 0x0

tc filter add dev wlan1 parent 1:0 protocol ip prio 1 u32 match ip src 192.168.0
.101/24 flowid 1:1
```

[그림 6] traffic control DSCP

그림 6은 DSCP 클래스를 tc 명령어로 분류한 실제의 화면이다. 클래스 1:0은 EF PHB이며, 나머지는 AF PHB에 대한 클래스 정의이다. 마지막으로 tc filter명령어에 의해 특정 IP로부터 들어오는 패킷에 대하여 EF 마킹을 하고 QoS 지원 모듈을 포함한 운영체제 커널을 통해 실제 트래픽 처리를 하게 된다.

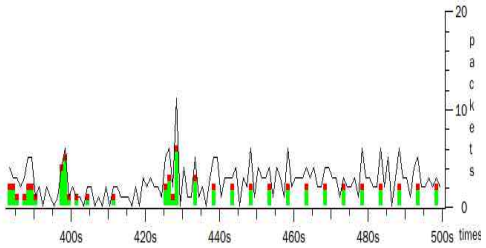
4. 실험 시나리오와 결과



[그림 7] 테스트베드 시나리오

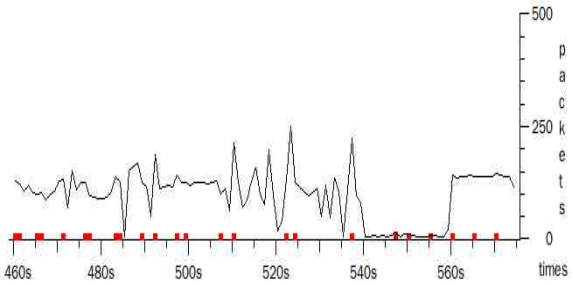
그림 7과 같은 테스트베드에서 PDP#1과 PDP#2가 각각 클러스터를 구성하고 있으며, PDP#2에는 DSMARK에 따른 EF PHB가 작동되도록 정책을

결정하였다. PDP#1의 클러스터에 연결되어 있던 PEP#2를 이동시키면, PDP#1은 PEP#2에게 FOP(Find Other PDP)메시지를 전송하고, 이를 전송받은 PEP#2는 새로운 PDP를 탐색한다. PEP#3는 자신이 연결된 PDP#2에 대한 정보를 PEP#2에 전송하고 PEP#2는 원래 연결되었던 PDP#1로 연결할 것인지 새로운 PDP#2로 연결할 것인지를 결정하게 된다.



[그림 8] PEP#2 노드 이동 중에 PDP#2에서의 COPS, KA, Total Packets

그림 8은 PEP#2에서 전송되고 있는 트래픽을 분석한 것이다. 점으로 표시된 것은 KA 메시지이며, 막대 그래프는 COPS 메시지, 선 그래프는 총 전송 패킷량을 나타내고 있다. 400초에서 425초 사이에서 해당 노드를 이동시켰을 때, 네트워크 도달 범위의 한계 거리까지 이동하게 되면 COPS 연결은 더 이상 일어나지 않지만, 다시 이 노드를 네트워크의 범위내로 접근 시키면 계속해서 COPS 트래픽이 이어지고 있다는 것을 볼 수 있다.



[그림 9] TCP 전송과 COPS의 KA메시지

그림 9는 PEP#2에서 총 전송 패킷을 노드를 이동시키며 수집한 결과이다. 540초까지의 전송 상태가 노드 PEP#2가 기 연결된 PDP#1으로부터 COPS 연결을 한 상태의 전송 상태이며 트래픽 발생기에 의한 트래픽과 하드웨어와 드라이버의 설정으로 전송 효율을 최대한 낮춘 상태이므로 매우 불안정한 상태를 보여주고 있다. 540초에서 560초 사이는 해당 노드가 네트워크 범위의 한계 거리까지 이동한 모습이다. 이 노드를 다시 네트워크의 범위로 접근했을 때, Active PDP Discovery 매커니즘에 의한 새로운 PDP 선택 과정이 진행되고 560초 이후에 새로운 PDP#2로부터 COPS 연결을 맺고 정책을 수신한 상태이다. 트래픽 발생기에 의한 특정 IP로에서 동일한 트래픽을 전송 받고 있으나 PDP#2의 정책을 전송한 이후에 트래픽의 전송 상태는 보다 안정적임을 볼 수 있다. PDP#2는 트래픽을 전송하고 있는 IP의 전송 트래픽에 대하여 EF PHB 클래스를 적용하도록 되어 있기 때문이다.

5. 결론과 향후 연구 과제

본 논문에서 MANET에서 PBNM을 제공하기 위해 표준 COPS-PR을 확장하여 그동안 연구되어왔던 Active PDP Discovery를 실제 네트워크에서 구현하고, 여러 가지 QoS모델 중 MANET에 적용 가능한 모델을 제시하고 COPS-PR에 의해 정책 수신된 노드가 어떻게 실제로 정책을 적용할 수 있을지에 대한 전반적인 정책 기반 MANET 관리 시스템을 구현하였다. 구현된 테스트베드를 이용한 향후 연구과제로는 적절한 클러스터 크기에 관한 연구, PDP 노드가 이동할 경우 다른 노드가 PDP가 되었을 때의 연구, 그리고 홉 수 이외의 다른 매개변수를 이용하였을 때의 연구가 가능할 것으로 본다.

참고문헌

[1] D. Verma, "Policy-Based Network: Architectures and Algorithms", Sams, pp.5-287, November, 2000.

[2] K. Chan, et al., "COPS Usage for policy provisioning (COPS-PR)", IETF RFC 3084, March, 2001.

[3] Wang-Cheol. S, "Active PDP Discovery for the Policy Based MANET Management", IEICE TRANS. COMMUN., VOL.E92-B. No.3 March, 2009.

[4] T. Clausen, P. Jacquet, "OLSR Routing Protocol" IETF RFC3626, October, 2003

[5] Perttu Kivimäki, "Policy Based Networks & Bandwidth Broker", http://www.atm.tut.fi/faster/ August, 2000.