

碩士學位論文

Mobile Ad-hoc Network에서 효율적인 정책기반  
망 관리를 위한 Active PDP Discovery Protocol



濟州大學校 大學院

컴퓨터工學科

李 京 珍

2005年 12月

# Mobile Ad-hoc Network에서 효율적인 정책기반 망 관리를 위한 Active PDP Discovery Protocol

지도교수 송 왕 철

이 경 진

이 논문을 공학 석사학위 논문으로 제출함



이경진의 공학 석사학위 논문은 인정함

審査 委員長 \_\_\_\_\_ 印

委 員 \_\_\_\_\_ 印

委 員 \_\_\_\_\_ 印

제주대학교 대학원

2005 年 12 月

*Active PDP Discovery Protocol for Policy based  
Network Management in MANET*

Kyung-Jin Lee

(Supervised by professor Wang-Cheol Song)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE  
REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF  
ENGINEERING

DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2005. 12.

# 목 차

SUMMARY .....	1
I. 서 론 .....	3
II. Mobile Ad hoc Network와 망 관리 .....	5
1. Mobile Ad-hoc Network .....	5
1.1 Mobile Ad-hoc Network의 특성 .....	5
1.2 Mobile Ad-hoc Network의 라우팅 프로토콜 .....	6
2. Mobile Ad-hoc Network와 망 관리 .....	8
2.1 ANMP(Ad-hoc Network Management Protocol) .....	8
2.2 Mobile Agent와 JMX Platform을 이용한 지적 망 관리 구조 ...	9
2.3 MANET에서 정책기반 망 관리 시스템 .....	11
3. 정책 기반 망 관리 (Policy-based Network Management) .....	11
3.1 정책 기반 망 관리 구조 .....	11
3.2 COPS (Common Open Policy Service) .....	12
4. k-hop Cluster를 이용한 정책기반 MANET 관리 시스템 .....	15
III. 정책 기반 망 관리를 위한 Active PDP Discovery Protocol .....	18
1. Active PDP Discovery Protocol .....	18

1.1 Active PDP Discovery Protocol의 메시지 구성 .....	20
1.2 PDP 선택 .....	22
1.3 Active PDP Discovery와 PDP 선택과정 .....	23
2. PDP 관리영역과 PEP 관리 .....	24
2.1 COPS-PR 확장 .....	24
2.2 Management Node List(MNL) .....	25
2.3 PEP 이동 관리 .....	26
IV. 시뮬레이션 결과 및 분석 .....	28
1. 시뮬레이션 환경 및 시나리오 .....	28
2. 시뮬레이션 결과 및 분석 .....	29
2.1 ADOV와 DSDV 라우팅 프로토콜에 따른 영향 .....	29
2.2 PDP서버 장애 발생 시 PEP의 장애 극복 .....	31
V. 결론 및 향후 연구 .....	34
참고문헌 .....	36

# 그림 목 차

Fig. 1. 다중 홉 (multihop) .....	5
Fig. 2. 노드의 이동 .....	6
Fig. 3. Ad-hoc 라우팅 프로토콜 분류 .....	7
Fig. 4. ANMP 계층적 구조 .....	9
Fig. 5. Manager/Agency 모델 .....	10
Fig. 6. 정책 기반 망 관리 구조 .....	12
Fig. 7. COPS Common 헤더 형식 .....	13
Fig. 8. COPS-RSVP 구조 .....	14
Fig. 9. COPS-PR 구조 .....	14
Fig. 10. COPS-PR 메시지 교환 .....	15
Fig. 11. k-hop Cluster 관리를 위한 Cross-layer Interaction .....	16
Fig. 12. k=1 hop Cluster .....	17
Fig. 13. PDP의 광고 메시지 .....	19
Fig. 14. 광고 메시지 후 .....	19
Fig. 15. Active PDP Discovery 기본개념 .....	20
Fig. 16. PDP 정보요청 .....	21
Fig. 17. PREQ(PDP Request) Message .....	21
Fig. 18. PREP(PDP Reply) Message .....	21



Fig. 19. Active PDP Discovery 와 PDP 선택 과정 .....	24
Fig. 20. KA(Keep Alive) 와 FOP(Find Other PDP) 메시지 .....	25
Fig. 21. PEP 이동 관리 과정 .....	27
Fig. 22. AODV에서 PDP의 수와 노드 이동속도 변화에 따른 PREQ 메시지 수 .....	29
Fig. 23. AODV에서 PDP의 수와 노드 이동속도 변화에 따른 COPS Connection 수 .....	29
Fig. 24. DSDV에서 PDP의 수와 노드 이동속도 변화에 따른 PREQ 메시지 수 .....	30
Fig. 25. AODV에서 PDP의 수와 노드 이동속도 변화에 따른 COPS Connection 수 .....	31
Fig. 26. PDP 장애 발생 시 PEP에게 미치는 영향 .....	32
Fig. 27. PDP 장애 발생 시 PEP에게 미치는 영향 .....	32
Fig. 28. PDP 장애 발생 시 PEP에게 미치는 영향 .....	33

## 표 목 차

Table 1 PDP-Information 필드 값 .....	22
Table 2 PDP Temporary List .....	23
Table 3 Management Node List .....	26

# Summary

Active PDP Discovery Protocol for Policy-Based Network Management in MANET

Kyung-Jin Lee

Dept. of Computer Engineering

The Graduate School

Cheju National University

Policy-based Network Management (PBNM) in the Mobile Ad-hoc network (MANET) requires additional, reliable and efficient mechanism over PBNM in wired network. Thus, it is important that management system in MANET should cluster moving nodes and manage their movements in an effective manner. In this thesis, I propose a mechanism for the policy-based management in ad hoc networks in which I consider several methods to discover the Policy Decision Point (PDP), set the management area, and manage the movements of nodes in the PBNM system. And, COPS-PR

is extended for the mechanism. Finally, I simulate the proposed system using ns-2 and validate the results through discussion.



# I. 서 론

최근 인터넷의 발달로 인해 다양한 멀티미디어 서비스를 제공받고 있으며 또한 무선 통신 기술과 이동 단말기들의 성능 발달로 인해 많은 사람들이 무선 통신을 사용하게 되었다. 음성통화 및 문자 메시지를 보내던 휴대폰으로 사진 및 동영상 보내거나 노트북을 가지고 캠퍼스 내 잔디밭이나 벤치에서 자유롭게 인터넷을 즐기는 모습은 이제 낯선 모습이 아니다. 이처럼 인터넷을 기반으로 하는 데이터 통신을 통해 유선 네트워크 뿐만 아니라 무선 네트워크 사용자의 욕구 역시 증대되고 있는 실정이다.

현재 무선 네트워크는 유선 네트워크에 기반 한 구조와 유선 네트워크 환경을 이용하지 않는 구조로 나눌 수 있다. 유선 네트워크에 기반 한 구조는 이동 노드들이 기지국(Base Station)이나 AP(Access Point)를 중심으로 구성된다. 이와 같이 이동 노드들은 BS나 AP에 연결하여 통신하기 때문에 시스템 구축에 막대한 자원과 시간이 소비되며 지진과 같은 재해, 테러, 전쟁과 같은 상황에서 기지국이나 AP의 고장, 유선 단절과 같은 상황 발생 시 통신을 할 수 없다는 단점이 있다. 유선 네트워크 환경을 이용하지 않고 이동 노드들에 의해 자율적으로 망을 형성함으로써 BS나 AP등과 같은 통신 인프라가 필요 없는 구조를 Mobile Ad-hoc Network(MANET)[1]라 한다. 따라서 지형이나 장비의 제한을 받지 않고 신속하고 효과적으로 네트워크를 구성하기 때문에 열악한 통신환경에서도 쉽게 구축할 수 있는 장점이 있다.

최근 MANET에 다양한 멀티미디어 서비스 및 응용 서비스가 증가 하면서 QoS(Quality of Service)[2][3]와 네트워크 자원 관리의 필요성 역시 증가하였다. 이러한 요구를 충족시키기 위해서는 네트워크 전체를 구성하고 제어 할 수 있어야 하고, QoS, 접근제어, 네트워크 보안등의 복잡한 기능들을 쉽게 관리할 수 있는 정책기반 네트워크 관리 시스템이 주목 받고 있다. 하지만 정책기반 네트워크 관리 시스템은 유선 네트워크와 같이 고정되어 있는 네트워크

를 관리하기 위해 제안되어 있어 무선 환경의 MANET에 그대로 적용하기에는 적합하지 않다.

MANET에 정책기반 망 관리 시스템을 적용하기 위해서는 노드들을 Clustering 하고 노드의 이동으로 인한 위상 변화를 감지하여 이를 어떻게 관리 할 것인가에 대한 연구가 필요하다. 기존에 제안된 시스템들은[13][14] 정책 서버를 분산하도록 하고 각 정책 서버는 자신의 정보를 네트워크 전체에 Broadcast하면 각 노드들은 Broadcast정보를 통해서 정책 서비스를 찾아 접속하여 서비스 받도록 제안 하였다. 그러나 이러한 방법은 MANET 네트워크에 부하를 증가 시키는 단점이 있다. 또한 이동 노드 관리를 위해 MANET 전체 위상 정보를 필요로 하기 때문에 Table-driven 방식의 라우팅 프로토콜에서 제공하는 Table 정보(위상 정보)를 이용하는 방법을 제안 하였다. 위상 정보를 이용하는 방법은 MANET에서 제공하는 On-demand, Hybrid 방식의 라우팅 프로토콜에서는 MANET 전체의 위상 정보를 얻을 수 없기 때문에 정책기반 망 관리 시스템을 적용할 수 없는 단점을 가지고 있다.

본 논문은 기존에 제안한 메커니즘들이 가지고 있는 문제점들을 고려하여 분산된 정책 서버를 발견하는 Active PDP Discovery Protocol과 COPS-PR을 확장하고 PDP에 MNL(Management Node List)를 추가하여 노드의 이동을 감지하고 관리 할 수 있도록 하여 네트워크 부하를 줄이고 라우팅 프로토콜에 의존하지 않는 메커니즘을 제안한다. II장에서는 MANET의 특성 및 관련 연구에 대해 알아본다. III장과 IV장은 MANET에 정책기반 망 관리 시스템을 적용하기 위해 제안한 방법들을 알아보고 시뮬레이션을 통해 성능평가를 한다. V장에서 결론 및 향후 연구에 대해서 알아본다.

## II. Mobile Ad hoc Network와 망 관리

### 1. Mobile Ad hoc Network

Ad-hoc Networks는 무선 LAN 표준인 IEEE 802.11을 개발하면서 Packet-Radio 네트워크라는 용어를 대신하여 Ad-hoc Networks 라고 하였다. MANET은 무선 인터페이스를 사용하여 이동 노드들 간에 Peer-to-Peer 통신을 가능하게 하며, 1970년대 군사적인 목적으로 시작하여 여러 가지 네트워크 형태로 연구가 진행 되고 있다.

#### 1.1 Mobile Ad hoc Network의 특성

MANET은[1] 노드 간의 통신을 무선 인터페이스를 사용하기 때문에 다음과 같은 특성을 가진다.

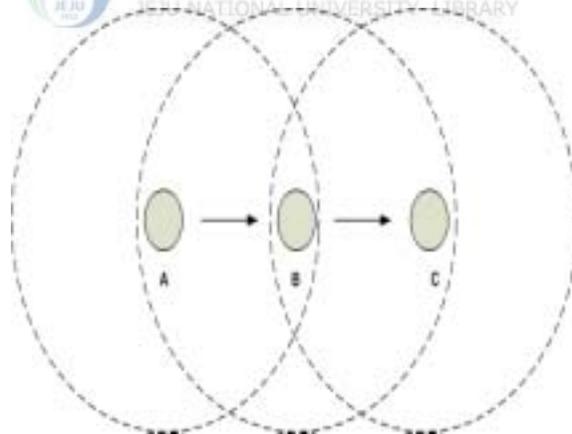


Fig. 1. 다중 홉(Multihop)

첫째, 한정된 대역의 주파수를 사용하기 때문에 데이터 전송률에 제한이 있을 뿐만 아니라, 이를 다수의 노드들이 서로 공유하여 사용하기 때문에 노드 수가 많을수록 노드가 사용할 수 있는 전송 대역폭이 줄어든다. 또한 제한된

전송 거리(150~250m) 때문에 거리가 멀어 질수록 전송률이 낮아진다.

이동 단말의 전송 범위를 벗어나 있는 목적지에게 패킷을 전달해야 하는 경우는 소스와 목적지 사이에 위치하는 다른 노드가 패킷을 중계함으로써 목적지에 패킷을 전달할 수 있다. Fig. 1.은 패킷 중계가 필요한 예를 보여 준다. Fig. 1.에서 A, B, C는 각각 이동 단말을 의미하며 주위의 원은 각 이동 단말의 전송 가능 영역을 나타낸다. C는 A의 전송 영역 바깥에 있으므로 A는 C에게 직접 패킷을 전송할 수 없다. 그러나 B가 A로부터 패킷을 받아 C에게 중계를 해주면 C는 A가 보낸 패킷을 받을 수 있게 된다. 즉 각 노드는 호스트의 기능과 라우터의 기능을 함께 수행하는 것이다. 이와 같은 방법으로 다중 홉(Multihop) 방식을 사용하여 데이터가 전달될 수 있는 범위를 확장해 준다.

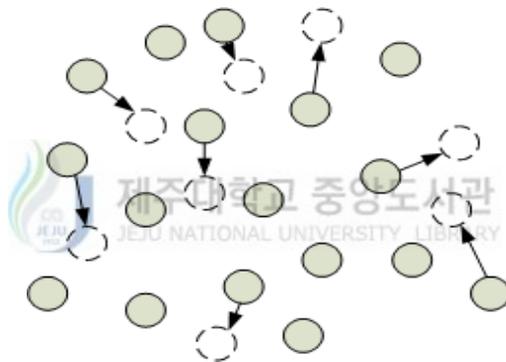


Fig. 2. 노드의 이동

둘째, 노드의 이동에 따라 네트워크의 위상이 동적으로 변한다. Fig. 2.에서와 같이 노드의 이동으로 네트워크의 빈번한 변화가 발생하며 이는 MANET 라우팅 프로토콜에 영향을 미칠 뿐만 아니라 Network 관리를 복잡하게 한다.

### 1.2 Mobile Ad-hoc Network의 라우팅 프로토콜

Mobile Ad-hoc Network 라우팅 프로토콜은 Fig. 3.과 같이 크게 Table-driven 방식과 On-demand 방식 그리고 이 둘을 혼합한 Hybrid 방식으로 분류할 수 있다.

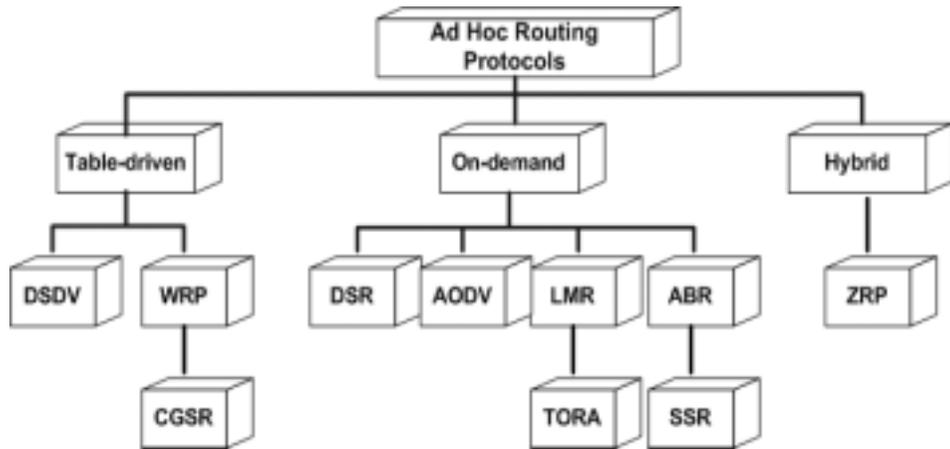


Fig. 3. Ad-hoc 라우팅 프로토콜 분류

Table-driven 방식은 Proactive 방식이라고도 하며 유선 환경의 인터넷에서 사용한 Bellman-Ford 방식을 Ad-hoc Network에 적용한 것이다. 기본적으로 Ad-hoc Network 내의 각 노드는 자신을 중심으로 하여 도달가능한 모든 노드의 라우팅 정보를 라우팅 테이블에 상시 유지한다.

모든 노드는 주기적으로 라우팅 정보를 다른 노드들에게 전달하고, 라우팅 경로 변경 시 자신의 라우팅 정보를 방송하여 다른 노드들의 라우팅 테이블의 갱신을 유도한다. Table-driven 라우팅 프로토콜은 다른 노드들에 대한 라우팅 정보를 유지함으로써 전송이 필요할 때 별도의 경로 획득 절차없이 라우팅 테이블의 경로 정보를 이용하여 전송하기 때문에 경로 획득을 위한 지연 시간이 작다. 또한 라우팅 테이블을 이용하여 위상 정보를 유추할 수 있는 장점이 있다. 그러나 잦은 위상 변화와 Network이 커지면 테이블 유지를 위한 제어 메시지 때문에 네트워크의 성능 저하를 가져온다는 단점이 있다. Table-driven 방식의 라우팅 프로토콜로는 DSDV(Destination Sequence Distance Vector), WRP(Wireless Routing Protocol), CGSR(Clusterhead Gateway Switch Routing) 등이 있다.

On-demand 방식은 Reactive 방식이라고도 하며 데이터 전송이 필요할 때에만 경로 획득 절차를 실행하여 경로 정보를 획득하고 데이터를 전송한다. 주기적인 경로 정보 방송과 노드 이동시 변경된 경로 정보를 방송할 필요가 없으므로 라우팅 제어 메시지로 인한 부하를 줄일 수 있는 장점이 있다. 그러

나 데이터 전송시 경로 획득 절차를 실행한 후 획득된 경로로 데이터를 전송하기 때문에 경로 획득 시간이 길어지므로 실시간 통신에 부적절하며 위상 정보를 유추 할 수 없는 문제점을 가지고 있다. On-demand 방식을 구현한 라우팅 프로토콜로는 DSR(Dynamic Source Routing), AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector Routing), LMR(Lightweight Mobile Routing), TORA(Temporally Ordered Routing Algorithm), ABR(Associativity-Based Routing), SSR(Signal Stability Routing) 등이 있다.

Hybrid 방식은 Table-driven 방식과 On-demand 방식의 장점을 혼합한 방식으로 각 노드는 미리 정의된 구역 반경 범위(주로 홉 수)의 라우팅 Zone을 유지한다. 라우팅 Zone 내에서는 Table-driven 방식을 사용하고 Zone과 Zone 간에는 On-demand 방식을 사용한다. 이 방식은 Table-driven 방식에 비해 정보를 유지하기 위한 부하가 적고 On-demand 방식에 비해 경로 획득 지연이 적은 반면 라우팅 존의 범위를 정하기가 쉽지 않다는 단점이 있다. Hybrid 방식을 구현한 라우팅 프로토콜은 ZRP(Zone Routing Protocol)가 있다.

## 2. Mobile Ad-hoc Network 망 관리

MANET이 재난 및 재해 지역이나 전쟁터 등 일부 군사 분야에서 연구가 이루어져 왔고 최근에는 상업 분야에서 활발히 연구되는 분야이다. 이러한 MANET은 노드 스스로 호스트와 라우터가 되며 능동적인 연결 설정이 가능하고 네트워크의 참여 또는 이탈이 자유롭고 무선 Network 특성에 따른 잦은 환경 변화에 의해 네트워크의 위상이 자주 변하는 특성을 가진다. 이러한 MANET의 특성 때문에 기존의 고정적인 유선 Network 관리에 비해 MANET의 Network 관리는 복잡하고 어려운 연구 분야이며 아직까지 MANET에서 Network 관리 기법에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 이 절에서는 MANET의 Network 관리 기법들에 대해 알아본다.

### 2.1 ANMP (Ad-hoc Network Management Protocol)

ANMP는[4] SNMP(Simple Network Management Protocol)[5]을 확장하였다. Fig. 4.에서 매니저(Manager)는 클러스터 헤드(Cluster head)를 관리하고 클러스터 헤드는 에이전트(Agent)를 관리하는 계층적 구조를 가진다.

ANMP는 SNMP MIB-II를 확장하여 성능 정보를 수집하고 네트워크 장애 관리 및 보안 관리를 한다. 그러나 ANMP 역시 네트워크 모니터링과 데이터 수집에 주로 이용되기 때문에 정책기반의 통합관리에는 적합하지 않다.

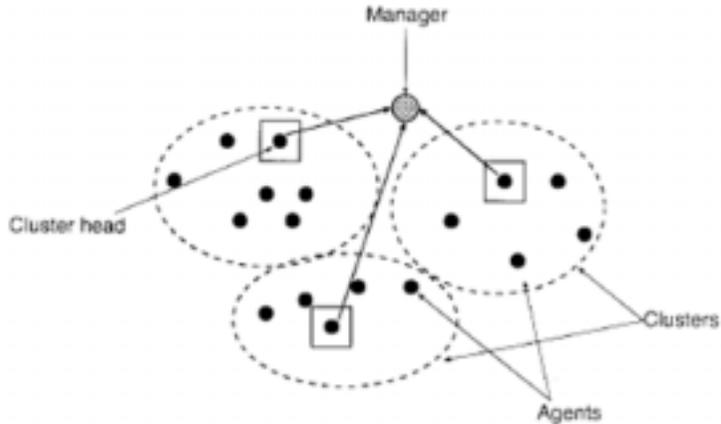


Fig. 4. ANMP 계층적 구조

## 2.2 Mobile Agent 와 JMX platform 을 이용한 지적 망 관리 구조

MANET이 크기와 위상이 예측할 수 없는 패턴으로 변화함에 따라 중앙 집중 방식의 관리 패턴에서 각 개별 노드는 상호연동이 불가능하게 되며 이런 문제점들을 고려하여 Mobile Agent와 JMX(Java Management Extensions)[4]을 이용하여 MANET을 관리 하도록 제안하였다.

Mobile Agent는 Ad-hoc Network 특성에 적합하도록 기능을 수행할 수 있으나 관리자/대행자의 구현을 위한 별도의 플랫폼이 필요하다. 그리고 JMX는 표준 자바 기술을 이용한 Network 관리 방법으로 구현이 쉽고 기존 Network 관리 기술의 수용에 용이 하나 프로세스와 코드의 이동성을 지원하지 않아 동적이고 지적 환경을 갖는 Ad-hoc Network 관리를 지원하기 어렵다. 따라서 이동성, 자동성, 지적 능력을 가진 Mobile Agent와 JMX구현의 용이 및 기존 Network 관리와의 호환성을 통합한 Network 관리 모델을 제안 하였다.[6]

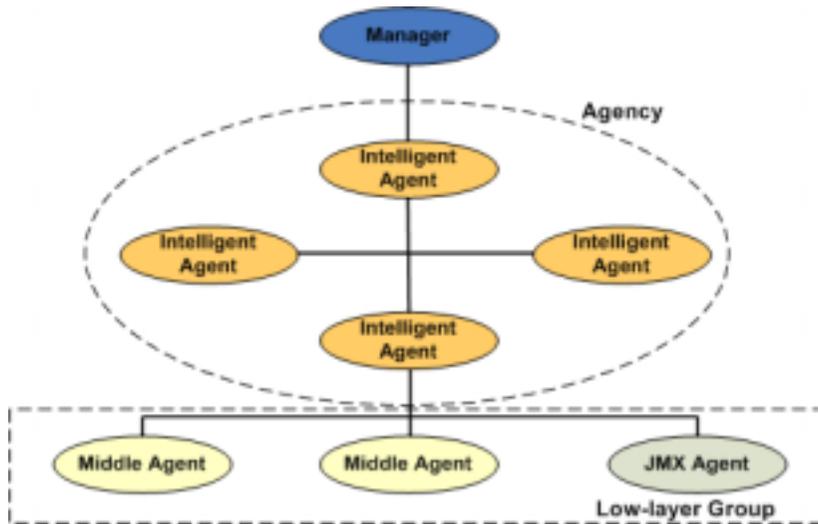


Fig. 5. Manager/Agency 모델

Fig. 5.에서 Manager는 관리 임무를 상호 협력적으로 수행하는 Agency를 구성하는 Intelligent Agent 그룹에 관리 정책을 분배 및 조정을 통제한다. 각각의 Intelligent Agent는 원격지 환경에 적합하도록 네트워크의 동적인 환경에 적절히 대응한다. Agency내의 Intelligent Agent들은 이벤트 제어 알고리즘을 통해 상호 협력적인 관리 임무 수행함으로써 manager와의 신뢰성이 있는 관리 기능을 수행한다. 또한 Intelligent Agent의 지적 관리 모듈은 필요시 Mobile Agent를 이용하여 관리 기능을 원격지로 전송하여 임무를 수행시키므로 노드나 링크의 장애에 적절히 대응할 수 있도록 한다.

Middle Agent 노드는 JMX와 Mobile Agent를 실행시킬 수 있는 능력을 가진다. Middle Agent 노드는 Mobile Agent만을 실행하나 에너지 및 노드의 능력이 향상될 경우 Intelligent Agent 역할 수행이 가능하다.

Intelligent Agent 노드는 Middle Agent 노드의 능력에 추가하여 하위 수준의 노드를 관리하는 기능, 지적 관리 모듈/상태정보와 Mobile Agent를 가진다. Mobile Agent 는 Master와 Worker로 구성되는데 Master Agent는 지적관리 모듈을 관리하고 Agent의 스케줄링과 이동 경로 설정을 지원한다. Worker Agent는 Manager의 관리정책이나 관리 임무(성능 감시 등)에 맞는 Agent Code를 생성하여 해당 원격지 노드로 정보를 전달하고 관리하는 역할

을 한다.

JMX Agent 노드는 기본적인 JMX만 실행할 수 있는 능력을 가진다. 이와 같이 Mobile Agent와 JMX platform을 이용한 지적 망 관리 구조를 제안 하였지만 Ad-hoc Networks 위상 관리, 성능 관리, 결합관리, 구성관리 및 QoS 관리 등 구체적인 적용 방안과 Mobile Agent의 이동 경로 설정에 대한 알고리즘 연구가 되어 있지 않으며 시스템에 대한 어떠한 성능, 구현에 대한 언급이 없고 단지 시스템 구조만을 제안 하였다.

### 2.3 MANET에서 정책기반 망 관리 시스템

정책기반 망 관리는 네트워크장비(노드)를 개별적으로 관리 하는 방식이 아니라 전체 네트워크를 쉽게 설정 할 수 있으며 Network 상태를 파악하고 정책을 미리 결정하여 네트워크에 쉽게 적용할 수 있는 장점을 가지고 있어 유선 네트워크의 ISP(Internet Service Provider)등과 같이 대형 Network 관리를 위해 제안되어진 시스템이다. 이와 같이 정책기반 망 관리 시스템을 무선 환경의 MANET에 적용하기 위해서는 먼저 IETF 및 DMTF에서 제안한 표준 정책기반 망 관리 구조 및 정책 프로토콜인 COPS(Common Open Policy Service)를 알아보고(Ⅱ장 3절) 기존에 MANET에 정책기반 망 관리 시스템을 적용하기위한 연구와 문제점(Ⅱ장 4절)을 논의 한 후 Ⅲ장 본문에서 여러 가지 문제점들을 고려한 새로운 메커니즘들을 제안한다.

## 3. 정책기반 망 관리(Policy-based Network Management)

서비스 및 품질에 대한 다양한 소비자의 요구와 이를 통합관리하기 위한 Network 관리 분야의 중요성은 더욱 증가하고 있으며, 이러한 요구를 수용하는 데 있어서 기존의 Network 관리 기법으로는 한계가 있다. 이를 해결할 수 있는 방법으로 최근에 정책기반 망 관리(PBNM: Policy-based Network Management) [7][8] 기술이 주목받고 있다.

### 3.1 정책 기반 망 관리 구조

정책기반 망 관리는 비즈니스 및 서비스 레벨 관리정책(Management Policy)을 정의하고, 이를 기반으로 네트워크 및 서비스를 자동으로 관리하는

기술이다. 여기서 관리정책을 정의함에 있어서, IETF 및 DMTF에서 정의한 Policy Information Model를 사용하여 관리정책을 정의하도록 권고하고 있다.

정책 기반 망 관리 구조는 Fig. 6.에서와 같이 관리정책을 저장하는 정책 저장소(policy repository)와 각 장비의 상태에 대한 적절한 정책을 (정책 저장소를 참조하여) 결정하는 정책 결정자(PDP: policy decision point)와 장비의 상태를 감시하고 이를 PDP로 통보하며, 이에 대해 PDP로부터 받은 정책을 실행하는 정책 실행자(PEP: policy enforcement point) 그리고 관리자가 Network 상태를 모니터링 하고 정책을 추가, 변경 할 수 있는 정책 관리 툴(Policy Management Tool)로 구성된다. 또한 정책 저장소 접근 프로토콜로는 LDAP(Lightweight Directory Access Protocol)을, PDP와 PEP간의 프로토콜로 COPS(Common Open Policy Service)를 정의하고 있다.

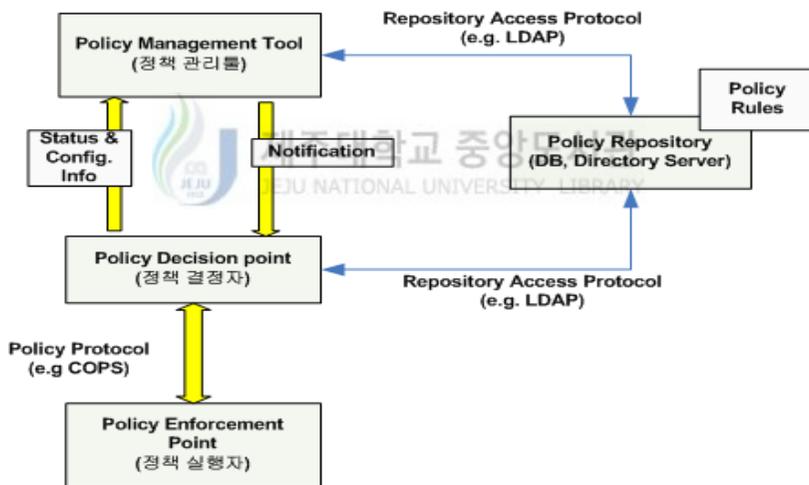


Fig. 6. 정책 기반 망 관리 구조.

### 3.2. COPS (Common Open Policy Service)

IETF에서는 정책 기반 망 관리를 위한 표준 프로토콜로써 COPS(Common Open Policy Service) 프로토콜을[9] 제안 하였고 정책 서버가 네트워크 장비에게 정책 결정을 통신하는데 있어서 가장 확장성이 용이한 프로토콜이라고 정의하였으며, COPS 프로토콜의 COPS Common 헤더 형식은 Fig. 7.과 같다. 그리고 각 필드의 의미는 다음과 같다.

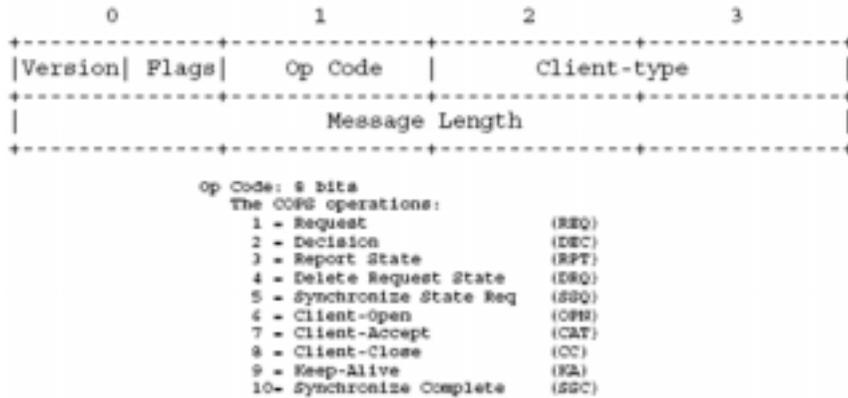


Fig. 7. COPS Common 헤더 형식

- Version 필드는 4비트이며 COPS 프로토콜의 버전을 나타낸다.
- Flags 필드는 4비트로 구성되고, Flag 값으로 정의한다.( 그 외 모든 flag는 0으로 설정한다.)
- OP Code 필드는 8비트로 구성 되어 있으며, 10가지 메시지 타입을 나타낸다. (본 논문은 OP Code 8번 KA 메시지와 OP Code 11번에 Find Other PDP 메시지를 추가 확장 한다. III장에서 자세히 설명한다.)
- Client-type 필드는 16비트로 구성되고, 정책 클라이언트들을 정의한다.
- Message length 필드는 32비트이며, 8바이트의 메시지로 표준 COPS 헤더와 그에 따른 모든 정책 요소들을 포함한다.

COPS는 그 적용 대상에 따라 COPS-RSVP (Resource Reservation Protocol)와 COPS-PR (Provision Protocol)의 두 가지 모델로 확장되었다.

COPS-RSVP[10]는 PDP로 하여금 각 PEP(네트워크 장비)에게 내려야 할 즉각적인 정책 결정을 대신 내릴 수 있도록 하는데 초점을 맞추고 있다. Fig. 8.에서 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.

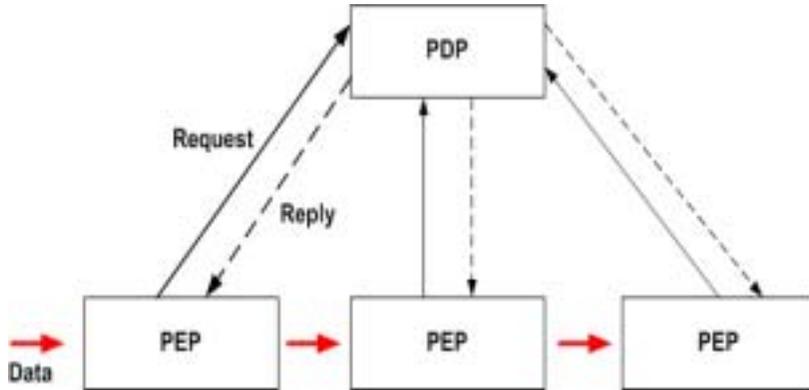


Fig 8. COPS-RSVP 구조

COPS-PR[11]은 PDP가 정책 관련 설정 정보를 비동기적으로 PEP(네트워크 장비)에게 전송하는데 초점을 맞추고 있으며 PDP와 PEP의 1:1 관계를 가정하지 않는다. PDP는 외부 이벤트나 PEP 이벤트 반응으로서 설정 정보를 PEP에 보낸다. 이와 같이 Fig. 9.는 PDP가 먼저 모든 PEP(네트워크 장비)에게 정책 관련 설정 정보를 보내고 PEP는 이를 실행한 후 보고하는 Send-Report 모델을 따른다.

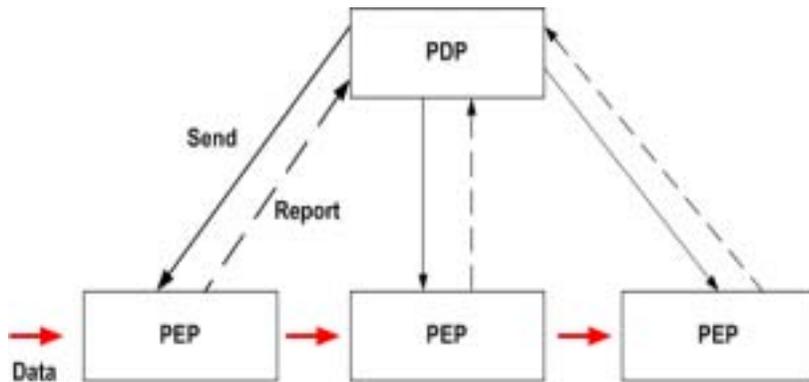


Fig. 9. COPS-PR 구조

Fig. 10.은 PDP와 PEP 사이의 COPS-PR의 기본적인 메시지 교환을 보여준다. PEP가 COPS-OPN메시지를 PDP에게 요청하고 PDP는 PEP의 접속 허용 여부를 결정한 후 CAT메시지를 보내면 PDP와 PEP사이에 COPS

Connection이 형성 되고 PDP는 PEP에게 DEC(정책 설정 정보)를 보내고 PEP는 이를 실행한 결과를 PDP에게 RPT를 보낸다. COPS-PR은 정책기반 망 관리를 위한 표준 프로토콜이며 확장성이 용이기 하기 때문에 본 논문에서는 표준 COPS-PR을 확장 한다.

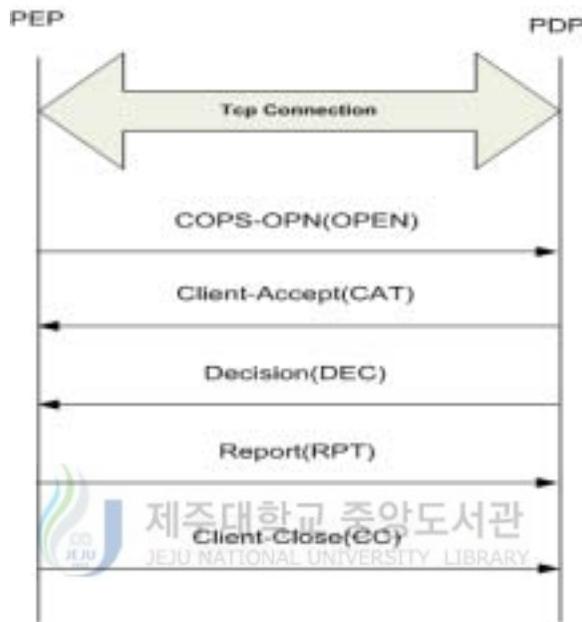


Fig. 10. COPS-PR 메시지 교환

#### 4. k-hop Cluster를 이용한 정책 기반 MANET 관리 시스템

k-hop Cluster를 이용한 정책기반 MANET 관리 시스템은 PDP들이 MANET내에 분산 되어 있고, 각 PDP들은 k-hop Cluster[12][13]를 이용하여 관리 영역의 범위를 결정하고 또한 PEP의 이동으로 인한 변화를 감지하여 관리 할 수 있도록 제안 하였다. 그러나 k-hop Cluster가 관리 영역의 범위를 결정하고 PEP 노드의 이동을 감지 위해서 MANET의 전체 위상 정보가 필요하다. Fig. 11.은 k-hop Cluster 구현을 위해 제안한 시스템 구조이다. Fig. 11.에서 PBNM(Policy-based Network Management) 어플리케이션 층에서 네트워크 층의 Proactive(Table-driven 방식) 라우팅 프로토콜의 테이블 정보를 가지고 오는 구조를 갖는다. 이 방식은 노드가 이동 했을 때 k-hop Cluster가

라우팅 정보(라우팅 테이블 변경)를 바로 이용하여 노드의 이동을 제어 메시지 없이 바로 감지할 수 있으며 다른 클러스터로 이동하더라도 효과적으로 위치를 파악하여 정책 서비스를 할 수 있도록 하였다. 그러나 Proactive 방식의 라우팅 프로토콜이 제공하는 위상 정보를 이용하기 때문에 On-demand 방식과 Hybrid 방식의 다양한 라우팅 프로토콜에서 동작하는 MANET에 제안 시스템을 적용할 수 없다.

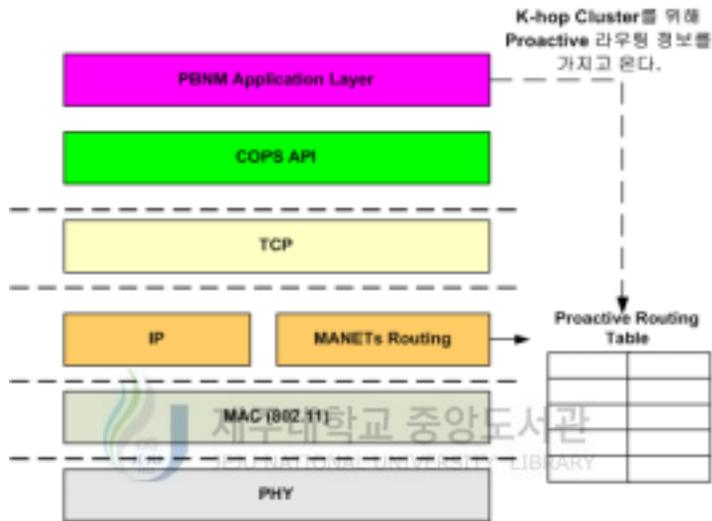


Fig. 11. K-hop Cluster 관리를 위한 Cross-layer Interaction

또한 k-hop Cluster는 k 홉 값이 정해지면 PDP는 k 값 범위내에 있는 PEP를 관리한다. Fig. 12와 같이 k 값을 1로 결정했을 경우 PDP는 1 홉 거리에 있는 모든 PEP를 관리 한다. 그러나 k 범위 밖에 있는 즉 2홉 거리 이상의 PEP들은 PDP의 영역범위를 벗어났기 때문에 관리할 수 없는 문제가 있다. 또한 새로운 노드의 추가와 이탈이 빈번히(위상의 변화) 일어나는 MANET에서 k 값을 결정하는 메커니즘에 대한 언급이 되어 있지 않을 뿐만 아니라 최적의 k 값을 찾기 쉽지 않은 문제가 있다.

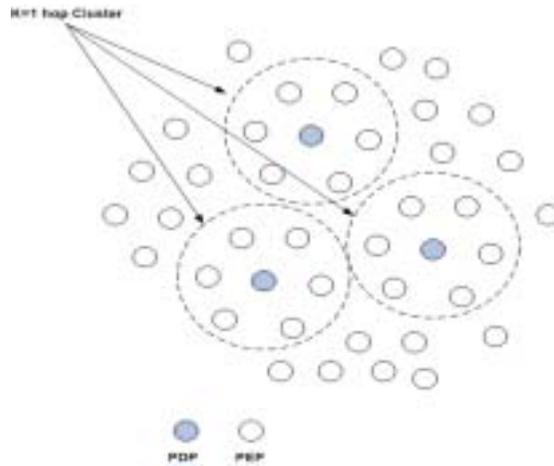


Fig. 12. k=1 hop Cluster

### Ⅲ. 정책 기반 망 관리를 위한 Active PDP Discovery Protocol

MANET의 크기와 위상이 예측할 수 없이 변화함에 따라 기존 유선 Network의 중앙 집중식 정책기반 망 관리 시스템을 바로 적용하기에는 적합하지 않다. 본 논문은 COPS-PR(Provision)[12]을 MANET 환경에 적합하도록 확장한다. 또한 PDP를 분산하여 PEP를 효과적으로 관리하고 PDP가 장애가 발생 하더라도 PEP에게 미치는 영향을 최소화 하도록 제안한다. 그리고 분산된 PDP를 능동적으로 발견하기 위한 Active PDP Discovery Protocol, PDP가 PEP의 이동을 감지하고 관리하는 방법을 제안 한다.

#### 1. Active PDP Discovery Protocol

MANET에서 정책 기반 망 관리를 적용하기 위해서는 PEP가 분산된 PDP를 효율적으로 발견하고 그 중 가장 최적의 PDP에게 정책 서비스를 받는 것이다. 기존에 제안한 방법은 Fig. 13.에서와 같이 PDP A가 주기적으로 광고 메시지를 Broadcast하여 Network 전체에 보내면, Fig. 14.에서 새로운 PEP가 PDP A의 광고 메시지를 받은 후 PDP A에 접속하여 정책 서비스를 받는다. 그러나 이와 같은 방법은 PDP A의 광고 메시지가 이미 정책 서비스를 받고 있는 다른 PEP들에게도 광고 메시지를 불필요하게 보낼 뿐만 아니라 PDP의 수가 증가 하면 광고 메시지가 많아져서 전체 네트워크에 부하를 증가 시키는 문제가 있다.

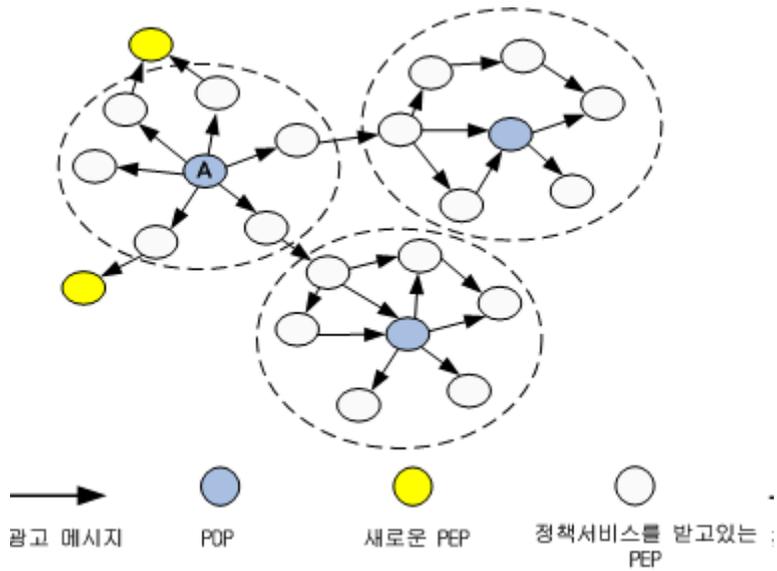


Fig. 13. PDP의 광고 메시지

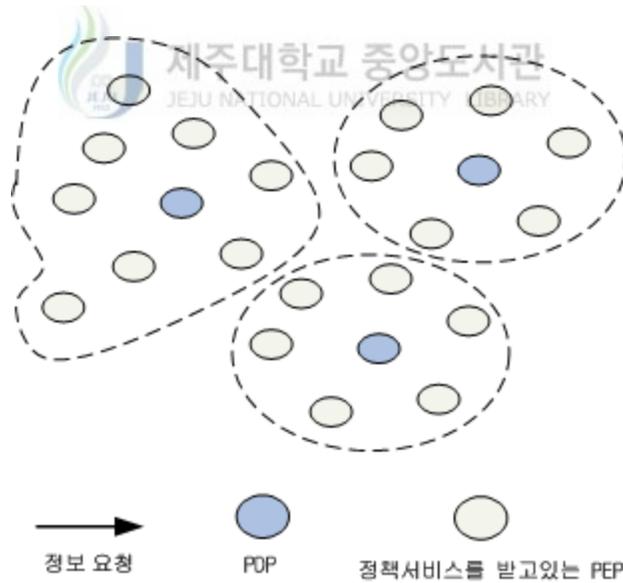


Fig. 14. 광고 메시지 후

본 논문에서 제안한 Active PDP Discovery Protocol의 기본개념은 Fig. 13. 에서 PDP가 광고 메시지를 주기적으로 Broadcast하는 것이 아니라 Fig. 15.

와 같이 PEP가 PDP를 필요할 때 능동적으로 발견 하도록 한다. 그리고 Network 전체에 Broadcast하는 것이 아니라 이웃 노드에게만 정보를 요청하도록 하여 전체 네트워크에 부하를 줄일 수 있게 한다.

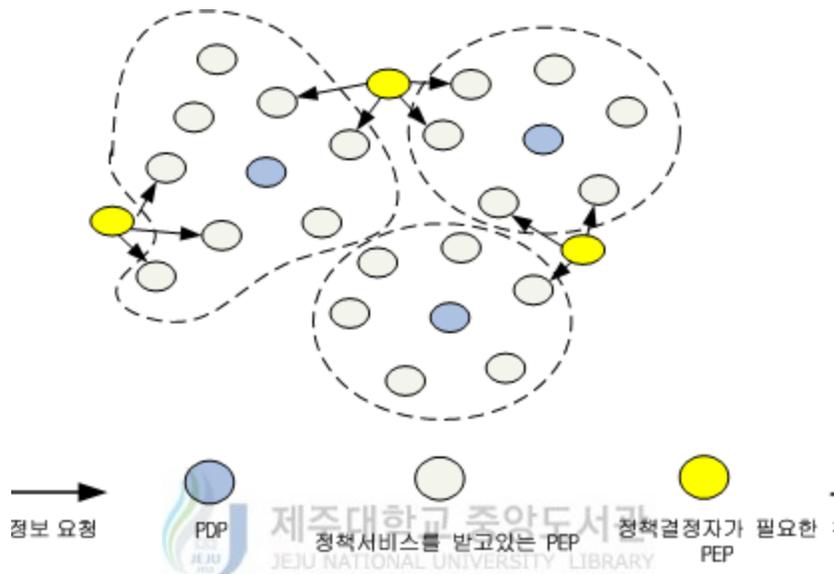


Fig. 15. Active PDP Discovery 기본개념

### 1.1 Active PDP Discovery Protocol의 메시지 구성

PEP가 Active PDP Discovery Protocol을 이용하여 이웃 노드에게 PDP 정보를 요청 할 수 있으며 Fig. 16. (a), (b), (c)의 경우에 발생한다.

- (a)와 같이 새로 추가된 PEP 일 경우
- (b)와 같이 PDP로부터 FOP(Find Other PDP) 메시지를 받았을 경우
- (c)와 같이 정책서비스를 받다가 PDP와 접속이 끊겼을 경우

Active PDP Discovery Protocol은 PREQ(PDP Request)와 PREP(PDP Reply) 메시지로 구성 되어 있다.

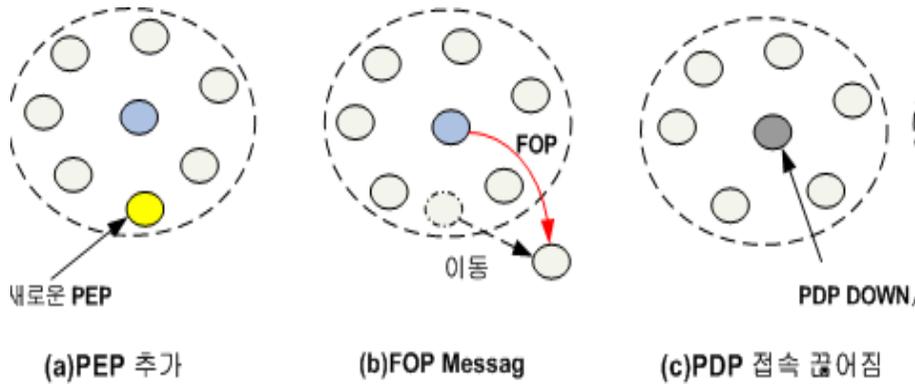


Fig. 16. PDP 정보 요청

PREQ 메시지는 이웃 노드에게 1홉 Broadcast를 이용하여 PDP 정보를 요청한다. PREQ 메시지는 Fig. 17.과 같다.

Packet-Type	Source Address	Seq_Num	TTL
-------------	----------------	---------	-----

Fig. 17. PREQ(PDP Request) Message

Packet-Type은 메시지를 구분하며 0은 PREQ 이다. Source Address는 요청 노드 자신의 주소이며 Seq\_Num은 메시지 중복 회피를 위한 시퀀스 번호이다. TTL은 Broadcast범위이고 Default값은 1이다.

PREP 메시지는 PEP가 자신이 가지고 있는 PDP 정보를 PREP 메시지에 담아 유니캐스트로 PREQ 메시지를 보낸 노드에게 응답한다. PREP 메시지는 Fig. 18.과 같다.

Packet-Type	PDP-Information	Seq_Num	PDP Address	PDP hop
-------------	-----------------	---------	-------------	---------

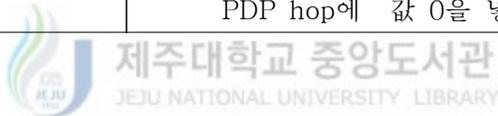
Fig. 18. PREP(PDP Reply) Message

Packet-Type 1은 PREP이다. PDP-Information 필드는 PDP에 대한 정보를

표시하며 Table 1과 같다. Seq\_Num은 PREQ의 Seq\_Num와 동일한 값을 넣는다. PDP Address는 PDP의 주소를 표시한다. PDP hop은 자신의 위치에서 PDP까지의 거리를 나타내는 홉 값이다.

Table 1 PDP-Information 필드 값

PDP-Information	의미
0	PDP의 정보가 없다. PDP Address null 값을 넣는다. PDP hop null 값을 넣는다.
1	PDP 정보가 있다. PDP Address 에 PDP의 주소를 넣는다. PDP hop 에 PDP와의 홉 값을 넣는다.
2	응답 노드가 PDP 이다. PDP Address에 자신의 주소를 넣는다. PDP hop에 값 0을 넣는다.



## 1.2 PDP 선택

PEP가 PREQ 메시지를 이웃 노드들에게 보내면 이웃 노드들은 자신이 가지고 있는 PDP에 대한 정보를 PREP 메시지에 담아 보낸다. PEP는 PREP 메시지를 받으면 PDP에 대한 정보들을 수집한다. PEP는 수집된 정보들을 PDP Temporary List에 우선순위가 높은 순으로 정렬하여 가장 순위가 높은 PDP를 선택하여 COPS-OPN 메시지를 보내서 해당 PDP에 접속한다.

PDP Temporary List 우선순위 규칙은 PREP 메시지의 PDP-Information 필드 값을 체크하여 0이면 응답 노드가 PDP정보가 없다는 것을 의미하므로 PDP Temporary List에 추가하지 않는다. 값이 1이면 PDP Address 값과 PDP hop 값에 1홉을 더한 정보를 리스트에 추가 한다. 만약 PDP Address가 이미 PDP Temporary List에 있으면 PDP hop 값을 비교하여 값이 작으면 PDP Temporary List를 갱신하고 값이 크면 무시한다. 값이 2 이면 응답 노드가 PDP 이고 바로 이웃에 있다는 것을 의미하므로 PDP Temporary List 작업을 중지하고 PEP는 COPS-OPN 메시지를 해당 PDP에게 접속한다. 이와 같은 과정을 모두 마치면 PDP hop 값이 가장 작은 순으로 정렬된다. Table

2에서 PDP Temporary List가 만들어지면 PEP는 우선순위가 가장 높은 PDP A에게 COPS-OPN 메시지를 보내고 접속이 성공적으로 이루어지면 PDP Address와 PDP hop 정보를 저장하고 PDP Temporary List를 제거한다. 그러나 PDP로부터 접속 불허 메시지를 받거나 응답이 없다면 다음 우선순위의 PDP를 선택하고 위에서 설명한 과정을 실행한다.

Table 2 PDP Temporary List

PDP Temporary List		
Priority	PDP Address	PDP hop
1	A	2
2	B	3
3	C	5

### 1.3 Active PDP Discovery와 PDP 선택 과정

Fig. 19.는 PEP 노드가 Active PDP Discovery를 이용하여 PDP를 발견하고 PDP 선택과정을 거쳐 PDP에 접속하는 절차를 보여준다. 네트워크 전체에 분산되어 있는 PDP A, B, C가 있고 각각 PDP에 의해 관리되고 있는 영역은 실선으로 표시 되어 있다. PDP정보를 필요 하는 PEP노드 4는 PREQ 메시지를 자신의 이웃 노드 1, 2, 3 에게 1 hop Broadcast 한다. PREQ 메시지를 받은 1, 2, 3 노드는 자신의 현재 정책 서비스를 받고 있는 PDP의 정보를 PREP 메시지에 담아 유니캐스트로 보낸다. 노드 1, 2, 3으로부터 받은 PEP 노드 4는 PDP Temporary List 생성 과정을 통해 PDP 리스트가 만들어지고 그 중 Priority가 가장 높은 PDP A에 COPS-OPN 메시지를 보내고 접속이 성공하면 현재 접속한 PDP 노드의 주소 A와 PDP hop 값 2를 저장하고 PDP Temporary List는 제거한다.

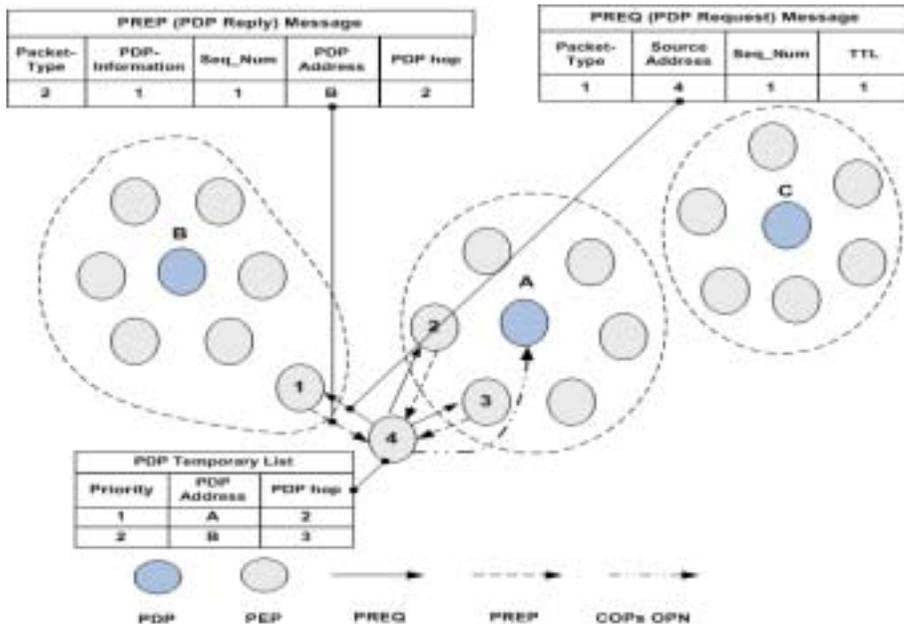


Fig. 19. Active PDP Discovery 와 PDP 선택 과정

## 2. PDP 관리영역과 PEP 관리

이 절에서는 PDP가 관리 영역 안에 있는 PEP가 이동하여 영역을 벗어나거나 새로운 PEP가 접속했을 때 위상 정보없이 효율적으로 관리할 수 있는 방법에 대해 설명한다.

### 2.1 COPS-PR 확장

PDP와 PEP 사이에 COPS-PR 프로토콜을 이용하여 정책 서비스를 한다. 그러나 COPS-PR 프로토콜[12]은 고정된 유선 Network에 적합하도록 되어 있어 MANET 환경과 같이 PEP가 이동 할 경우에 대한 고려가 되어 있지 않다. 그러므로 본 논문에서는 MANET 환경에서 효과적인 정책 서비스를 위해서 COPS-PR에 KA(Keep Alive)와 FOP(Find Other PDP)를 확장한다.

기존의 COPS-PR은 PEP가 PDP와 접속을 유지하기 위해 주기 적으로 KA 메시지를 PDP로 보내면 PDP는 KA 메시지로 PEP에게 응답하여 단순히 접속 유지 목적으로 사용되었다. 본 논문은 COPS-PR의 KA 메시지를 접속 유

지 목적뿐만 아니라 PEP노드의 이동 정보를 추가 하여 MANET 환경에서 PDP가 PEP 이동을 감지할 수 있도록 KA 메시지를 확장 한다. 이와 같이 KA 메시지의 기능에 PEP가 PDP까지의 거리 정보(홉 정보)를 추가하여 주기적으로 PDP에게 보냄으로써 PDP는 PEP의 거리 정보를 이용하여 이전 홉 정보와 PEP 이동을 감지할 수 있다. COPS-PR를 확장한 KA 메시지는 PEP 주소와 Hop-Count(PEP와 PDP의 거리)로 구성된다. Fig. 20.에서 PDP가 KA 메시지를 통해서 PEP 이동을 감지하여 변화가 없을 때는 KA 메시지로 응답하여 접속을 유지하고 PEP가 이동하여 PDP의 영역을 벗어나면 PEP에게 새로운 PDP를 찾으라는 의미의 FOP(Find Other PDP) 메시지 보낸다.

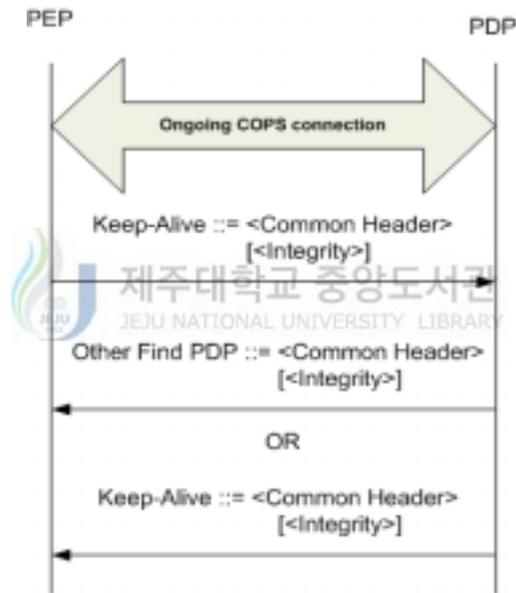


Fig. 20. KA(Keep Alive)와 FOP(Find Other PDP) 메시지

## 2.2 Management Node List (MNL)

PDP는 자신에게 접속하는 PEP에 Address와 PDP의 거리를 나타내는 hop-count로 구성되어진 MNL(Management Node List)에 추가하여 PEP를 관리한다. Table 3에서 MNL은 PEP Address와 PDP와 PEP 거리를 나타내는 hop-count로 구성 되어 있으며 hop-count 정보를 이용하여 PDP와 PEP의 거리를 파악할 수 있다. PEP가 KA 메시지를 보내면 PDP는 MNL 리스트를 비교하여 PEP의 이동을 파악할 수 있도록 한다. 예를 들어 PEP A로부터 KA

메시지를 받으면 MNL 리스트에서 PEP A의 Hop-Count 값과 KA메시지의 Hop-Count 값을 비교하여 KA메시지의 값이 작다면 PDP와 PEP A와 거리가 가까워 졌기 때문에 MNL을 갱신한다. 만약 KA 값이 크다면 PDP와 PEP A의 거리는 멀어졌기 때문에 PDP는 PEP A에게 FOP 메시지를 보낸다.

Table 3 Management Node List

Management Node List (MNL)	
PEP Address	hop-count
A	3
B	2
C	3
D	5

### 2.3 PEP이동 관리

PDP는 COPS-PR을 확장한 KA 메시지를 받으면 MNL리스트 정보와 비교하여 PEP의 이동을 감지하고 관리를 한다. 이와 같이 Fig. 21.은 PEP의 이동 관리 과정을 보여준다. PDP A는 MNL 리스트를 가지고 있다. 만약 PEP 7이 이동하고 PDP는 PEP 7로부터 KA메시지를 받으면 Fig. 19.와 같이 PDP가 가지고 있는 MNL 리스트와 KA메시지의 Hop-Count 값을 비교한다. 그리고 MNL에 있는 PEP 7의 Hop-Count 값이 KA 메시지의 Hop-count 보다 작으면 PDP는 PEP 7이 거리가 멀어졌다는 것을 감지하고 PEP 7에게 FOP메시지를 보낸다. PEP 7은 FOP 메시지를 받으면 Active PDP Discovery Protocol을 이용해서 PDP 정보를 다시 수집하고 PDP Temporary List에서 여전히 PDP A가 우선순위가 가장 높으면 접속을 유지하기 위해 PDP A에게 MNL 리스트 갱신을 요구 한다. 만약 다른 PDP가 우선순위가 높으면 PDP A에게 CC(Client-Close) 메시지를 보내 접속을 끊고 새로운 PDP에 접속한다.

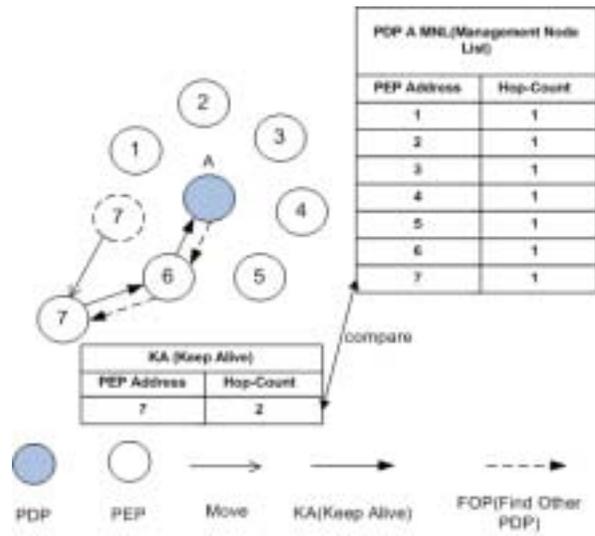


Fig. 21. PEP 이동 관리 과정

## IV. 시뮬레이션 결과 및 분석

본 장에서는 네트워크 시뮬레이션을 이용하여 On-demand 방식에서 대표적인 AODV[15]와 Table-Driven 방식의 대표적인 DSDV[16] 라우팅 프로토콜을 선택하여 각 라우팅 프로토콜이 제안 시스템에 미치는 영향을 알아본다. 또한 PDP의 장애가 발생했을 때 PEP노드들이 얼마나 효과적으로 장애를 극복하는 지를 알아본다.

### 1. 시뮬레이션 환경 및 시나리오

NS2 (Network Simulator version 2)[17][18][19]는 네트워크를 연구하기 위하여 개발된 이벤트 기반의 시뮬레이터로 TCP/IP 프로토콜, 라우팅 프로토콜, 멀티캐스팅 프로토콜 그리고 무선 네트워크의 Ad-hoc Network, WLAN, Mobile IP, UMTS 등 많은 네트워크 분야를 시뮬레이션 할 수 있다. 본 논문에서는 NS2 시뮬레이터의 Ad-hoc Network 모듈에 제안 시스템을 추가 확장하여 시뮬레이션 하였다.

시뮬레이션 환경은 TwoRayGround 전파모델, OmniAntenna 안테나 모델 그리고 802.11 MAC 으로 구성하고 노드들의 움직임은 Random Movement 모델을 적용하였다.

첫 번째 시뮬레이션 시나리오는 Table-driven 방식의 DSDV와 On-demand 방식의 AODV 라우팅 프로토콜을 적용한다. 그리고  $1000 \times 1000 \text{ m}^2$  공간에 100개의 노드들을 균일하게 분산 시키고 PDP의 수(PDP 서버는 100 개의 노드들 중에 임의로 선택)와 노드 이동속도는 자전거의 이동속도(5 m/s), 도심의 중심가에서 자동차 이동속도(10 m/s), 일반적인 자동차 이동속도(20m/s)로 한다. 시나리오의 시뮬레이션 시간은 900초로 정하고 300 초는 시뮬레이션 준비 시간으로 하여 측정 데이터를 무시하고 나머지 600초 동안의 측정 데이터를 이용하였다.

두 번째 시뮬레이션 시나리오는 PDP를 3개로 고정하고 전체 노드가 20,

50, 100개일 때 그리고 노드의 이동속도를 5, 10, 20 [m/s] 설정하고 시뮬레이션 시간은 120초로 설정하고 시뮬레이션 시간이 60초가 되면 3개의 PDP 중 하나를 다운시킨다. 이때 PEP노드에게 미치는 영향을 5초 단위로 측정한다.

## 2. 시뮬레이션 결과 분석

### 2.1 AODV 와 DSDV 라우팅 프로토콜에 따른 영향

본 시뮬레이션 결과는 IV장 1.1절의 첫 번째 시나리오의 시뮬레이션 결과로써 Fig. 22. 와 Fig. 23.은 AODV 라우팅 프로토콜에서의 PDP 서버와 이동 노드의 속도 변화에 따른 PREQ 메시지와 COPS Connection 의 변화를 보여준다.

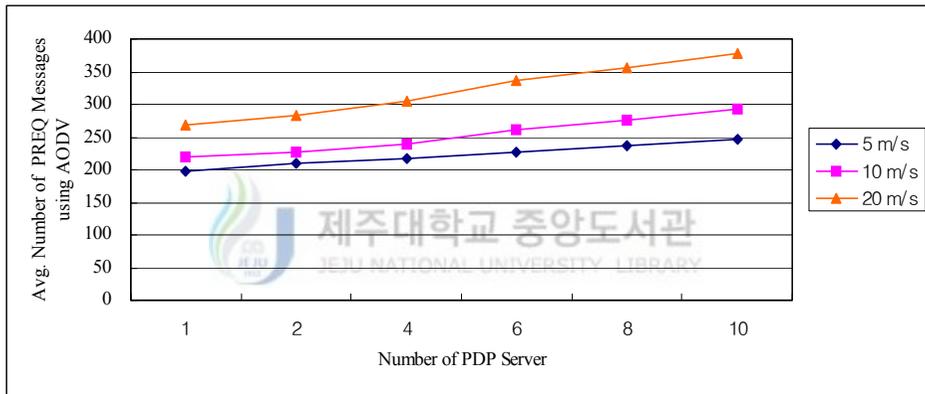


Fig. 22. AODV에서 PDP의 수와 노드 이동속도 변화에 따른 PREQ(PDP Request)메시지 수

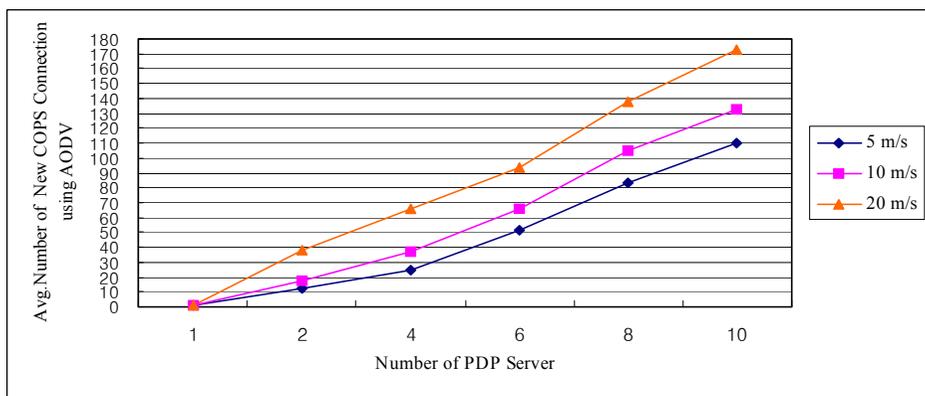


Fig. 23. AODV에서 PDP의 수와 노드 이동속도 변화에 따른 COPS Connection 수

Fig. 22.에서 노드의 이동 속도가 5 m/s 이고 PDP수가 1개일 때 총 PREQ 메시지의 수는 200개이고 PDP수가 10개일 때 PREQ 메시지의 수는 250개로 50개 정도의 메시지가 증가했으며, 이는 PDP수의 증가가 PREQ 메시지의 증가에 크게 영향을 미치지 않는다. 그리고 10, 20 m/s일 때 역시 메시지 증가는 크게 변하지 않았다. 그러나 노드의 이동속도에 따른 변화는 보면 5 m/s 일 때와 20 m/s 일 때 PREQ 메시지 증가량의 차이가 크다는 것을 알 수 있다. 이는 노드의 이동속도가 증가 하면 MANET 위상의 변화가 잦아지며, 이에 PEP는 최적의 PDP를 찾기 위해 능동적으로 PREQ 메시지를 보내는 것을 알 수 있다. Fig. 23.은 노드의 이동 속도 증가와 PDP수가 증가함에 따라 발생하는 총 COPS Connection 수를 나타낸다. Fig. 23.에서 PDP가 1개일 때 PDP는 MANET 전체 노드들을 관리하기 때문에 위상의 변화가 생기더라도 PEP노드들은 새로운 PDP의 정보가 갱신되지 않으며, COPS Connection이 새롭게 일어나지 않는다. 그러나 PDP가 증가 할수록 하나의 PDP가 관리하는 영역의 크기가 작아지며, PEP가 영역의 범위를 벗어나는 경우 또한 많이 발생 한다. 이때 PEP가 PREQ 메시지를 이용하여 새로운 PDP를 발견하고 접속하기 때문에 COPS Connection이 증가 한다. 이와 같이 Fig. 22.에서 PDP의 수가 증가하면 PDP의 관리 영역 크기가 작아지며, 이는 PREQ 메시지가 증가하는데 영향을 주는 이유이다.

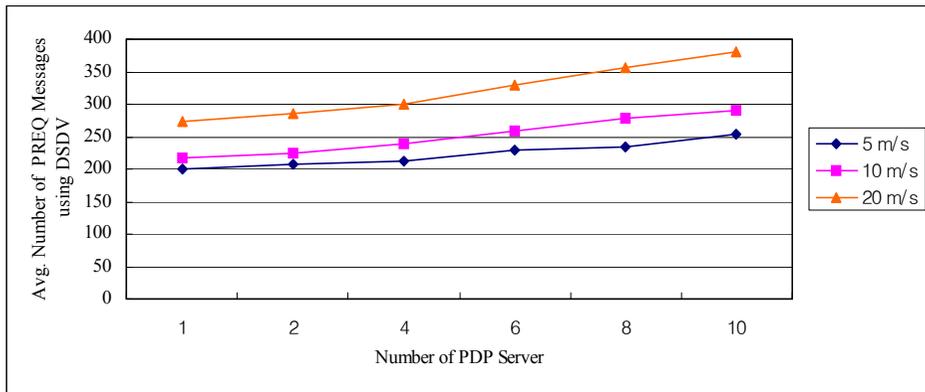


Fig 24. DSDV에서 PDP의 수와 노드 이동속도 변화에 따른 PREQ(PDP Request)메시지 수

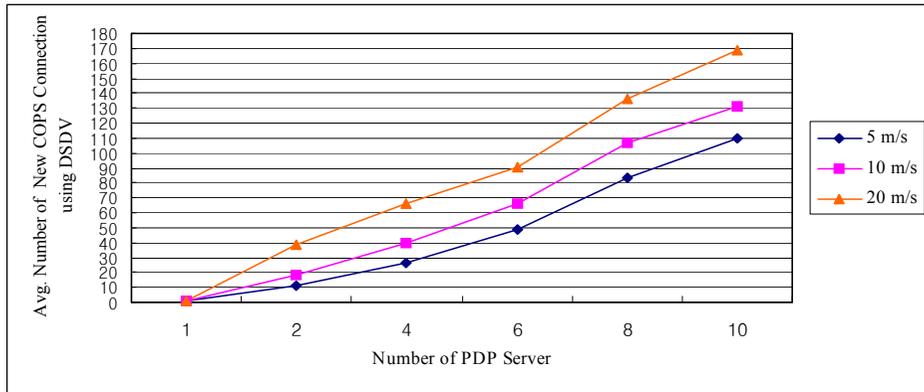


Fig. 25. DSDV에서 PDP의 수와 노드 이동속도 변화에 따른 COPS Connection 수

Fig. 24. 와 Fig. 25.는 DSDV 라우팅 프로토콜에서의 PDP 서버와 이동 노드의 속도 변화에 따른 PREQ 메시지와 COPS Connection 의 변화를 보여준다. Fig. 22.에서 노드의 이동속도와 PDP 수의 증가에 따른 PREQ 메시지 수와 Fig. 24.에서의 PREQ 메시지 수의 증가량의 변화가 비슷하다는 것을 알 수 있다. 또한 Fig. 23.과 Fig. 25.에서 역시 COPS Connection 수의 증가량 또한 비슷하다는 것을 알 수 있었다.

## 2.2 PDP서버 장애 발생시 PEP의 장애 극복

본 시뮬레이션 결과는 PDP에 장애가 발생했을 때 PEP가 얼마나 효과적으로 장애를 극복하는지를 나타낸다. PDP가 다운되면 PEP는 PDP와 연결이 끊어진 것을 감지하고 새로운 PDP를 찾기 위해 Active PDP Discovery Protocol의 PREQ 메시지를 이웃 노드들에게 보내고, 정책 서비스를 받기 위해서 다른 PDP 서버를 찾는다. Fig. 26., Fig. 27., Fig.28.은 IV장 1.1절의 두 번째 시나리오를 실행하여 얻은 결과이다.

Fig. 26.은 노드를 20개로하고 60초에 PDP가 다운되면 PDP의 영역 안에 있던 PEP들과 COPS Connection이 끊기고 PEP들은 새로운 PDP를 찾기 위해 PREQ 메시지를 보내기 때문에 PREQ 메시지가 60초에 65초 사이에 급격히 증가 한다. 그리고 75초가 지나면서 다시 정상적인 PREQ 메시지 발생량을 보인다. Fig. 27.과 Fig. 28.은 각각 노드를 50개, 100개로하여 측정한 결과이며 Fig. 27.과 Fig. 28. 역시 60초에 PDP가 다운되면 PREQ 메시지가 급격히 증가 한다. Fig. 26.에서 발생한 PREQ 메시지 증가량에 비해 Fig. 27.과 Fig. 28.에서의 PREQ 메시지의 증가량에 차이를 보인다. 이러한

이유는 PDP가 3개로 고정 되어 있고 노드의 수를 50, 100개로 증가시키면 하나의 PDP가 관리해야 할 PEP의 수가 많아지기 때문에 이때 장애가 발생하면 PREQ 메시지의 발생 또한 증가하기 때문에 Fig. 26., Fig. 27., Fig. 28.에서의 메시지 증가량에 차이를 보인다.

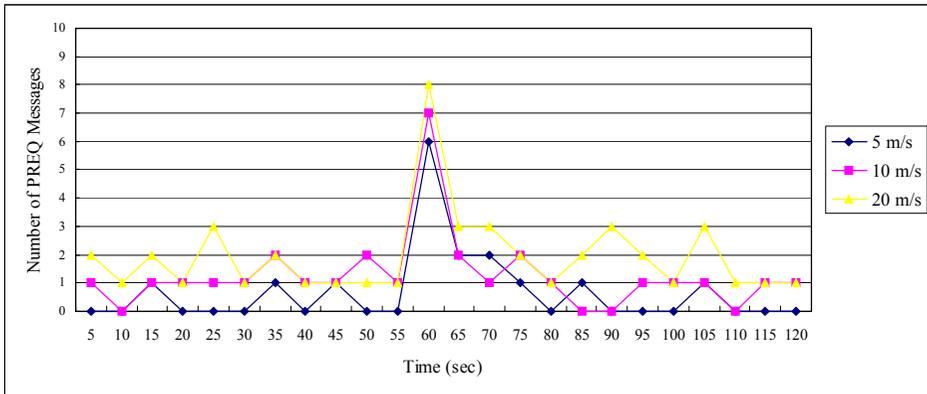


Fig. 26. PDP 장애 발생 시 PEP에게 미치는 영향

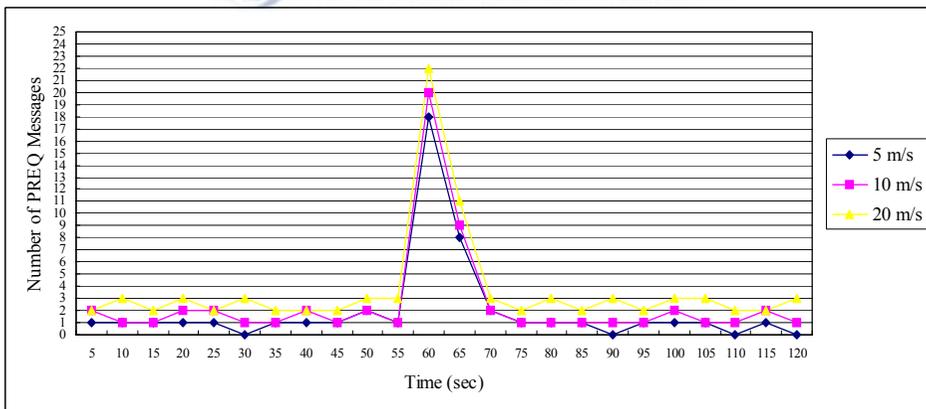


Fig. 27. PDP 장애 발생 시 PEP에게 미치는 영향

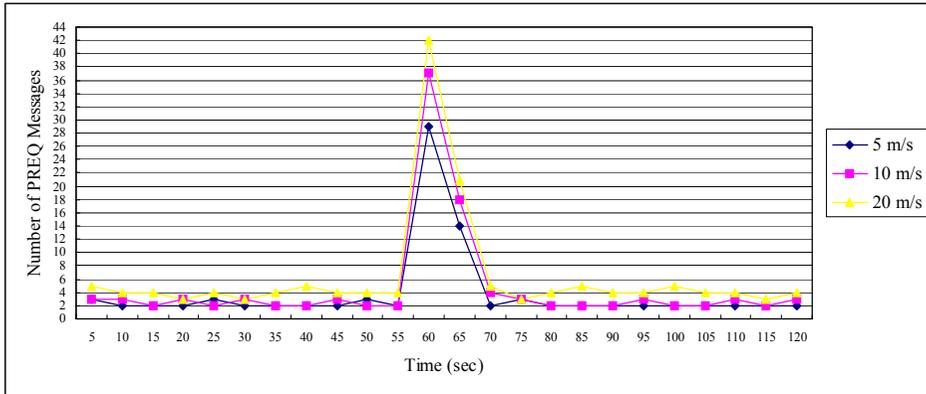


Fig. 28. PDP 장애 발생 시 PEP에게 미치는 영향

## V. 결론 및 향후 연구

MANET이 발전함에 따라 다양한 네트워크 서비스가 증가하면서 QoS, 보안, 접근제어, 자원 관리의 필요성 또한 증가하였다. 이러한 여러 가지 요구를 충족할 수 있는 정책기반 망 관리 시스템에 주목하였다. 그러나 정책기반 망 관리 시스템은 유선 Network을 고려하여 설계되어 있어 MANET에 바로 적용하기에는 적합하지 않다. 그러므로 본 논문에서는 정책기반 망 관리를 위해 PDP들을 분산시키고 분산된 PDP를 능동적으로 발견하는 Active PDP Discovery Protocol과 PDP가 이동하는 PEP들을 감지하여 관리할 수 있도록 COS-PR Protocol을 확장하였다. 그리고 Network Simulator 2를 이용하여 본 논문에서 제안한 기능을 구현하고 시뮬레이션을 하였다.

첫 번째 AODV와 DSDV 라우팅 프로토콜에서 시뮬레이션 한 결과는 이동 노드의 속도가 5, 10, 20 m/s 으로 증가할수록 위상의 변화가 빈번히 발생하고 이로 인해서 PREQ 메시지와 COPS Connection이 증가 하였다. 즉 이 과정은 위상이 변화하면 MANET의 상태가 변하기 때문에 PEP는 이를 감지하여 능동적으로 PDP를 찾아 접속함으로써 정책 서비스를 효율적으로 받을 수 있었다. 또한 MANET의 대표적인 두 라우팅 프로토콜에서의 시뮬레이션 결과에 차이가 크게 없었다는 것을 알 수 있었다. 이와 같이 라우팅 프로토콜에 변화에 영향을 받지 않고 MANET에서 정책기반 망 관리를 효율적으로 할 수 있었다. 두 번째 시뮬레이션 결과는 제안한 메커니즘에서 PDP에 장애가 발생했을 때 PEP들이 이를 극복할 수 있는가를 실험 하였다. 그 결과 PDP 서버가 다운되면 PEP와 COPS Connection이 끊어지고 PEP는 이를 감지하여 새로운 정책 서비스를 받기 위해 새로운 PDP를 찾아 접속하였다. 이는 PDP에 장애가 발생하더라도 PEP들은 새로운 PDP를 찾아 접속함으로써 정책 서비스를 계속적으로 받을 수 있다는 것을 알 수 있었다.

본 논문에서 제안한 정책기반 망 관리 메커니즘은 라우팅 프로토콜에 독립적이고, 장애 발생시 효율적으로 대처함으로써 MANET에서 효율적으로 정책기반 망 관리를 할 수 있었다.

향후 연구로는 현재 제안한 메커니즘에서 PDP서버에 많은 PEP들이 몰릴

경우 PDP서버에 발생하는 부하는 고려하지 않았다. 그러므로 향후 PDP 서버에 PEP들이 몰렸을 때 부하를 해결하기 위해서는 PDP의 로드 밸런스에 대한 연구가 필요할 것이다.



## [참고문헌]

- [1] Mobile Ad hoc C. Siva Ram Murthy, B.S. Manoj, "Ad Hoc Wireless Networks Architectures and Protocols", Prentice Hall PTR, May 24, 2004.
- [2] D. Chalmers, M. Sloman, "A survey of Quality of Service in mobile computing environments", IEEE Communications Survey, Second Quarter (1999).
- [3] S. Chakrabarti, A. Mishra, "QoS issues in ad hoc wireless networks", IEEE Communication Magazine 39 (2) (2001) 142 - 148.
- [4] C. Chen, N. Jain, S. Singh, "ANMP: Ad Hoc Network Management Protocol", IEEE Journal on Selected Areas of Communications, vol. 17, no. 8, PP.1506-1531, August 1999.
- [5] J. Case, M. Fedor, M. Schoffstall, J. Davin, "A Simple Network Management Protocol (SNMP)" IETF RFC 1156, May 1990.
- [6] Addison Wesley, Java™ and JMX: Building Manageable Systems, December 2002.
- [7] 신봉득, 이금모, 이재용, "Ad-hoc 네트워크를 위한 분산 망 관리 구조 연구", 제21회 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집 제11권 제1호, 2004, 5월.
- [8] The IETF Policy Framework Working Group: Charter available at the <http://www.ietf.org/proceedings/02nov/166.htm>
- [9] Leonidas Lymberopoulos, Emil Lupu, Morris Sloman, "An Adaptive Policy Based Management Framework for Differentiated Services Networks", Policy 2002, June 2002.
- [10] D. Durham, et al., "The COPS(Common Open Policy Service)Protocol", IETF RFC 2748, January 2000.
- [11] S. Herzog et. al., "COPS Usage for RSVP," IETF RFC 2749, Jan. 2000.

- [12] K. Chan et al., "COPS usage for Policy Provisioning(COPS-PR)", IETF RFC 3048, March 2001.
- [13] K. Phanse, L. Dasilva, "Extending Policy-Based Management to Ad Hoc Networks", Virginia Polytechnic Institute and State University, IREAN Research Worksop-2003, April 2003.
- [14] K. Phanse, L. Dasilva, "Protocol Support for Policy-Based Management of Mobile AD Hoc Networks", NOMS 2004, PP. 3-16, April 2004.
- [15] Guoyou He, "Destination-Sequenced Distance Vector (DSDV) Protocol", <http://citeseer.ist.psu.edu/531710.html>
- [16] C. Perkins, E. Belding-Royer, S. Das. "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", IETF RFC 3561, July 2003
- [17] Network Simulator 2. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [18] CMU Monarch Project's. <http://www.monarch.cs.cmu.edu/cmuns.html>
- [19] 배성수, 한중수, "네트워크 시뮬레이터 (NS2 기초와 활용)", 도서출판 세화, p438, 2005년 2월