

# Ad hoc 성능 지표와 적정 운용성에 대한 연구

## A Study on the Performance Metrics and Optimal Implementation of Ad hoc

이광제

주성대학 전자상거래학과

정진욱

성균관대학교 정보통신공학부

Kwang-Je Lee

Dept. of Electronic Commerce, Juseong College

Jin-Wook Chung

School of Information & Communication eng.,

Sungkyunkwan University

중심어 : Ad hoc, QoS, Metric

### 요 약

본 논문에서는 유선 인프라스트럭처 없이 쉽게 이동 단말기들만으로 네트워크를 쉽게 구성하여 긴급구조나 군용 네트워크로 이용되는 Ad hoc 네트워크의 성능에 영향을 미치는 성능 지표와 적정 운용성 등에 대한 연구를 통해 향후 제안하고자하는 DQM(Distributed QoS Monitoring) 기반 라우팅 프로토콜의 선행 자료로 이용하고자 한다.

### Abstract

In this paper, we describe about the performance metrics and optimal implementation of Ad hoc network that is constructed easily by mobile terminals without infra-structure and is used in emergency sites and army field. And the results are used in study on DQM based ad hoc routing protocol.

## I. 서론

최근까지 대부분의 네트워크 시스템은 고정 기지국과 같은 인프라 네트워크(Infra-structure network)를 중심으로 연결되는 유선망 네트워크 일변도이었지만 최근 컴퓨터와 무선 네트워크 기술 향상에 따라 노트북, 휴대폰, PDA 등과 같은 이동 단말기를 통해 인터넷 서비스를 받고자하는 요구가 날로 증가하고 있으며 이를 지원하기 위한 이동 인터넷 서비스 프로토콜의 개발이 진행되어 오고 있다.

현대의 사용자들은 무선 LAN 환경·차량 탑재용 이동통신망·위성통신망 환경 등 어느 곳에서나 이동 단말기를 이용한 인터넷 서비스의 제공을 원하고 있으며, 이를 위해서는 다양한 허부 통신망 기술의 결합이 요구되고 있다. 이러한 요구를 충족시키기 위해 Mobile IP, MANET, WAP(Wireless Application Protocol) 등에 대한 이동 통신망 기술 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 최근에는 1970년대 ARPA(Advanced Research Project Agency)주관의 PRNET(multi-hop multiple-access Packet Radio Network) 개발 이후 연구가 소강상태이던 무선 데이터 통신 분야가 MANET(Mobile Ad hoc NETwork)이라는 새로운 개념으로 주목받고 있으며, Ad hoc 네트워크는 유선 인프라의 구성이나 도움 없이 이동 단말기들만으로 손쉽게 통신망을 구성하여 긴급구조나 전장터 등에서 무선 데이터 서비스를 제

공할 수 있는 무선 네트워크를 말한다. 지금까지는 이러한 무선망에서는 품질보다는 연결 자체에 큰 의미를 두어왔으나, 최근에는 Ad hoc 릴레이 시스템과 같은 확장된 개념의 Ad hoc 망으로 범위가 넓혀지고 있어 품질에 대한 요구 수준이 증대되고 있다[1].

따라서 QoS(Quality of Service)를 보장하기 위해서 Ad hoc 네트워크에 영향을 미치는 요소(Performance Metrics)들을 추출하고 이들을 관측하여 라우팅 프로토콜에 반영하여야 한다. 향후 DQM(Distributed QoS Monitoring) 기반 CBRP(Cluster Based Routing Protocol) 프로토콜을 제안하고자 하며, 이때 요구되는 클러스터에 대한 적정 운용성이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 Ad hoc 네트워크의 성능에 영향을 주는 주요 특징들을 살펴보고 시뮬레이션을 통해 적정하게 운용 가능한 Ad hoc 네트워크 범위 및 이동 노드 수의 영향 등에 대해 연구하고 이를 선행 연구 자료로 사용하려 한다.

## II. Ad hoc 라우팅 프로토콜

Ad hoc 네트워크는 이동망 특성상 구조 변화가 빈번하고, 낮은 대역폭과 높은 전송 오류, 전송회선의 불안정성 등의 이유 때문에 유선망에서 사용되는 기존의 인터넷 라

우팅 프로토콜을 그대로 사용하는 것이 불가능하다. 기존의 라우팅 프로토콜만으로는 동적으로 변하는 네트워크의 변화에 대응하기 어려우며, 라우팅 루프가 발생할 수 있으므로 보다 효과적인 라우팅 프로토콜들이 요구된다. Ad hoc 라우팅 프로토콜들은 크게 네 가지로 분류할 수 있는데, 테이블 구동 방식(Table driven)의 프로액티브 라우팅 기법과 요청 방식(On-demand)의 리액티브 라우팅 기법, 두 가지 방식을 혼합한 하이브리드(Hybrid) 라우팅 기법이 있다. 무선 프로액티브 라우팅 기법은 네트워크 내의 모든 노드로 하여금 자신을 제외한 나머지 노드에 대한 정보를 유지 관리하는 방식으로 라우팅 테이블이 하나 이상 존재하고 주기적인 라우팅 정보를 모든 노드가 방송하며, 모든 노드가 자신이 관리 중인 라우팅 정보가 변했을 경우 다른 노드에게 전파하는 방식의 라우팅 프로토콜을 말하며, 리액티브 라우팅 프로토콜은 어느 노드로 하여금 요청이 발생하는 경우에만 경로 설정 절차가 수행되는 방식으로 위치 이동이 빈번한 Ad hoc 환경에서는 적합하지만 경로 설정 요구 시 전체망의 검색이 필요하여 지연시간이 길어지고 따라서 실시간 통신에는 부적합하다는 단점이 내포되어 있다. 마지막으로 하이브리드 방식은 앞의 두 방식을 혼합한 방식으로 ZRP(Zone Routing Protocol)이 대표적인 방식이라 하겠다.

이러한 분류의 범주에 속하지 않는 기타 방식의 클러스터 기반 라우팅 프로토콜로 IMEP(Internet MANET Encapsulation Protocol), CEDAR(Core-Extraction Distributed Ad hoc Routing), CBRP 등도 있으며, 다음 그림 1에 분류가 잘 나타나있다[2],[3].

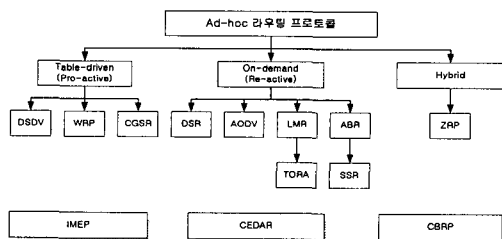


그림 1. Ad hoc 라우팅 프로토콜의 분류

이들 중 CBRP는 MANET 환경에 맞도록 설계된 라우팅 프로토콜로 네트워크를 구성하는 노드들을 분포에 따라 여러 개의 중복되거나 분리된 클러스터로 나누어 관리하는 프로토콜이다. 그리고 Ad hoc의 확장시스템이라 할 수 있

는 Ad hoc 릴레이 시스템을 고려해 볼 때 적합하기도 하다. 특성상 하나의 클러스터에 클러스터 헤더가 정해져서 각 영역에 속한 노드들의 정보를 관리하며, 클러스터 사이의 라우팅은 각 클러스터 헤더가 가지고 있는 정보들을 이용하여 동적으로 이루어지며 노드들을 그룹으로 관리함으로써 경로 발견 절차 시의 트래픽 양을 효과적으로 줄이며 속도도 향상시킨다. 또한 CBRP는 단방향 링크를 수용할 수 있으며 이는 클러스터 내의 경로뿐만 아니라 클러스터들 간의 경로설정에도 이용된다.

MANET은 이동에 따른 동적인 위상의 변화뿐 아니라 IP 서브넷 구조를 사용할 수 없기 때문에 라우팅 프로토콜이 평면적이므로 하나의 계층만을 갖게 되고 네트워크의 범위가 커질수록 오버헤드가 심각하게 증가된다. 또한 이동 네트워크의 링크는 때때로 비대칭적일 수 있지만 이러한 제약에 대해 CBRP는 다음과 같은 장점을 가진다.

- 완전히 분산된 운영 방식
- 동적인 경로 발견 절차 동안에 트래픽 증기를 최소화
- 단방향 링크의 완벽한 지원

### III. Ad hoc 네트워크의 주요 특징(Critical Feature)과 성능 지표(Performance Metrics)

MANET은 무선 링크를 통해 통신이 가능한 이동 사용자의 자율적 집합체로서 노드의 이동성 때문에 네트워크의 토폴로지는 빠르게 변화되기도 하고, 시간 축 상에서 예측이 어렵다는 특징을 갖는다. 따라서 이러한 Ad hoc 네트워크의 행동 특성을 평가하기 위한 주요 네트워크 특징과 성능 지표를 분류하고 정리해볼 필요가 있다.

#### 1. Ad hoc 네트워크의 주요 특징[4]

Ad hoc 네트워크의 효율성을 결정할 수 있는 주요 특징은 크게 정량적 특징(Quantitative feature)과 정성적 특징(Qualitative feature)으로 분류해 볼 수 있으며 그 종류는 다음과 같다.

##### 1.1. 정량적 특징

- Network settling time : 자율적 이동 무선 노드들을 모아 자동으로 Ad hoc 네트워크를 구성하고 첫 메시지를 전송하기 까지 소요되는 시간
- Network Join : 새로운 노드가 Ad hoc 네트워크에 참여

하여 이것이 인식되고 재구성이 완료되기까지 소요되는 시간

- Network Depart : Ad hoc 네트워크가 자신의 네트워크에 소속되어 있던 노드가 이탈되었다는 사실을 인식하고 네트워크를 재구성하기까지 소요되는 시간
- Network Recovery time : 네트워크의 재구성이 요구되는 조건이 발생하는 경우 네트워크가 회복되기까지 소요되는 시간을 말하며, 트래픽의 과부하나 노드의 고장, 노드의 이동으로 인한 재구성, 신뢰성을 보장하기 위한 재구성 등이 이 경우이다.
- Frequency of update : 네트워크의 안정적인 운용을 보장하기 위해 제어 패킷을 얼마만큼의 주기로 주고받을 것인가를 말한다.
- Memory Byte Requirement : 라우팅 테이블이나 관리 정보를 보관하기 위해 요구되는 기억 공간의 크기를 의미함.
- Network Scalability Number : 신뢰성 있는 통신을 유지하면서 수용할 수 있는 노드 수를 말함.

## 1.2 정성적 특징

- 노드 위치의 인식(Knowledge of Nodal Locations) : 라우팅 프로토콜이 네트워크의 국부적이거나 전체적인 위치의 인식을 요구하는가?
- 토폴로지 변화에 대한 영향(Effect to topology change) : 라우팅 프로토콜이 완전한 재구성이나 점증적 갱신(Update)을 요구하는가?
- 무선통신환경에 대한 적응력(Adaptation to radio communication environment) : 경로 배정 시에 링크의 페이딩이나 세도잉, 다중 사용자로 인한 간섭 등에 대한 정보를 감안하느냐?
- 전원 인식(Power Consciousness) : 라우팅 프로토콜에서 잔류 배터리 전원의 수명을 고려하는가?
- 단일 혹은 다중채널(Single or Multichannel) : 라우팅 프로토콜이 별도의 분리된 제어채널을 사용하는가?
- 단방향 또는 양방향 링크(Bidirectional or Unidirectional Links) : 라우팅 프로토콜이 양방향 링크뿐만 아니라 단방향 링크에서도 효율적으로 동작하는가?
- 네트워크 보안 유지(Preservation of Network Security) : 라우팅 프로토콜이 감청(detection)이나 인터셉트(Intercept)의 확률을 낮추고 보안을 유지하는 충실도가 보장되는가?

- QoS 라우팅과 우선순위 메시지 관리(QoS Routing and Handling of Priority Messages) : 라우팅 프로토콜이 우선순위 메시지를 지원하고 지연에 민감한 실시간 트래픽의 공동화 시간을 줄여줄 수 있는가?
- 실시간 음성 서비스(Real-time Voice Service) : 정규 데이터 서비스와 동시에 실시간 음성 멀티캐스팅 서비스를 지원하는가?
- 실시간 영상 서비스(Real-time Video Service) : 정규 데이터 서비스나 음성 전송 서비스와 동시에 실시간 VOD 서비스를 지원하는가?

## 2. Ad hoc 네트워크의 성능 지표(Performance Metrics)

Ad hoc 네트워크의 성능을 판정하기 위해 고려해야 할 성능 지표는 여러 가지를 생각 해 볼 수 있는데, 우선 평균 소비 전력(Average Power Expended)과 임무 완료 시간(Task Completion Time), 패킷과 관련한 종단간 처리율(End-to-End Throughput), 종단간 지연 시간(End-to-End Delay), 링크 사용률(Link Utilization), 패킷 손실률(Packet Loss) 등이 있다. 그리고, 시뮬레이션을 위한 시나리오와 관련하여 노드 이동률(Nodal Movement) 또는 노드의 평균 속도(Average speed of node), 네트워크 노드 수(Number of Network Node), 네트워크 범위(Area size of Network), 통신 부하 및 트래픽 유형(Offered load & traffic patterns), 단방향 링크 수(Number of Unidirectional Link) 등이 고려될 만한 성능 지표 들이다.

## IV. 시뮬레이션 및 결과

본 절에서는 MANET이 안정되고 신뢰성있는 운용이 보장되는 적정 운용환경을 알아보기 위해 시뮬레이션을 수행하고 얻은 결과를 기술한다. 특히 본 논문에서는 향후 제안하려는 DQM-CBRP 프로토콜의 운영환경 설정과 클러스터의 운용 범위 설정에 필요한 선행 자료를 얻고자하므로 노드 수와 운용 범위(Diameter)와 연결확률과의 상관관계에 대해 중점을 두고 시뮬레이션을 수행하였다.

### 1. 시뮬레이션 tool ANSim v.2.99b[5]

Ad hoc 네트워크의 운용성 등을 쉽게 시뮬레이션 할 수 있도록 독일 I.U 대학교의 Hellbrueck이 제공하고 있는

ANSim Version 2.99b를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

본 시뮬레이터의 입력 파라미터와 출력 파라미터는 다음과 같으며 앞의 절에서 언급하였던 성능 지표들 중 주로 시나리오와 관련된 항목이 사용되고 있으며 이들 파라미터가 시뮬레이터에서 선정된 이유는 참고문헌 [6]을 참조한다.

### 1.1. 입력 파라미터

- 시뮬레이션 영역 크기 설정값 : x-size, y-size
- 영역의 모양 : Rectangle / Oval
- 노드의 전송 가능 범위 : Range r
- 노드 수 : N
- 통신 모드 : Central / Decentral
- 노드 이동 패턴 : Random Direction / Random Waypoint / Random Waypoint Indirect / Random Waypoint Gaussian
- 노드 최대 이동 속도 및 최대 이동 시간, 최대 정지 시간 : max speed, max move, max stop
- 시뮬레이션 가중치(extension) : 간단히 시뮬레이션의 범위나 트래픽 비중 등을 높여 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 하는 가중치

### 1.2. 출력 파라미터

시뮬레이션을 수행하고 결과로 얻게 되는 출력 파라미터는 다음과 같다.

- 시나리오 수 : Number of Scenarios
- 송수신 노드 간 연결 확률 : Probability
- 송수신간 평균 거리 : Average Distance
- 직접연결 평균 노드 수 : Average Direct Neighbours
- 평균 홉수 : Average hops

## 2. 시뮬레이션 환경 설정[5],[6],[7]

시뮬레이션은 노드 수의 증가에 대한 운용성에 대한 변화와 네트워크 사용 범위에 대한 운용성의 변화에 대해 수행되었으며, 이들 시뮬레이션 수행을 위해 앞에서 설명한 입력값에 대한 설정은 다음과 같이 하였다.

### 2.1. 노드 수의 증가에 대한 운용성 변화

영역 크기 Area값은 x-size 1Km, y-size 1Km로 고정하고, 영역의 모양은 원형(Oval), 노드 전송 가능 범위(Node

range)는 250m, 노드의 이동 모드 등은 다음과 같이 설정하였다.

- mobile mode
- random direction model
- max speed : 1 m/s
- max stop : 300s
- max move : 300s

그리고 시뮬레이션에서 node 수는 5-50의 범위에 대해 수행하며, 통신 모드(Communication Mode)는 각각 중앙통제형(Central)과 비중앙통제형(Decentral)에 대해 수행한다.

### 2.2. 네트워크 영역 크기에 대한 운용성 변화

노드의 수는 50개로 고정하고, 영역의 모양은 원형(Oval), 노드 전송 가능 범위(Node range)는 250m, 노드의 이동 모드 등은 다음과 같이 설정하였다.

- mobile mode
- random direction model
- max speed : 1 m/s
- max stop : 300s
- max move : 300s

그리고 시뮬레이션에서 네트워크 영역 크기는 1-5km의 범위에 대해 수행하며, 통신 모드는 각각 중앙통제형(Central)과 비중앙통제형(Decentral)에 대해 수행한다.

그리고, 다음 그림 2에서 상단 좌측의 텍스트 입력창들이 앞서 설정한 값들이 입력되는 부분이며, 상단 우측은 시뮬레이션이 수행되면서 출력값들이 갱신되는 부분이다. 하단의 그래픽 부분은 시뮬레이션이 진행되면서 각 노드의 이동 경로 및 연결 상태가 실시간으로 표시되는 창이다.

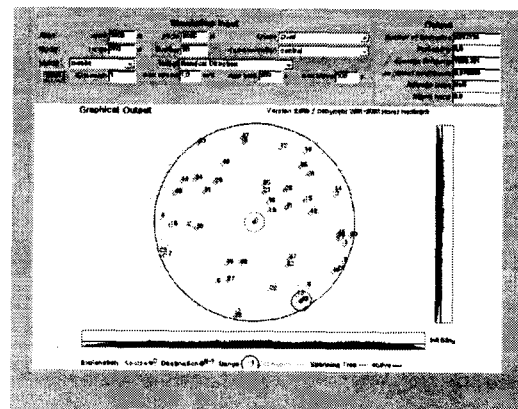


그림 2. ANSim v2.99b 시뮬레이션 tool

### 3. 시뮬레이션 결과 고찰

시뮬레이션을 수행하여 여러 데이터를 얻었으며, 다음 표 1부터 4까지와 같다. 특히 표 1과 2를 통해 노드 수에 대한 연결확률의 변화와 송수신 노드간 평균 거리, 직접 연결 이웃 노드수의 변화 그래프는 각각 그림 3부터 그림 5까지와 같이 얻을 수 있었다. 그리고 표 3과 4를 통해 네트워크 영역 크기에 대한 연결확률의 변화와 송수신 노드간 평균 거리, 직접 연결 이웃 노드수의 변화 그래프는 각각 그림 6부터 그림 8까지와 같다. 시뮬레이션 시간은 대략 6.3 day에서 6.7 day로 하였으며 이 시간에 비례하여 시나리오의 수가 증가된다.

본 시뮬레이션 결과를 통해 같은 크기의 운영 네트워크 범위 안에서 노드 수를 늘려나갈 때 정비례하게 연결도가 높아지는 것이 아니며, 30개 이상 운용되는 경우 90%이상의 연결확률을 가질 때까지 급격히 증가하다가 그 이후로는 서서히 증가됨을 알 수 있으며, 중앙통제형이 30개 이하에서는 연결확률이 비중앙통제형 운용 모드보다 높았지만 30개 이상에서는 차이가 점점 작아지는 결과를 그림 3과 같이 알 수 있었다.

표 1. Decentral Communication mode(Node 수 변화)

Node 수	Probability	Avg Distance	Avg direct neighbours	Avg hops
5	0.254146	459.3761	0.806986	1.223931
10	0.360583	461.1989	1.638707	1.853616
20	0.728559	447.0937	3.989031	2.750544
30	0.931193	445.3741	5.593846	2.938854
40	0.987305	437.3783	7.648210	2.748516
50	0.999648	429.0039	9.863998	2.563037

표 2. Central Communication mode(Node 수 변화)

Node 수	Probability	Avg Distance	Avg direct neighbours	Avg hops
5	0.348868	332.1955	0.976350	1.344414
10	0.538540	319.9957	2.339207	1.635316
20	0.866610	316.0690	4.910273	2.026922
30	0.969815	334.3122	7.280354	2.235106
40	0.991019	339.6549	9.780544	2.170528
50	0.999358	351.7917	12.10448	2.136729

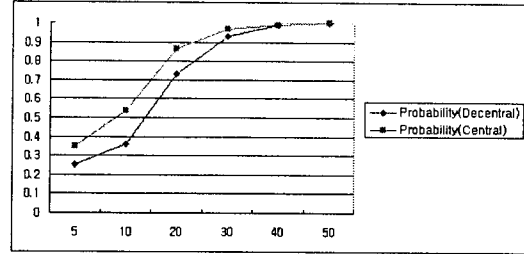


그림 3. Node 수와 Connectivity 변화 그래프

그림 4에서 중앙통제형이 비중앙통제형보다 송수신 노드 간 거리가 작았으며, 노드 수가 늘어나더라도 크게 변화되지 않았음을 알 수 있으며, 그림 5는 직접 연결 노드의 개수도 중앙통제형이 비중앙통제형보다 조금 상회함을 알 수 있었다.

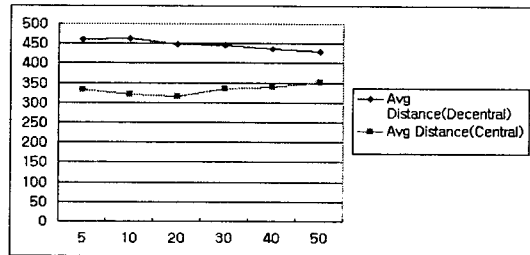


그림 4. Source와 Destination 간 평균 거리

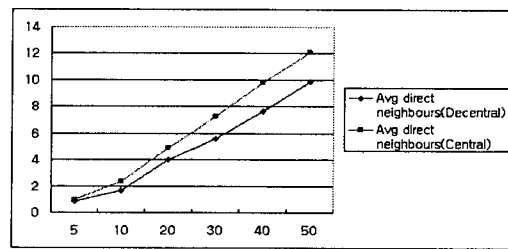


그림 5. 평균 Direct neighbour 수

표 3. Decentral Communication mode(영역크기변화)

지름	Probability	Avg Distance	Avg direct neighbours	Avg hops
1 <sup>km</sup>	0.999648	429.0039	9.863998	2.563037
1.5 <sup>km</sup>	0.773825	662.1777	4.759334	4.468091
2 <sup>km</sup>	0.251308	907.6803	2.745059	3.439029
2.5 <sup>km</sup>	0.089690	1141.216	1.793192	2.192089
3 <sup>km</sup>	0.063437	1342.265	1.191134	1.919789
3.5 <sup>km</sup>	0.034311	1594.938	0.922464	1.563381
4 <sup>km</sup>	0.015746	1767.275	0.688821	1.526244
4.5 <sup>km</sup>	0.018257	1858.205	0.569700	1.202823
5 <sup>km</sup>	0.009074	2075.034	0.450478	1.271587

다음 그림 6은 노드 수가 50개로 고정되고 운용 네트워크의 크기가 변화될 때의 연결확률의 변화 그래프인데, 1.5 km에서 이미 80%이하로 떨어지며 이후 급격히 확률이 낮아짐을 알 수 있다. 그러나 운용 네트워크 크기 변화에 대한 중앙통제형이나 아니냐는 크게 차이가 없음을 알 수 있다.

표 4. Central Communication mode(영역크기변화)

지름	Probability	Avg Distance	Avg direct neighbours	Avg hops
1 <sup>km</sup>	0.999358	351.7917	12.10448	2.136729
1.5 <sup>km</sup>	0.820932	526.7155	5.351075	3.723851
2 <sup>km</sup>	0.275427	725.2880	3.049585	4.236750
2.5 <sup>km</sup>	0.056562	922.2104	1.977230	3.407803
3 <sup>km</sup>	0.027318	1104.621	1.074016	2.002323
3.5 <sup>km</sup>	0.020358	1316.154	0.841818	1.419810
4 <sup>km</sup>	0.011451	1528.580	0.623635	1.262422
4.5 <sup>km</sup>	0.002095	1737.916	0.442275	1.036960
5 <sup>km</sup>	0.0	1950.324	0.376883	0.0

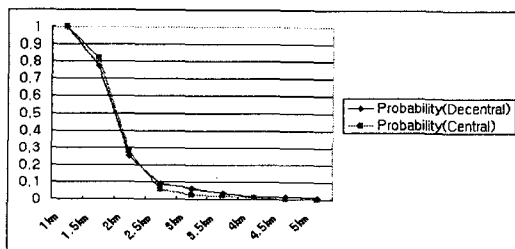


그림 6. Diameter vs Probability

그림 7에서는 중앙통제형이 송수신 노드간 평균거리가 다소 작음을 알 수 있으며, 그림 8에서 운용 네트워크 크기 변화에 대한 직접 연결 노드 갯수의 변화를 알 수 있는데, 중앙통제형이나 아니냐는 크게 차이가 없음을 알 수 있다.

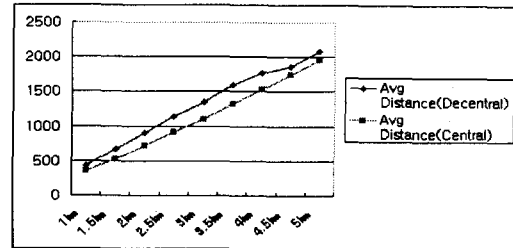


그림 7. Diameter vs Avg distance

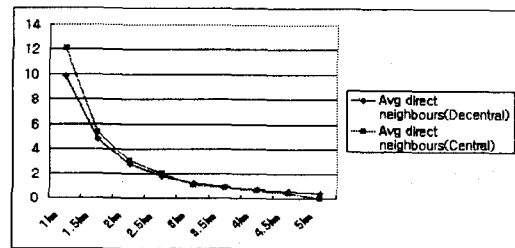


그림 8. Diameter vs Direct neighbours

이상에서 얻은 결과를 토대로 정리해 보면 Ad hoc 네트워크는 노드 수를 30 개상으로 하며, 1km 이내에서 운용할 때 송수신 노드 간 연결 확률이 90% 이상 유지되어 안정적인 신뢰성있는 운용이 보장될 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 DQM-CBRP 프로토콜을 적용하여 클러스터를 구성할 때 전체 노드 수가 30개 이상 넘지 않고 1km 이내에서 운용될 수 있도록 하여야 할 것이다.

물론 이상의 결과는 노드의 전송능력 등 운용 환경이 시뮬레이션에서 설정한 환경과 같을 때의 결과이다.

## V. 결론

본 논문에서는 유선 인프라의 구성이나 도움 없이 이동 단말기들만으로 손쉽게 통신망을 구성하여 긴급구조나 전쟁터 등에서 무선 데이터 서비스를 제공할 수 있는 Ad hoc 네트워크의 성능을 평가 판정하기 위해 고려해야 하는 주요 특성과 성능 지표가 어떤 종류가 있는지 살펴보고 시뮬

레이션을 통해 적정 운용 환경을 살펴보았으며 그 결과로 Ad hoc 네트워크는 노드 수를 30 개 이상으로 하며, 1km 이내에서 운용할 때 송수신 노드 간 연결 확률이 90% 이상 유지되어 안정적이고 신뢰성있는 운용이 보장될 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 향후 제안하려는 DQM-CBRP 프로토콜에서 클러스터를 구성할 때 전체 노드 수가 30개 이상 넘지 않고 1Km 이내에서 운용될 수 있도록 하여야 할 것이다.

향후 지속적으로 연구되어야할 과제로는 본 논문을 통해 얻은 결과를 토대로 DQM-CBRP 프로토콜의 설계와 시뮬레이션 등이 요구된다.

### 참 고 문 헌

- [1] C.K Toh, Ad hoc Mobile Wireless Networks(Protocol and System), Prentice Hall, 2002.
- [2] David Lundberg, Ad hoc protocol evaluation and experience of real world Ad hoc networking, Uppsala University, 2002.
- [3] Kwangje Lee · Jinwook Chung, QoS Distribution Monitoring Mechanism in Ad hoc, in Proc. SAM02 Las Vegas, pp. 180-186, Jun 2002.
- [4] Madhavi W.Subbarao, "Ad hoc Networking Critical Features and Performance Metrics," Wireless Communications Thechology Group, NIST, Oct. 1999.
- [5] Hellbrueck, <http://www.i-u.de/schools/hellbrueck>, I-U, Feb. 2003.
- [6] Hellbrueck, "Toward Analysis and Simulation of Ad hoc Network," Proc. of ICWN02, LasVegas, USA, pp. 69-75, Jun 2002.
- [7] Scherpe C., Wolf J., "Real-Time Simulation of Multi-Hop Ad hoc Networks," CaberNet Radicals Workshop, Funchal, Madeira, Jan 2002.

이 광 제(Kwang-Je Lee)

정회원



1988년 2월 : 광운대학교 전자공학과 (공학사)  
 1990년 2월 : 광운대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2001년 2월 : 성균관대학교 전기전자 컴퓨터공학과(박사수료)  
 1990년 ~ 1999년 : 국방과학연구소

선임연구원

1999년 3월 ~ 현재 : 주성대학 전자상거래학과 교수

<관심분야> : 네트워크 관리, Ad hoc, 정보통신

정 진 욱(Jin-Wook Chung)

정회원



1974년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 (공학사)  
 1979년 2월 : 성균관대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1991년 2월 : 서울대학교 계산통계학과 (공학박사)

1973년 ~ 1985년 : 한국과학기술연구소 실장

1985년 ~ 현재 : 성균관대학교 정보통신공학부 교수

<관심분야> : 네트워크 관리, 정보통신, 정보보안