

# 인터넷 액세스 솔루션을 적용한 Global MANET의 성능 분석

## Performace Evaluation of Global MANET adapted to Internet Access solution

정찬혁\*, 오세덕\*\*, 김현욱\*\*, 이광배\*\*, 유충열\*\*, 문태수\*\*\*

Chan-Hyuk Jung\*, Se-Duk Oh\*\*, Hyun-Wook Kim\*\*, Kwang-Bae Lee\*\*,  
Choung-Ryoul Yu\*\*, Tae-Su Mun\*\*\*

### Abstract

The MANET that can make autonomous distributed Network with Routing function has many differences than past wireless communication. For upcoming ALL-IP environment, MANET device should be connected with wired Internet Network and MANET is required to have a gateway to bridge two different networks to share information from any place. In this paper, Using the GMAHN Algorithm proposed Proactive, Reactive, Hybrid method that provides Inteface between Wired Internet network and MANET, we learned each method's the advantage and disadvantage through the various network environments. And also, we presented the optimization method of Hybrid combined Proactive with Reactive.

### 요 약

노드 자체에 라우팅 기능을 가지고 있어 자치 분산네트워크를 구성할 수 있는 MANET은 기존의 무선통신과는 많은 차이점을 가지고 있다. 향후 All-IP 시대를 대비하여 MANET 단말기 사용자가 언제, 어디서나 손쉽게 정보를 공유하기 위해서는 반드시 유선 인터넷 IP 망에 접속해야만 하고 이기종간의 중간매개체 역할을 하게 되는 게이트웨이의 구성이 필수적이다. 본 논문에서는 Proactive, Reactive, Hybrid 방식으로 MANET 망과 유선 인터넷 IP 망의 연결방법을 제안한 GMAHN 알고리즘<sup>13)</sup>을 이용하여 다양한 실험환경을 설정, 각 방식의 장단점을 살펴보았다. 또한 Proactive와 Reactive를 혼합한 Hybrid 방식의 최적화 방안을 제시하였다.

Keywords : Mobile Ad Hoc, MANET, Internet, Wired, Routing, Wireless communication

### 1. 서 론

MANET(Mobile Ad Hoc Network)은 Mobile IP와 같이 반드시 AP나 기지국을 통해 이동 서비스를 지원

하는 형태의 네트워크가 아니라 단말기 자체가 Ad-hoc 형태로 네트워크 라우팅 인프라 구조를 형성하는 자치분산 네트워크이다. 노드의 이동이 시시각각 변하는 MANET 환경에서는 MANET을 구성하는 각

노드들이 자유 자재로 이동하며 다양한 네트워크 토폴로지(Network Topology)를 구성하고 있다<sup>1)</sup>.

멀티홉 무선 네트워크에서는 이동노드들의 제한적인 전송거리 때문에 MANET 망의 이동노드들은 라우팅 기능을 가지고 있으며 상호간에 통신을 수행 한다<sup>5)</sup>.

이러한 MANET자체 내에서의 이동노드들이 유선 인터넷 IP 망에 접근할 수 있는 연결방식에 관한 다양한 라우팅 알고리즘이 개발되어오고 있는 실정이다.

MANET과 유선 인터넷 IP망의 연결을 위해서는 반드시 MANET과 유선 인터넷 IP 망사이에 이기종간의 네트워크를 연결할 수 있는 GW(게이트웨이)가 꼭 필요하며, MANET의 가장 대표적인 라우팅 프로토콜인 AODV(Ad hoc On demand Distance Vector)<sup>7)</sup>나 DSR(Dynamic Source Routing)<sup>6)</sup>그리고 OLSR(Optimized Link State Routing Protocol), ZRP(Zone Routing Protocol)<sup>11)</sup>을 이용하여 MANET과 유선 인터넷 IP 망사이 연결에 관한 연구가 진행되어오고 있다<sup>2)</sup>. 본 논문에서는 Ali Hamidian에 의해 제안된 GMAHN(Global Mobile Ad Hoc Network)알고리즘을 사용하여 다양한 실험환경을 통해 MANET과 유선 인터넷 IP 망을 연결하는 Gateway 설정 방법의 장단점을 분석, 가장 적응적인 방식을 비교 설명하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 GMAHN 환경에서의 Gateway 설정방식에 대해서 자세히 소개하며, 3장에서는 노드의 이동에 따라 발생하는 Handover의 개념, 4장에서는 노드와 노드사이에 주기적인 헬로우(Hello) 메시지를 통해 경로를 유지하는 경로유지방법, 5장에서는 성능 실험 결과, 마지막 6장에서는 결론으로 마무리짓는다.

## II. GMAHN에서의 Gateway설정 방식

MANET과 유선 인터넷 IP망과의 연결을 위해서는 GW의 설정이 무엇보다도 중요하다. 3가지 GW 접속

\* 정보통신 연구진흥원  
(Institute of Information Technology Assessment)  
\*\* 명지대 전자공학과  
(Dept. of Electronics Engineering, Myong Ji University)  
\*\*\* (주)씨에이엔에이 부설 연구소  
(Research Laboratory attached to CA&A. Inc)  
接受日:2006年 4月 11日, 修正完了日: 2006年 6月 17日

방식인 Proactive, Reactive, Hybrid 방식을 이용하여 각 방식의 역할과 기능 그리고 장단점을 비교 설명해 보았다.

### 1. Proactive방식

Proactive 방식은 GW(Gateway)가 자신의 반경안에 있는 MANET의 이동노드들에게 자신의 존재를 일정한 시간 단위마다 주기적으로 자신의 정보를 전달하는 방식으로써 AODV 라우팅 프로토콜에서 경로의 유지를 위해 사용되는 헬로우 메시지와 유사한 GA(Gateway Advertisement)메시지를 주기적으로 전송한다. 그림1은 Proactive 방식을 이용하여 GW가 반경 내에 있는 이웃MN에게 주기적으로 GA메시지를 전송하여 자신의 정보를 업데이트하고 있으며 그림2는 Proactive 와 Hybrid방식을 사용시 GW가 전송하는 GA 메시지 형식을 보여주고 있다.

GW가 전송한 GA메시지를 수신한 이동노드는 다음과 같은 과정을 수행한다.

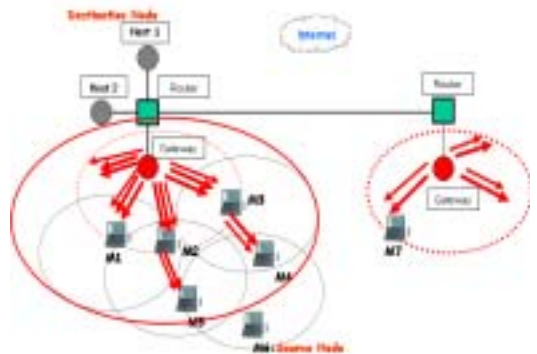


그림 1. GMAHN에서 Proactive방식을 이용한 GW설정  
Fig. 1. GW Setup usign Proactive method in GMAHN.

첫째 GA메시지를 수신한 노드가 과거에 GW에 대한 정보가 없는 경우, 수신한 노드의 라우팅 테이블에 GW의 주소 값을 저장하게 된다. GW주소 값을 저장한 후 GW의 홉카운트(Hop count)필드에 설정된 수만큼 자신의 이웃노드들에게 GW 정보를 포워딩(Forwarding)한다 .

Type	Reserved	Prefix sz	Hop count
RREQ ID			
Destination IP Address			
Destination Sequence Number			
Originator IP Address			
Life Time			
The format of a Gateway Advertisement message			

그림 2. GA메시지의 포맷  
Fig. 2. The format of a GA message.

둘째, GA메시지를 수신한 노드에 GW에 대한 정보가 있을때, 즉 과거에 GW정보를 수신한 경우에는 라우팅 테이블의 GW 시간데이터 필드(Field)를 업데이트하게된다. GW정보를 업데이트한 후 첫 번째 과정에서 수행했던 동일한 방식처럼 GA의 홉카운트 필드에 설정된 수만큼의 이웃노드들에게 GW위치 정보를 포워딩한다.

GW가 자신이 관리하고 있는 네트워크 환경내에 자신의 정보를 전송한 후 유선 기반망과의 통신을 원하는 이동 노드로부터 RREQ\_I(경로설정 요구패킷)을 수신하게 된다면 GW정보를 가지고 있는 이동 노드는 RREQ 패킷에 대한 응답 메시지를 RREQ\_I를 전송했던 현재 이웃노드에게 바로 전송함으로써 신속하게 유선 IP인터넷망과의 연결을 원할하게 한다. RREQ\_I 패킷은 AODV 에서 사용되는 RREQ 패킷과 구별되는 패킷으로 MANET 이동 노드가 유선 인터넷 IP망의 목적지 호스트 노드를 찾기 위해 GW를 향해 전송되는 패킷을 말한다. 표1은 경로설정에 사용되는 패킷리스트를 나타내고 있다. 아래 표1은 경로설정에 사용되는 패킷들을 나타내고있다.

표 1. 경로설정 패킷 리스트  
Table 1. Rroute setup packet list.

패킷종류	비고
RREQ	MANET내에서 경로설정에 사용되는 패킷
RREQ_I	MANET에서 유선 인터넷 IP망으로 경로설정에 사용되는 패킷
RREP	MANET에서 RREQ에 응답하는 패킷
RREP_I	GW에서 RREQ_I에 응답하는 패킷

## 2. Reactive 방식

Reactive 방식은 MANET에서 유선 기반망과의 통신을 원하는 이동 노드가 있는 경우 On Demand 방식으로 GW를 설정하는 방식이며 이동 애드혹 망에서 사용되는 기존의 AODV 라우팅 프로토콜의 경로설정 방식과 유사하다고 할 수 있다.

유선망과의 연결을 원하는 MANET 이동 노드는 다음과 같은 과정을 수행 하게된다.

첫째 유선망과의 연결을 원하는 MANET 이동 노드가 자신의 네트워크 영역 내에서 가장 근접한 GW를 찾기 위해서 RREQ\_I 패킷을 네트워크 환경 내에 있는 이웃 노드들에게 브로드 캐스트한다.

둘째 RREQ\_I 패킷을 수신하는 중간 노드는 GW에 대한 경로 정보가 있는 경우 이에 대한 응답 메시지인 RREP\_I 패킷을 생성하여 MANET 망에서의 이동 노드와 유선망과의 연결을 할수 있게 한다.

셋째 GW가 이동 노드로부터 전송된 RREQ\_I 패킷을 최종적으로 수신한경우 자신의 유선 기반망 호스트 노드의 주소와 이동 노드가 통신을 원하는 유선 기반망 목적지 노드의 주소와 일치하는 경우에는 똑같은 방식으로 RREP\_I 패킷을 생성하여 이동 노드에게 역방향 경로를 이용 유니캐스트 방식으로 경로 정보를 전송함으로써 경로설정을 완료한다.

## 3 Hybrid 방식

Hybrid 방식은 위에서 기술했던 Proactive 방식과 Reactive 방식을 혼합한 방법으로 Proactive 방식을 통해 지속적인 GA메시지를 주기적으로 전송함으로써 발생하는 네트워크 부하의 단점과 경로 설정시 발생하는 Delay 현상을 최소화 하기 위해 제안된 혼합형 방식이라고 할 수 있다.

또한 Hybrid 방식은 GW(GateWay)환경내에 있는 이동노드들에게 주기적으로 자신의 정보를 전송하기 때문에 경로 정보가 신속히 업데이트 될 뿐만 아니라 GW환경을 벗어난 MN에게는 On demand 방식으로 통신을 시작하기 때문에 네트워크 부하를 줄일 수 있다.

Hybrid 방식의 성능을 결정짓는 요소는 여러 가지가 있지만 그중에서도 GA 메시지의 주기와 GW가 관리하는 환경내 MN의 홉수라고 할 수 있다.

## III. GMAHN에서의 Handover

GMAHN에서 발생한 이동노드가 실행하는 Handover의 개념은 크게 2가지로 분류할 수 있다.

### (1)Route change

유선인터넷 IP망과 통신을 하고 있는 MN이 경로이탈로 인해 현재의 GW에서 새롭게 이동한 지역의 GW로 이동하는 경우에 MN은 경로를 재설정하여 변화된 GW와 통신을 재시작하는 경우이다.

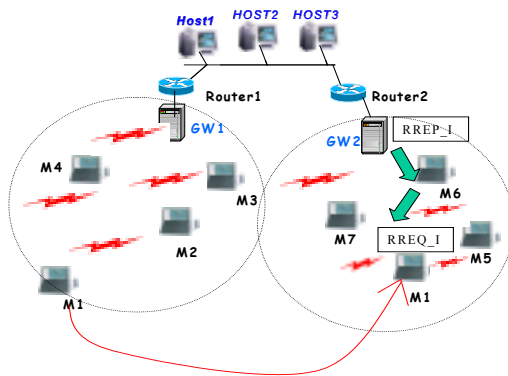


그림 3. 이동노드의 경로 이동  
Fig. 3. Route Change of Mobile Node.

노드와 노드사이 주기적인 헬로우 메시지를 교환을 통해 경로유지를 하는 GMAHN 환경에서는 MN의 경로이동과 동시에 에러를 감지하여 RERR(경로에러 메시지)를 이웃노드를 향해 브로드 캐스트로 전송한다. 또한 RERR 메시지를 받은후 MN과의 경로를 설정한 이웃노드들은 MN경로정보값을 자신의 라우팅테이블에서 제거한다.

한편 MN은 유선인터넷 IP망의 경로상의 GW와의 경로 재설정을 위해 자체내에서 생성한 RREQ\_I 패킷을 자신의 반경내에 있는 이웃노드들을 향해 전송한다. 최종적으로 RREQ\_I 패킷을 수신한 GW는 MN을 향해 RREP\_I패킷을 송신하여 MN과 새롭게 설정된 GW와의 경로가 설정되어 통신이 재시작된다.

그림3은 MN이 현재 서비스받는 GW1지역에서 다른 지역으로 이동하여 GW2를 재등록하는 과정을 보여주고 있다.

Proactive 방식에서 M1은 GW2의 관리반경에 도착한후, GW2가 전송하는 GA메시지를 수신한후 GW2의 정보를 자신의 라우팅 테이블에 저장한다. M1은 새롭게 설정된 GW2의 정보를 이용 유선인터넷 IP 망과의 연결을 재설정하게된다.

Reactive 방식에서는 M1노드 자체가 자체적으로 생성한 RREQ\_I 메시지를 이동한 지역의 GW2로 Broadcast방식으로 전송한다. 한편 M1이 전송한 RREQ\_I 메시지를 수신한 GW2는 경로응답 RREP\_I 메시지를 M1에게 전송하여 GW정보를 재설정하게 한다.

한편 M1과 통신을 하였던 과거의 GW1와 연결된 이동노드들(M2, M3, M4)은 M1의 경로이동후 에러를 판단한뒤 자체적으로 RERR 메시지를 전송하여 재설정된 경로정보를 업데이트 하게된다.

### (2)Route Optimization

GA(Gateway Advertisement)를 주기적으로 수신하는 MN은 현재 자신의 위치에서 최적의 GW를 설정하기 위해 주기적으로 현재 자신의 영역내의 GW 정보를 업데이트한다.

먼저 MN 입장에서, Route Optimization을 위해 GA 메시지를 수신할때마다 다음과 같은 과정을 수행하게 된다.

첫째, 현재 수신하는 GA가 자신의 라우팅 테이블에 저장된 GW인지 확인한뒤 동일한 GW라면 라우팅 테이블의 GW관리 시간필드만 업데이트 한다.

둘째, 만약 수신하는 GA의 송신주체(주소)가 아닌 다른 GW라면 새로운 GW의 패킷에 저장되어져 있는 GW Hop Count 와 현재 MN 라우팅테이블의 Gateway Hop Count를 비교하여 새로운 GW로부터 수신받는 Hop count 수가 더 적다면 아래의 과정을 수행한다.

셋째, MN은 가장 근거리내에 있는 GW를 새롭게 설정하며 동시에 Route Optimization 을 위해 자신의 라우팅테이블에 과거의 GW정보를 제거한뒤 새로운 GW로 재등록한다.

## IV. GMAHN의 경로유지

GMAHN에서는 AODV 라우팅 프로토콜을 이용하여 주기마다 전송되는 헬로우(Hello)메시지를 이용하여 경로 유지와 각 노드의 라우팅 테이블 관리를 수행한다.<sup>3)</sup>

이동 애드혹 네트워크상에 노드는 일정시간 마다 전송되는 헬로우 메시지의 수신을 통해 헬로우 메시지를 전송한 노드를 자신의 라우팅 테이블에 있는 이웃노드 리스트로 기록한다. 저장된 이웃노드리스트는 역

시 일정시간마다 수신되어지는 헬로우 메시지에 저장된 시간정보(Time Information)와 자신의 이웃노드 리스트에 기록된 시간정보와 비교하여 노드 정보의 유효 여부를 결정하게 된다. 경로상의 이웃노드로부터 일정 시간 안에 헬로우 메시지를 전송받지 못한 노드는 경로 에러메시지인 RERR메시지를 소스노드로 유니캐스트 하여 에러 발생 상황을 알리게 된다<sup>4)</sup>.

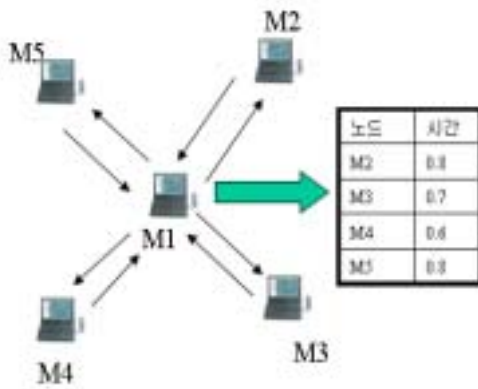


그림 4. 이웃노드 리스트  
Fig. 4. Neighbor node list.

그림4는 이동노드인 M1의 입장에서 자신의 반경내에 있는 이웃노드들의 리스트를 보여주고 있다. 각 노드가 관리하는 이웃노드 리스트는 주기적으로 발생하는 헬로우 메시지를 통해 관리되며 수신시 헬로우 메시지에 기록된 시간필드에 의해 유지된다<sup>8)</sup>.

MN이 해당지역을 벗어나 이동하는 경우에는 헬로우 메시지를 수신하지 못하게 된다. 따라서 노드의 이웃노드리스트의 시간필드가 Time Out 이 되어 자동 폐기되고, 라우팅테이블의 Next Hop 정보도 소멸된다. 업데이트된 이웃노드 리스트 정보는 동시에 라우팅 테이블에도 반영되어 경로상의 업데이트에 이용된다<sup>9)</sup>.

### V. 실험결과

본 논문에서는 카네기 멜론 대학과 UC Berkeley에서 개발한 구동 네트워크 시뮬레이터 NS2(Network Simulator2)<sup>11)</sup>를 이용하여 유선망과 이동 애드 혹 망과의 Internet Access Solution의 성능평가를 측정하였다.

표2는 실험환경에 사용한 하드웨어(Hardware)와 소프트웨어(Software)를 나타내고 있고 아래의 표3은 실험

환경과 실험에 사용된 파라미터(Parameter)값을 보여주고 있다.

그림5는 표3의 파라미터 값을 설정, 시뮬레이션 결과를 NAM Editor를 사용한뒤 시뮬레이션 한후 발생한 이벤트의 일부분이다<sup>12)</sup>.

X, Y 2차원 평면으로 구성된 전체 네트워크 토폴로지 반경은 800[m]X500[m]으로써 노드의 이동속도는 최대 20 [m/s] 로 이동중이며, 통신에 참여하는 이동노드는 15개이고 유선 인터넷 IP망에서의 GW와 라우터, 호스트의 수는 각 2개씩 설정되어 있다<sup>13)</sup>.

통신에 실질적으로 참여하는 실제흐름(Active Flow) 수는 5개이며 소스노드가 MANET 에 위치하고, 목적지 노드는 유선인터넷 IP망에 있는 시나리오로 구성되어져 있다.

표 2.시뮬레이션 실험환경  
Table 2. Simulation Environment.

<b>Hardware</b>		Pentium4 1.7GHz CPU
<b>O/S</b>		WOW Linux 7.3
<b>Software</b>	Simulator	NS-v2.19b
	Language	C++, Tcl
	Scenario file	10

표 3.시뮬레이션 파라미터  
Table 3.Simulation Parameter

Parameter	Value
Tansmission range	250 [m]
Simulation time	900 [s]
Topology size	800 [m] × 500 [m]
Number of mobile nodes	15
Number of sources	5
Number of gateways	2
Traffic type	constant bit rate
Maximum speed	20 [m/s]



그림 5. NAM 애니메이션

Fig.5. NAM animation.

**1.DRR(Data Reception Rate)**

GMAHN의 GW의 3가지 설정방식인 Proactive, Reactive, Hybrid방식을 이용하여 실험결과를 측정하였다. 시나리오는 MANET에서 유선인터넷 IP 망으로 전송되는 5개의 흐름(Active flow)와 15개의 MN을 사용하여 데이터 수신율을 측정하였다. 측정된 데이터 수신율은 시나리오에 근거한 통신에 참여한 노드들의 데이터 패킷수신율을 나타내고 있다.

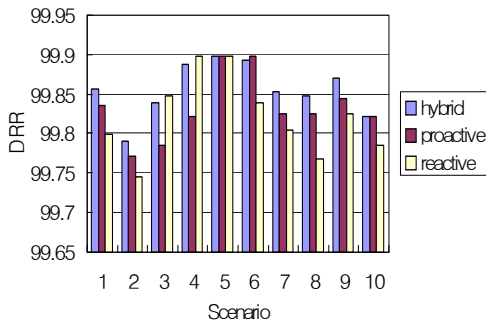


그림 6. 데이터 수신율

Fig. 6. Data Reception Rate.

그림 6은 Proactive, Reactive, Hybrid 방식의 데이터 수신율을 나타내고 있다. X축은 시나리오의 이름을 나타내며 1에서 10 까지 총 10개의 랜덤 시나리오를 사용하였다. Y축은시물레이션 900초 동안 수신노드의 데이터 수신율(%)을 나타내고 있다.

Proactive 방식과 Reactive 방식을 혼합한 Hybrid

방식이 전체적으로 가장 높은 수신율을 나타내고 있으며 Reactive 방식은 상대적으로 적은 수신율을 나타내고 있다. 주기적으로 네트워크 상의 모든 노드에게 자신의 정보를 전송하는 Proactive 방식은 3가지 방식중 중간정도의 데이터 수신율을 가지고 있다.

**2. Overhead**

표4에서는 GMAHN에서 사용되는 Overhead 패킷을 5개로 구분하여 나타내고 있다. 먼저 경로설정에서 사용되는 RREQ, RREQ\_I패킷 그리고 이에 대한 응답으로 사용되는 RREP, RREP\_I 패킷 그리고 노드간의 경로유지에 사용되는 헬로우 메시지, 경로상에 에러가 발생하였을 경우 노드 자체적으로 생성되는 RERR 메시지이다.

표 4. 부하 패킷 리스트

Table 4. Overhead Packet List.

패킷종류	비고
RREQ	MANET내에서 경로설정에서 사용되는 패킷
RREQ_I	MANET에서 유선 인터넷 IP망으로 경로설정에서 사용되는 패킷
RREP	MANET에서 RREQ에 응답하는 패킷
RREP_I	GW내에서 RREQ_I에 응답하는 패킷
HELLO	경로유지에 사용되는 패킷
RERR	경로가 발생되었을때 생성되는 에러메시지
GA	GW가 주기적으로 전송하는 메시지

ROUTING OVERHEAD

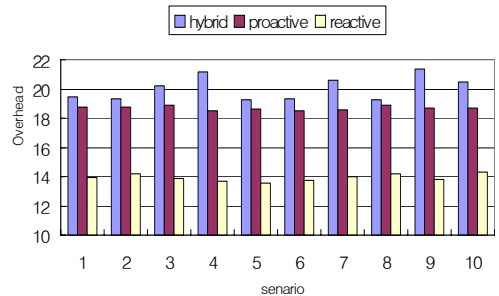


그림 7. 라우팅 오버헤드율

Fig. 7. Routing Overhead Rate.

그림7은 Proactive, Reactive, Hybrid 방식에서 시물레이션 900초 동안 발생한 부하 패킷율을 보여주고 있다. 부하패킷율은 발생한 부하패킷에서 수신된 데이터 패킷을 나눈값을 의미한다.

주기적으로 네트워크 상의 모든 노드에게 자신의 정보를 전송하는 Proactive 방식은 GA의 메시지의 부하패킷이 부하율에 상당한 영향을 미치게되며 GA의 주기간격이 전체 네트워크 성능의 Key Point 가 될 수 있다. 전체 10개의 시나리오를 기준으로 하여 부하율을 측정해본 결과 Hybrid 방식이 가장 많은 부하율을 보이고 있는 반면에 On demand 방식으로 통신의 요구가 있을 경우에만 통신을 하는 Reactive 방식에서는 상대적으로 적은 부하율이 나타난다.

Proactive 와 Reactive 방식을 결합한 Hybrid 방식에서는 주기적으로 전송하는 GA 메시지외에 경로요구가 있는 경우에만 동작하는 Reactive 방식에서의 부하패킷율을 더한값이기 때문에 많은 부하율을 나타내고 있다.

**3. 헬로우 메시지 주기**

헬로우 메시지는 GMAHN에서 MN 자체적으로 일정한 주기마다 전송되는 패킷으로써 MN사이의 경로유지에 활용되어 라우팅 테이블, 이웃노드 테이블을 관리한다. 주기적으로 전송되는 헬로우 메시지는 노드와 노드사이의 경로유지에 관여하며 네트워크 성능을 결정짓는 키포인트(Key point) 역할을 수행한다.

본 실험은 헬로우 메시지의 주기에 따른 Proactive, Reactive, Hybrid방식의 데이터 수신율, 라우팅오버헤드, 경로설정시간을 비교분석하였다.

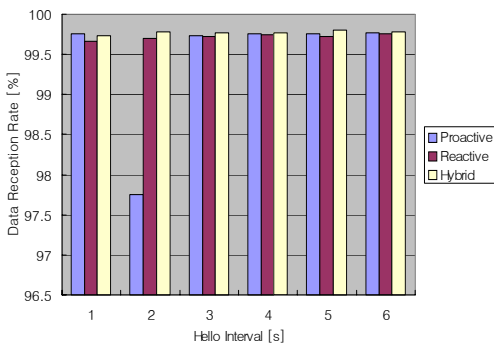


그림 8. 헬로우 메시지 주기에 따른 데이터 수신율  
Fig. 8. Data Reception Rate according to Hello Interval

그림8은 헬로우 메시지 주기에 따른 데이터 수신율을 보여주고 있다. X축은 1초에서부터 6초까지 각노드에서 주기적으로 전송되는 헬로우 메시지의 간격을 나타내고 있고, Y축은 헬로우 메시지 주기에 따른 데이터 수신율을 나타낸다. 데이터 수신율 관점으로 살펴볼때 노드와 노드사이에서 주고받는 헬로우 메시지의 주기는 실제 통신에 참여하는 흐름(flow)이 5개밖에 안되는 실험환경상 데이터 수신율에는 거의 영향이 없지만, 그림9의 네트워크 부하입장에서 살펴본다면 큰 영향을 미치게 된다는 것을 알 수 있다.

그림9는 헬로우 메시지 주기에 따른 네트워크 부하 메시지수를 나타낸다. 헬로우 메시지의 간격이 짧을수록 그만큼 헬로우 메시지의 송신 횟수가 빈번 하게되어 결국은 네트워크 부하패킷수를 증가시키게 된다.

헬로우 메시지의 주기가 길어질수록 MN이 주고받는 헬로우 메시지의 빈도수가 감소되어 네트워크 부하패킷수는 그만큼 감소가 된다. 네트워크의 성능은 데이터 수신율 입장뿐만 아니라 네트워크 부하를 고려해야 하기 때문에 단순히 데이터 수신율이 높다고 해서 전체네트워크 성능이 좋다는 것은 아니라 할 수 있다.

그림 10은 헬로우 메시지 주기에 따른 End to End Delay를 나타낸다. 주기적으로 GW가 자신의 정보를 네트워크 반경내에 있는 MN 에게 전송하는 Proactive, Hybrid 방식에서의 End to End Delay는 Reactive 방식보다 훨씬 짧다고 할수 있다.

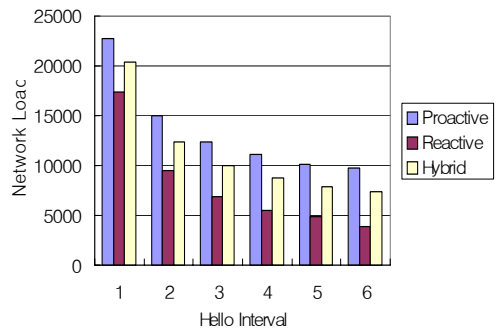


그림 9. 헬로우 주기에 따른 네트워크 부하  
Fig. 9. Network Load according to Hello Interval

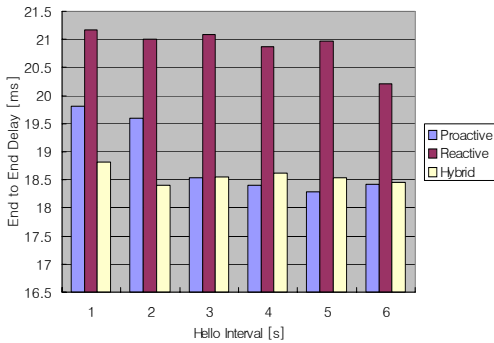


그림 10. 헬로우 주기에 따른 End to End Delay  
Fig. 10. End to End Delay according to Hello Interval

네트워크경로 정보를 주기적으로 전송하여 노드들에게 제공하는 2가지 방식에 비해 Reactive 방식은 각 노드에 통신의 요구가 있을경우에만 동작이 되는 방식이기 때문에 네트워크 경로업데이트에 Delay 시간이 더 소요된다고 할수 있다. Proactive, Hybrid 방식이 네트워크 부하면에서는 Reactive 방식보다는 낮은 성능을 보여주지만 많은 부하를 주면서 빠른 경로 정보를 업데이트 할 수 있다는 점이 특징이라고 할 수 있다.

4. 노드 이동속도

(1) 데이터 수신율

MANET은 유선인터넷 IP 망과는 달리 이동노드 자체가 시시각각으로 이동하는 환경이며 Network의 topology가 유동적이기 때문에 이동노드의 속도가 네트워크 성능에 많은 영향을 미치게된다. 그림 11은 노드이동속도에 따른 데이터 수신율을 보여주고 있다. 전체적으로 노드의 이동속도가 증가함에 따라 Proactive, Reactive, Hybrid 방식 모두 데이터 수신율의 감소를 나타내고 있다. 노드의 이동속도가 높은 환경일수록 주기적으로 GW의 정보를 MN에게 전송하여 경로정보를 업데이트 하는 Proactive 방식에서는 Reactive 나 Hybrid 방식보다는 데이터 수신율이 높게 나타나고 있으며 통신상의 경로요구가 있을때 동작하는 Reactive 방식에서는 경로정보의 업데이트에 Delay가 발생되어 데이터 수신율에 영향을 미치게 되어 Proactive 나 Hybrid 방식보다는 적은 수신율을 보이고 있다.

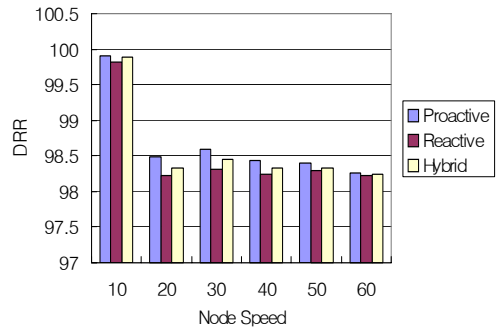


그림 11. 노드 이동속도에 따른 데이터 수신율  
Fig. 11. Data Reception Rate according to Node movement speed.

5. Hybrid 방식의 최적화 방안

본 실험은 Proactive와 Reactive 방식을 혼합한 Hybrid 방식의 최적화 방안에 대해 2가지 관점을 가지고 살펴보았다. Hybrid 방식은 GW가 인접 경로내의 MN들에게 지속적으로 GA메시지를 전송하여 주기적으로 자신의 정보를 업데이트 하여 신속한 경로정보를 제공하는 Proactive 방식과 통신의 요구가 있는 경우에만 동작하는 Reactive 방식의 장점을 수용하였다. 때문에 Hybrid 방식의 성능을 결정짓는 요소는 GW가 인접 경로의 MN들에게 주기적으로 전송하는 GA메시지의 주기(Interval)와 GW가 MN들을 관리하는 반경거리(Hop count)에 따라 달려있다.

아래 실험은 GW가 전송하는 GA의 주기와 GW가 관리하는 MN과의 반경거리의 영향에 대한 실험성능 결과를 보여주고 있다.

(1) GA 주기의 영향

그림 12는 Hybrid방식을 이용, GA의 주기에 따른 데이터 수신율을 노드의 이동속도에 따라 나타난 결과를 보여주고 있다. 노드 이동속도 기준으로 살펴볼때 전체적으로 GA의 주기가 짧을수록 GW와 MN사이의 경로정보가 빠르게 업데이트 되기 때문에 데이터 수신율이 높게 나타났다. 노드가 이동속도가 20m/s 인 경우는 10m/s 와 5 m/s 와 비교해볼때 적은 데이터 수신율을 나타내었다. 노드의 이동속도가 빠르면 네트워크의 topology 환경이 유동적으로 변화하기 때문에 데이터 수신율에 영향을 주었기 때문이라고 할 수 있다.



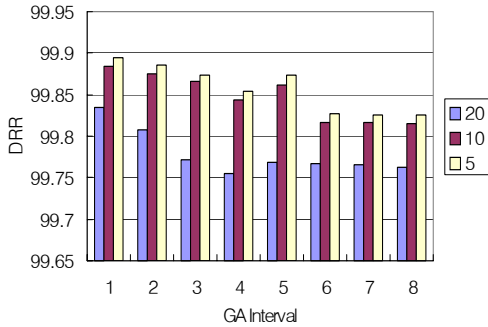


그림 12. GA 주기에 따른 데이터 수신율  
Fig. 12. Data Reception Rate according to GA Interval.

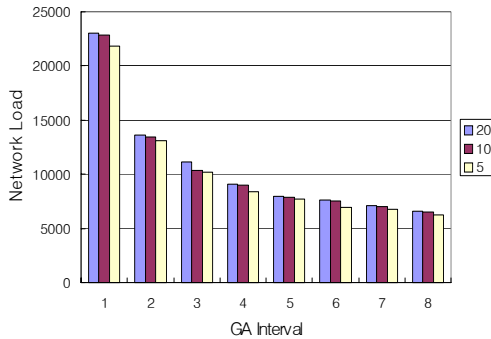


그림 13. GA 주기에 따른 네트워크부하  
Fig. 13. Network Load according to GA Interval.

그림 13은 Hybrid방식을 이용, GA의 주기에 따른 네트워크 부하를 노드의 이동속도에 따라 나타난 결과를 보여주고 있다. 노드 이동속도 기준으로 살펴볼때 전체적으로 GA의 주기가 짧을수록 GW와 MN사이의 경로정보가 빠르게 업데이트 되는 장점을 가지고 있지만 GW경로 정보 업데이트에 사용되는 GA 메시지의 증가에 따른 네트워크 부하가 증가되는 점을 살펴볼수 있다. 5 m/s에서 20m/s 로 노드 이동속도가 증가되면서 빈번한 네트워크 토폴로지의 변경으로 인해 생성되는 네트워크부하도 증가된다.

그림 14는 Hybrid방식을 이용, GA의 주기에 따른 End to End Delay를 노드의 이동속도에 따라 나타난 결과를 보여주고 있다. 노드 이동속도 기준으로 살펴볼때 전체적으로 GA의 주기가 짧을수록 GW와 MN사

이의 경로정보가 빠르게 업데이트 되기 때문에 End to End Delay가 적게 된다. 노드의 이동속도가 5 m/s에서 20m/s 로 증가할수록 경로유지에 사용되는 네트워크 부하가 증가되어 전체 네트워크 성능에 영향을 미치게되어 End to End Delay가 높게 나타난다.

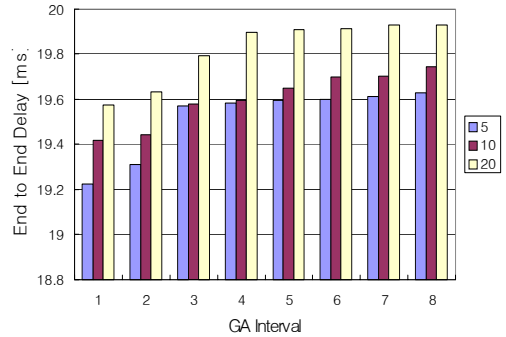


그림 14. GA 주기에 따른 End to End Delay  
Fig. 14. End to End Delay according to GA Interval.

## 2) GW와 MN의 Hop수의 영향

그림 15는 GW가 관리하고 있는 반경내의 MN과 홉(Hop)수의 영향을 GA주기에 따라 나타난 결과중에서 데이터 수신율 나타내고 있다. X축은 GW가 관리하고 있는 MN과의 홉수를 그리고 Y축은 데이터 수신율을 나타낸다.

GA주기를 기준으로 살펴볼때는 GA 주기가 짧을수록 GW와 MN과의 경로정보의 업데이트가 신속히 이루어지기 때문에 높은 데이터 수신율을 보이고 있다.

또한 GW 와 MN사이의 Hop수의 길이가 클수록 GW가 관리하는 MN이 많아져 GW관리 반경이 넓어지기 때문에 경로정보가 신속히 반영되어 데이터 수신율이 높게 나타났다.

그림 16은 GW가 관리하고 있는 반경내의 MN과 홉(Hop)수의 영향을 GA주기에 따라 나타난 결과중에서 네트워크부하를 나타내고 있다. GA주기를 기준으로 살펴볼때 GA 주기가 짧을수록 GW와 MN과의 경로정보의 업데이트가 신속히 이루어지기 지는 반면 빠른 업데이트에 사용되는 네트워크 부하패킷의 증가를 살펴볼 수 있다. 또한 GW가 관리하는 MN의 반경이 넓어질수록 GW 정보를 MN에 주기적으로 전송 해야만 하는 GA 메시지의 증가로 네트워크 부하가 나타

난다.

그림 17은 GW가 관리하고 있는 반경내의 MN과 홉(Hop)수의 영향을 GA 메시지 주기에 따라 나타낸 결과중에서 End to End Delay를 나타내고 있다. GA 주기를 기준으로 살펴볼때 GA 주기가 짧을수록 GW와 MN과의 경로정보의 업데이트가 신속히 이루어지기 지기 때문에 전체적인 End to End Delay가 적게된다. 또한 GW와 MN사이의 홉수가 멀어질수록 GW가 자신의 정보를 MN에 주기적으로 전송하는 반경이 넓어져 GW의 경로정보를 제공받는 MN의 증가로 인해 경로정보가 빠르게 업데이트되어 전체적인 End to End Delay의 감소현상을 볼수 있다.

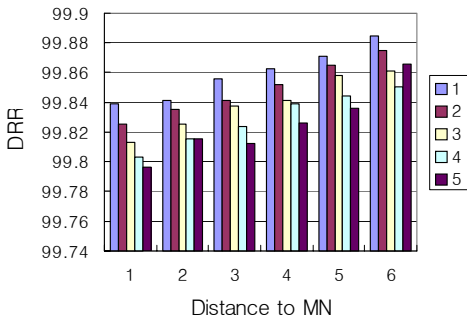


그림 15. GW와 MN사이의 거리에 따른 데이터 수신율

Fig. 15. Data Reception Rate according to distance between GW and MN.

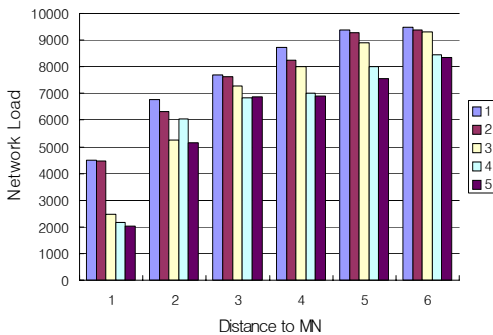


그림 16. GW와 MN사이의 거리에 따른 네트워크부하  
Fig. 16. Network according to distance between GW and MN.

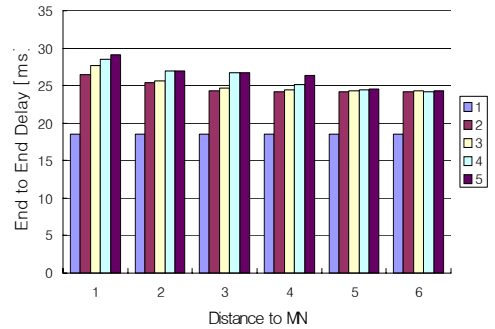


그림 17. GW와 MN사이의 거리에 따른 End to End Delay

Fig. 17. End to End Delay according to distance between GW and MN.

## VI. 결론

본 논문에서는 이기종 망인 MANET과 유선인터넷 IP 네트워크망과의 연동을 위해 제안된 GMAHN(Global Mobile Ad Hoc Network)알고리즘을 아래의 다양한 네트워크 환경하에서 성능 평가를 수행하였다.

MANET망에서 유선인터넷 IP망과의 연결을 위해 설정된 3가지 방식(Proactive, Reactive, Hybrid)의 데이터 수신율, End to End Delay, 네트워크부하를 측정하였으며 MN간 경로유지를 위해 주고받는 헬로우 메시지 주기와 MN의 노드 이동속도에 따라 변화되는 데이터 수신율, End to End Delay, 네트워크부하율을 비교 분석하였다. 또한 Proactive 와 Reactive를 혼합한 Hybrid방식의 GA 주기와 GW와 MN 사이의 홉(Hop) 수의 영향을 통해 Hybrid방식의 최적화 방안을 제시하였다.

본 논문을 통해 얻을 수 있었던 결론은 다음과 같다.

1. Proactive 방식과 Reactive 방식을 혼합한 Hybrid 방식이 전체적으로 가장 높은 수신율을 나타내었다.
2. 네트워크 부하율을 측정해본 결과 Hybrid 방식이 가장 많은 부하율을 보이고 있으며 반면에 On demand 방식으로 통신의 요구가 있을경우에만 통신을 하는 Reactive 방식에서는 상대적으로 적은 부하율을 나타내었다.
3. Proactive, Hybrid 방식이 Reactive 보다는 네트워크 부하면에서는 영향을 많이 받지만 빠른 경로 정보를 업데이트 할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

4. MN의 경로유지에 사용되는 헬로우 메시지의 주기간격은 네트워크 부하증가를 일으켜 전체 성능에 영향을 미친다.

5. MANET의 MN 이동 속도가 증가함에 따라 네트워크부하패킷의 증가로 전체 데이터 수신율의 감소 End to End Delay 증가를 발생하게 된다.

6. Proactive, Hybrid 방식에서는 GA의 주기가 짧을 수록 GW와 MN사이의 경로정보가 빠르게 업데이트 되기 때문에 데이터 수신율이 높은 반면 빠른 업데이트를 위해 소요되는 네트워크 부하는 크다.

7. Proactive, Hybrid 방식에서는 GW와 MN사이의 흡수가 클수록 GW의 관리 반경이 넓어 주기적으로 MN에게 GW정보를 주기적으로 전송할 수 있어 전체 네트워크의 데이터 수신율의 증가, End to End Delay의 감소를 발생시키지만 네트워크부하를 유발할 수 있는 단점도 있다.

향후 지속적으로 지향할 연구 분야는 Scalable 하고 Dynamic 한 네트워크 환경하에서 MANET 망과 유선 인터넷 IP 망의 연결방식을 통해 실질적인 네트워크 환경을 구성하는 것이다. 그리고 이러한 환경하에서 다중 경로를 제공하는 Back up 라우팅, 그리고 멀티미디어, VOD서비스를 제공하는 QoS분야를 들 수 있다.

### 참 고 문 헌

[1] E. M. Royer and C.-K. Toh, "A Review of Current Routing Protocols for Ad-Hoc Mobile Wireless Networks", IEEE Personal Communications, April 1998, pp. 46-55.

[2] C.-K. Toh, "Ad Hoc Mobile Wireless Networks Protocols and Systems", Prentice Hall PTR, 2002, pp.13-25.

[3] C. E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly DynamicDestination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers", Computer Communication, October 1994, pp.234-244.

[4] T. Clausen, P. Jacquet, A. Laouiti, P. Minet, P. Muhlethaler, A. Qayyum and Laurent Viennot, "Optimized Link State Routing Protocol", Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-olsr-07.txt, December 2002.

[5] R. G. Ogier, M. G. Lewis and F. L. Templin,

"Topology Broadcast Based on Reverse-Path Forwarding", Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietfmanet-tbrpf-06.txt, November 2002.

[6] D. B. Johnson, D. A. Maltz, Yih-Chun Hu and J. G. Jetcheva, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)", Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-dsr-07.txt, February 2002.

[7] C. E. Perkins, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-aodv-12.txt, November 2002.

[8] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing", proceedings of the 2nd IEEE workshop on Mobile Computing Systems and Applications, New Orleans, LA, February 1999, pp. 90-100

[9] V. Park and M. Corson, "Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA) Version 1-Functional Specification", Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietfmanet-tora-spec-02.txt, October 1999.

[10] Z. J. Haas and M. R. Perlman, "The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks", Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-zone-03.txt, March 2000.

[11] The Network Simulator-NS2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns> [9] K. Fall and K. Varadhan, Eds., "ns notes and documentation," 1999; available from <http://www.isi.edu/nsnam/ns> .

[12] B. Wiberg, "Porting AODV-UU implementation to ns-2 and Enabling Trace-based Simulation", UPPSALA University Master's Thesis in Computer Science, December 18, 2002

[13] Ali Hamidian, A Study of Internet Connectivity for Mobile Ad Hoc Networks in NS 2, Master's thesis, Lund Institute of Technology, Sweden, January 2003

저 자 소 개

정찬혁 (정회원)



2000년 : 명지대 전자공학 공학학사  
 2002년 : 명지대 전자공학 공학석사  
 2005년 : 명지대 전자공학 박사과정 수료  
 2005년 ~ 현재 : 정보통신 연구진흥원 연구원  
 <주관심분야>  
 Ad Hoc Network, 센서네트워크, 이동통신

오세덕 (정회원)



2001년 : 호서대학교 전자공학 공학학사  
 2003년 : 명지대학교 전자공학 공학석사  
 2006년 : 명지대학교 전자공학 박사과정  
 <주관심분야>  
 Embedded system, Ad Hoc Network

김현욱 (정회원)



1978년 : 고려대 전자공학 공학학사  
 1980년 : 고려대 전자공학 공학석사  
 1987년 : 고려대 전자공학 공학박사  
 1980년 ~ 1981년 : 동양전문대 전자공학과 전임강사  
 1981년 ~ 1988년 : 명지대 전자공학과 전임강사

1988년 ~ 1990년 : Department of Computer Science of Arizona State University Adjunct Faculty  
 1990년 : 명지대 전자공학과 교수  
 2005년 ~ 현재 : 명지대 공과대학 대학장  
 <주관심분야>  
 Embedded system, Ad Hoc Network

이광배 (정회원)



1979년 : 고려대학교 전자공학 공학학사  
 1981년 : 고려대학교 전자공학 공학석사  
 1984년 ~ 1986년 : Univ. of Southern California, 컴퓨터공학 공학석사  
 1986년 ~ 1991년 : Arizona state Univ., 컴퓨터공학 공학박사  
 1992년 ~ 현재 : 명지대학교 전자공학과 교수

1998년 ~ 1999년 Worchester Polytechnic Institute 대학 WINLAB 연구실 방문 연구 교수  
 1999년 ~ 2000년 : Columbia 대학 COMET 연구실 방문 연구 교수

<주관심분야>

Embedded system, Ad Hoc Network

유충열 (정회원)



1988년 : 명지대학교 전자공학 공학학사  
 1991년 : 명지대학교 전자공학 공학석사  
 1996년 : 명지대학교 전자공학 공학박사  
 1994년 : Hawai University 아-태 교류센터 수료.

1994년 ~ 1999년 : 여주대학 정보통신과 부교수  
 2000년 ~ 2003년 : 동아방송대학 인터넷방송과 겸임교수  
 2005년 ~ 현재 : 안성지방자치연구소 정책실장  
 2003년 ~ 현재 : 명지대 방목기초교육대학 조교수 컴퓨터분야

<주관심분야>

Ad Hoc Network, Computer Architecture

문 태 수 (정회원)



1990년 : 명지대학교 전자공학 공학학사  
 1993년 : 명지대학교 전자공학 공학석사  
 2000년 : 명지대학교 전자공학 공학박사  
 1995. 05. 01 ~ 2000. 02. 28 : 성남기능대학 자동화시스템과 교수  
 2000. 03. 02 ~ 2006. 02. 28 : 신성대학 컴퓨터공학부 멀티미디어전공 교수

2006. 03. 06 ~ 현재 : (주) 씨에이엔에이 부설 연구소장  
 <주관심분야>

유·무선통신 및 네네트워크, 임베디드 시스템