

# Mobile Ad-hoc Networking에서의 C-NODE를 이용한 Routing Protocol에 관한 연구

최 봉 한\*

## A Study on Routing Protocol using C-NODE for Mobile Ad-Hoc Networking

Choi-Bong Han \*

### 요 약

본 논문에서는 Ad Hoc Network에서 사용되는 proactive 라우팅 프로토콜과 reactive 라우팅 프로토콜의 혼합인 hybrid 라우팅 프로토콜에 대해 제안하였다. 본 논문에서는 기존의 hybrid 라우팅 프로토콜이 ZRP와는 달리 Ad hoc 네트워크를 구성하는 노드들 중에 네트워크 서비스를 제공하는 특별한 노드를 설정하여 라우팅 하는 방법을 제안한다. 이러한 역할을 해주는 특별한 노드를 본 논문에서는 C-Node라 부른다. C-Node를 이용한 라우팅으로 기존의 라우팅 프로토콜보다 경로 설정 시간과 flooding 시간을 줄임으로서 효율적인 라우팅을 수행할 수 있게 된다.

### Abstract

This thesis proposes hybrid routing protocol that mix proactive routing protocol and reactive routing protocol used in Ad hoc network. Proposed method is that establish special node offering network service of nodes which construct Ad hoc network and do routing different from existing hybrid routing protocol, ZRP. Special node doing these parts is called C-node. Routing using C-node can accompany efficient routing by decreasing path institution time and flooding time than existing routing protocol.

▶ Keyword : ZRP : zone routing protocol , DSDV : Destination-Sequence Distance Vector  
WRP : Wireless Routing Protocol , CGSR : Clusterhead Gateway Switch Routing  
DSR : Dynamic Source Routing , AODV : Ad-hoc On-demand Distance Vector

---

• 제1저자 : 최봉한  
• 접수일 : 2006.03.09, 심사완료일 : 2006.03.22  
\* 순천제일대학 컴퓨터과학과 조교수

## 1. 서론

Ad hoc 네트워크는 고정된 유선망을 가지지 않고 이동 노드들만으로 구성된 네트워크로서 유선망을 구축하기 힘들거나 단기간 동안만 사용하는 경우에 적합하다. Ad hoc 네트워크의 형태가 수시로 변화하는 특성 때문에 최적화된 경로를 찾고 유지하는 것은 매우 중요하며 어려운 일이다. 그래서 ad hoc 네트워크에 사용하는 라우팅 알고리즘은 네트워크의 형태 변화에 민첩하게 대응할 수 있어야만 한다. 그리고 두 단말간의 통신을 위해서는 중간 단말을 통해 중계기의 역할을 수행하는 멀티 홉 경로 설정이 필요하다. 현재 ad hoc 네트워크에서 사용되는 라우팅 프로토콜은 크게 proactive protocol과 reactive protocol이 사용된다[1][2].

proactive protocol(table-driven)은 각각의 이동 노드가 네트워크 내의 모든 경로를 유지하고 있기 때문에 경로의 요구시 최적의 경로를 설정 할 수 있다. 그러나 최신의 라우팅 정보를 유지하기 위해 제어 패킷을 통해 주기적으로 정보를 갱신해야 하므로 실제 전달하는 데이터 외에 많은 양의 트래픽을 유발하는 단점을 가지고 있다. proactive protocol의 단점을 보완하기 위해 reactive protocol에서는 특정 목적지에 대한 경로를 요구하였을 때만 경로 설정을 수행한다. 설정된 경로는 목적지 노드에 더 이상의 요구 패킷이 없거나, 목적지까지의 경로를 사용할 수 없을 때까지 경로 유지는 계속 수행된다. 이 프로토콜의 단점은 경로 설정 과정에서 지연이 발생을 한다는 점과 홉 거리에 따른 관점에서 볼 때 최적의 경로를 보장하지 못한다는 점이다[3]. 이러한 proactive protocol과 reactive protocol의 혼합 protocol인 zone routing protocol(ZRP)이 있다.

ZRP는 전체 네트워크를 몇 개의 zone으로 구성하여 이것을 기반으로 한 계층적 라우팅 방식을 이용하여 proactive 절차의 범위를 이웃 노드 범위로 제한한다. 한편 전역적인 검색은 모든 노드들에 질의하는 대신에 선택된 노드에게만 질의함으로써 효율적으로 수행된다. 따라서 네트워크 내에 새로운 링크가 생성되면 proactive protocol은 위상 변화가 네트워크 전체에 영향을 미치지만 ZRP는 변화가 발생한 이웃 노드들에게만 영향을 미친다.

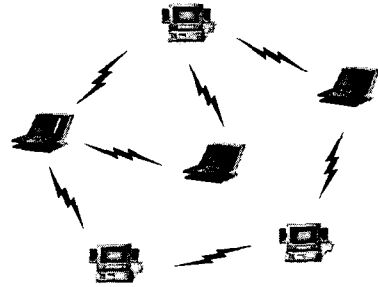


그림 1. Ad-hoc Network  
Fig 1. Ad-hoc Network

본 논문에서는 네트워크 영역 또는 존을 기반으로 하기 보다는 특정 노드를 중심으로 한 라우팅 방법을 제안하였다. 본 논문에서 네트워크를 구성하는 일반 노드들을 위해 서비스를 해주는 노드를 C-Node라 부른다. 이러한 C-Node와 일반 노드들 사이의 경로는 양방향으로 항상 유지되고, 일반 노드들 사이의 경로는 on-demand 방식으로 설정된다. 그리고 C-Node에서는 경로 설정 및 유지를 위해 DSR을 이용하게 된다.

(그림 2)는 C-Node가 하나인 ad hoc 네트워크를 보여 주고 있다.

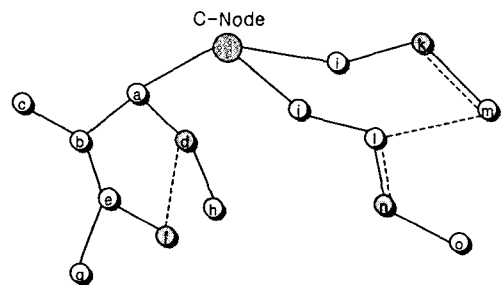


그림 2. C-Node가 하나인 ad hoc network  
Fig 2. Ad hoc network which a C-Node is one

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 라우팅 프로토콜에 대하여 알아보고, 3장에서는 제안한 라우팅 방법에 대하여 설명한다. 4장에서는 제안한 라우팅 프로토콜의 성능을 평가하고, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

## II. 기존의 라우팅 기법

### 2.1 Table-driven 라우팅 프로토콜

Ad hoc 네트워크를 구성하는 모든 노드는 주기적으로 라우팅 정보를 다른 노드들에게 전달하고, 라우팅 경로 변경시는 자신의 라우팅 정보를 방송하여 다른 노드들의 라우팅 테이블 갱신을 유도한다. 이 프로토콜은 다른 노드들에 대한 주기적인 라우팅 정보를 유지함으로써 전송 필요시 별도의 경로 획득 절차 없이 라우팅 테이블의 정보를 이용하여 전송하므로 경로획득 지연시간이 짧은 장점이 있다. 그러나 노드들이 빈번하게 이동하는 ad hoc 네트워크에서 다른 노드들의 라우팅 테이블 갱신을 위한 라우팅 정보를 방송해야 하므로 라우팅 패킷으로 인한 오버헤드가 발생하여 성능저하에 많은 영향을 미치는 단점이 있다. 따라서 이 방식은 노드의 숫자가 적은 소규모 ad hoc 네트워크에 적합하나, 중대형 네트워크에서는 많은 단점을 가지고 있다[4].

이러한 라우팅 프로토콜로는 DSDV(Destination Sequence Distance Vector) 라우팅 프로토콜, 라우팅 정보를 이웃한 이웃 노드에게만 전파하여 오버헤드를 감소시킨 WRP(Wireless Routing Protocol)과 DSDV 라우팅 프로토콜에서 라우팅 정보를 감소시키기 위하여 이동 노드들을 계층적으로 분류한 CGSR(Clusterhead Gateway Switch Routing) 프로토콜이 있다. 그러나 Table-driven 방식은 ad hoc 환경에 적용하기에는 많은 문제점이 존재하여 자체로는 각광 받지 못하였고 이를 개선한 알고리즘으로 발전하게 되었다.

### 2.2 On-demand 라우팅 프로토콜

이 라우팅 프로토콜은 table-driven의 단점을 해결하기 위하여 모든 노드가 빈번하게 이동하는 ad hoc 네트워크 환경에 적합하도록 제안된 프로토콜로서 네트워크 내의 모든 이동 노드에 대한 전체 경로를 항상 유지하는 것이 아니라 데이터 전송 필요시에만 경로 획득 절차를 수행한다. 따라서 주기적인 라우팅 정보 방송과 이동시 변경된 라우팅 정보를 방송할 필요가 없으므로 라우팅 패킷 오버헤드를 줄이는 장점이 있다. 그러나 데이터 전송시 경로 획득시간이 길어져 실시간 통신에 부적합한 문제점을 가지고 있다.

DSR(Dynamic Source Routing)은 데이터를 보내는 노드가 경로 요청을 할 경우 그 노드는 소스 라우팅을 행하여 목적지 노드까지 hop-by-hop 경로 정보를 완벽하게 알고 있어야 하는 소스 라우팅을 한다는 특징을 가지고 있다. 이러한 경로 정보가 경로 캐쉬에 저장되어 다음 데이터 전송 요구시 데이터 패킷은 IP 헤더 내부에 있는 라우트 캐쉬의 소스 경로에 따라 전달되게 된다.

AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector)는 경로 획득 절차에 의해 얻어진 경로만을 일정시간 동안만 유지한다는 점에서 DSDV를 개선하였으며, DSR과 비슷하게 동작한다. 이 프로토콜은 패킷 헤더에 전체 경로를 포함하지 않으므로 소스 라우팅의 자원낭비 문제점을 개선하였으며 단지 통신할 필요가 있는 노드간의 경로만 라우팅 테이블에 관리함으로써 DSR 라우팅 프로토콜을 개선하였다. 또한 잘못된 경로사용과 루프 형성 문제를 해결하기 위해 Sequence Number를 사용한다. 이 프로토콜은 대칭링크만을 지원하고 경로가 변화하지 않더라도 일정시간 경과 후에는 경로를 삭제하고 목적지 노드까지 하나의 경로만을 유지하므로 패킷 수는 DSR보다 훨씬 많으나 대역폭 측면에서는 AODV가 우수한 성능을 보인다[5][6][7].

〈표 1〉은 on-demand 프로토콜의 비교를 보여준다.

표 1. DSR과 AODV의 비교  
Table 1. The Comparison of DSR and AODV

구분	장점	단점
DSR	·비대칭 링크 지원 ·다중경로 보유	·소스 라우팅으로 인한 오버헤드 ·Stale cache 문제
AODV	·멀티캐스트 지원 ·Data 패킷에 경로 미포함	·대칭 링크 가정 ·주기적인 Hello 메시지

### 2.3 Hybrid 라우팅 프로토콜

Hybrid 라우팅 방식은 table-driven 방식과 on-demand 방식의 장점을 혼합한 방식으로 ZRP(Zone Routing Protocol)이 있다[8][9]. 각 노드는 미리 정의된 홉 수 범위의 라우팅 zone을 유지한다. ZRP는 IARP(Intrazone Routing Protocol), IERP(Interzone Routing Protocol) 세 개의 프로토콜로 이루어진다. IARP는 존내의 노드들에 대한 라우팅 테이블을 관리, 유지하고 IERP는 존 외부영역의 노드에 대한 라우팅 정보를 모든 주변노드에 BRP를 사용하여 얻는다.

### III. 제안한 방법

본 논문에서는 C-Node에 on-demand 라우팅 프로토콜을 채택하기 위해 다음과 같은 내용을 수정하였다. 첫째로 C-Node는 새로운 이웃과 경로를 설정하기 위해 Hello 메시지를 보내어 자신의 존재를 알리고 이웃 노드들은 링크 계층 통보 없이 C-Node에 여전히 도달할 수 있는지를 찾을 수 있다. 둘째로 C-Node에 경로를 추가하기 위해서 이웃 노드들에게 updates 메시지를 송신하므로써 새로운 경로를 설정할 수 있다. 셋째로는 RERR과 RREQ는 C-Node의 트래픽 존재여부와 상관없이 C-Node에서 생성할 수 있다.

#### 3.1 C-Node의 탐색

C-Node에서는 자신의 존재를 이웃 노드들에게 통보하기 위해 가장 높은 sequence number를 갖는 Hello 메시지를 보낸다. 노드들은 Hello 메시지를 수신하였을 때, 자신의 이웃에 C-Node가 존재함을 알 수 있게 된다. 만약 노드가 일정한 시간동안에 Hello 메시지 패킷을 수신하지 못한다면 라우팅 계층에서는 이웃노드와의 연결이 끊어진 것으로 선언한다. MAC 계층은 전달한 데이터 패킷을 수신할 수 없을 때 라우팅 계층에게 연결 실패를 통보한다. 이러한 데이터 트래픽에서 이와 같은 메커니즘은 연결 실패를 보다 빠르게 검출할 수 있다.

#### 3.2 경로 설정 및 유지 방법

(그림 3)에서는 경로의 설정을 보여주고 있다. 그림 3.에서 노드 c가 C-Node를 알고 있을 때 C-Node에게 광고를 한다. 그러므로 노드 b는 C-Node에 대해 알게 되고 역시 이웃 노드 c에 대해서도 알게 된다. 노드 b가 재광고하게 될 때 노드 a는 노드 b와 노드 c 그리고 C-Node의 경로에 대해 알게 될 것이다. 이와 같은 방법으로 노드 b는 노드 d로부터 교체된 경로를 알 것이다. 그러나 b는 가장 짧은 경로인 노드 c를 통한 경로를 선택할 것이다. 만약 노드 b와 노드 c의 연결이 실패한다면 노드 b는 노드 d를 통한 C-Node로 경로를 바꿀 것이다. 이동 노드로부터

C-Node를 향하는 downstream 노드는 모든 upstream 노드에 관해서 알지 못하지만 upstream predecessor에 대해서는 알 것이다.

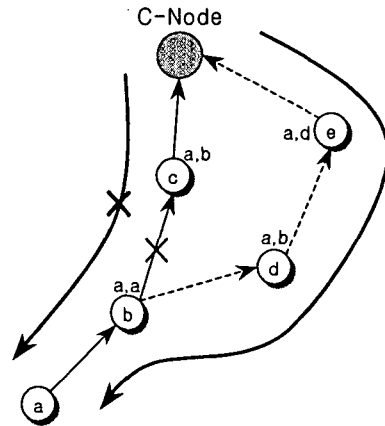


그림 3. C-Node와 일반노드의 경로 설정  
Fig 3. A route setting up of C-Node and general node

노드 b가 광고할 때, 노드 a가 중요한 목적지 노드가 아니기 때문에 노드 a에 연결하기 위해 광고하지는 않을 것이다. 이와 같은 경우에 노드 c는 단지 노드 b에 관해서만 알 것이다. 비슷한 방법으로 노드 a와 노드 b에 대해서는 모르지만 노드 c에 관해서만 알 것이다. 노드 a에게 패킷을 보내기 위하여 C-Node는 노드 a를 위해 query를 송신할 것이다. 네트워크 내의 모든 이동 노드를 위해 C-Node로부터 query가 초기화되는 것을 막기 위해 다음의 메커니즘은 어떤 외부 control overhead 없이 반대 경로의 설정을 채택하였다. 노드로부터 C-Node를 향해 데이터 패킷을 송신할 때, C-Node를 향한 경로에 있는 중간 노드들은 데이터 패킷의 소스 노드를 향해 경로를 설정할 수 있다.

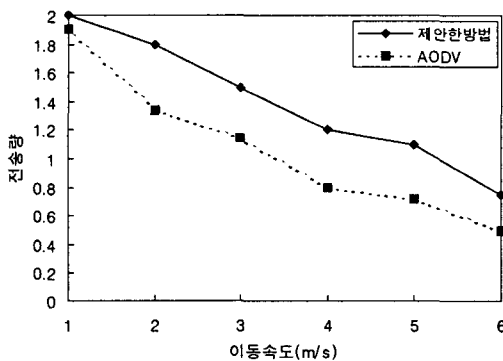
### IV. 성능 평가

이 장에서는 본 논문에서 제안한 C-Node를 이용한 hybrid 라우팅 프로토콜에 대해 ns-2 시뮬레이터를 이용하여 성능을 평가하였다. 성능 평가의 목표는 한정된 망의 크

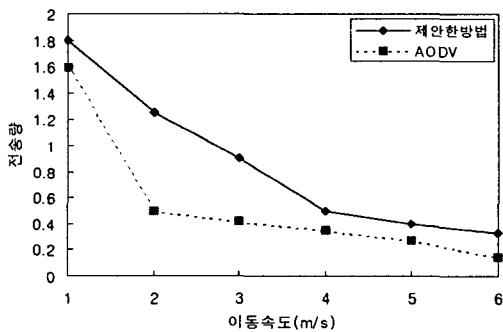
기와 노드의 수 사이에서 전송 부하에 따른 성능 평가이다.

40개의 노드가 500m × 500m 크기의 지역 내에서 랜덤하게 지역을 이동하게 하였으며 각 시뮬레이션에는 300초의 시간이 주어졌다. 패킷의 크기는 256bits로 고정하였다.

(그림 4)에서는 이동 노드의 수에 따른 패킷 전송량을 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 AODV는 노드의 수가 늘어나고 노드들의 이동 속도가 빨라질수록 패킷 전송량이 많이 떨어지지만, 제안한 방법은 노드들의 이동 속도에 따라 패킷 전송량이 그다지 많이 떨어지지 않는다.



(a) 노드가 10개인 경우  
(a) The case which the node is 10



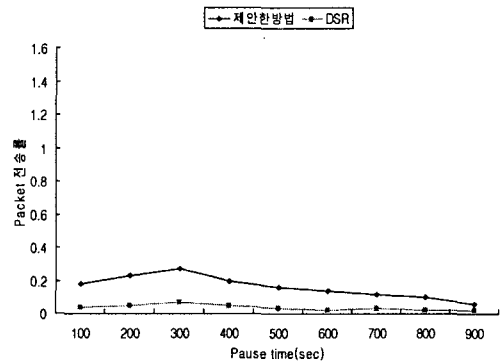
(b) 노드가 40개인 경우  
(b) The case which the node is 40

그림 4. 노드 수에 따른 패킷 전송량

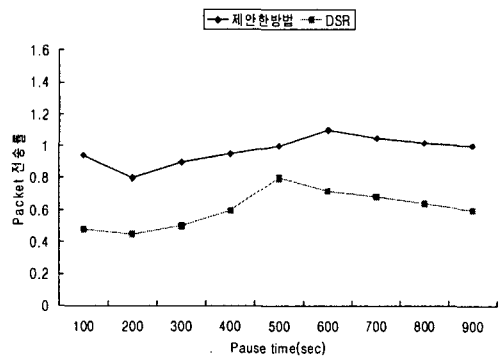
Fig 4. The amount of packets transmission according to the number of nodes

(그림 5)는 소스 노드에서 전송 요구가 발생한 후 목적지 노드까지 데이터가 전송 완료될 때까지의 평균 지연시간을 나타내었다. 노드의 수가 제안한 방법보다 DSR의 지연

시간이 짧았다. 그리고 pause time이 클수록 지연 시간은 더욱 짧았다. 그림 5(a)에서 보다 그림 5(b)에서처럼 노드의 수가 증가할수록 평균 지연 시간은 높아졌으며 pause time이 작을 때 두 프로토콜은 더욱 큰 차이를 보였다.



(a) 노드가 10개인 경우  
(a) The case which the node is 10



(b) 노드가 40개인 경우  
(b) The case which the node is 40

그림 5. 평균 전송 지연시간

Fig 5. An average transmission delay time

(그림 6)에서는 노드들간의 평균 경로 길이를 보여주고 있다. 경로 길이에서는 제안한 방법이 AODV와 DSR에 비해 약간 길게 나타났다. 왜냐하면 소스 노드가 목적 노드와 연결을 위해 C-Node를 이용하기 때문이다.

(그림 7)에서는 제어 패킷의 양을 보여주고 있다. AODV는 주기적으로 자신의 주변에 있는 모든 노드에게 제어 메시지를 브로드캐스트 하기 때문에 DSR과 제안한 방법에 비

해 제어 메시지의 양을 제일 많이 발생하였다. 특히 이동 속도가 증가함에 따라 주변에 있는 노드들의 변경이 심하게 나타나기 때문에 제어 메시지의 양은 더욱 증가할 수밖에 없다. 그리고 네트워크 안의 노드들의 수가 많을수록 모든 노드들에 의해서 발생하는 제어 메시지는 더욱 늘어나게 된다. 무선 통신은 대역폭이 낮기 때문에 제어 메시지의 양이 많다는 것은 네트워크의 전체적인 성능을 떨어뜨리게 된다. DSR이 AODV에 비해 적은 제어 메시지가 발생하는 이유는 캐시에 있는 모든 경로가 유효하지 않을 경우에만 전송 경로 검색을 수행하므로 AODV보다 적은 제어 메시지를 발생하였다.

본 논문에서 제안한 방법은 경로 설정을 하는 경우에 주변에 있는 모든 노드에게 제어 메시지를 발송하는 것이 아니고 C-Node에게만 전송하므로 AODV와 DSR에 비해 적은 양의 제어 메시지가 발생하였다.

실험 결과를 통해 network를 구성하는 이동 노드들을 클러스터를 형성한 후에 데이터를 전송하는 것이 기존의 라우팅 알고리즘인 AODV와 DSR에 비해 보다 정확한 경로 정보를 유지 관리하므로 전송률에서는 더 나은 성능을 보이는 것을 알 수 있었다. 그러나 이동 노드들에 대한 클러스터를 유지하기 위해 AODV는 많은 제어 패킷이 필요하며, 경로 정보를 얻는 시간도 오래 걸림을 알 수 있었다. 그러나 제한된 broadcast 메커니즘을 이용하므로써 이러한 제어 패킷의 양을 줄일 수 있었다.

### V. 결론

본 논문에서는 기존의 hybrid 라우팅 알고리즘과는 다른 ad hoc 네트워크를 구성하는 노드들 중에 네트워크 서비스를 제공하는 특별한 노드를 선택하여 그 노드를 중심으로 라우팅 하는 방법을 제안하였다.

이러한 C-Node를 이용한 라우팅 방법으로 경로 설정 시간과 데이터 전송률과 지연 시간을 줄임으로써 효율적인 라우팅을 수행할 수 있었다.

그리고 여러 개의 C-Node 사이의 경로 연결 및 유지는 anycast query를 보냄으로써 보다 효율적으로 경로를 설정하고 유지할 수 있다.

향후 연구로는 여러 개의 C-Node로 구성된 대형 네트워크에서 C-Node 사이의 향상된 anycast 기술이 연구되어야 할 것이다.

### 참고문헌

- [1] D. B. Johnson and D. A. Maltz, "Dynamic Source Routing in Ad-Hoc Wireless Networks," Mobile Computing, 1994.
- [2] Charles E. Perkins, E. M. Royer, "Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing"

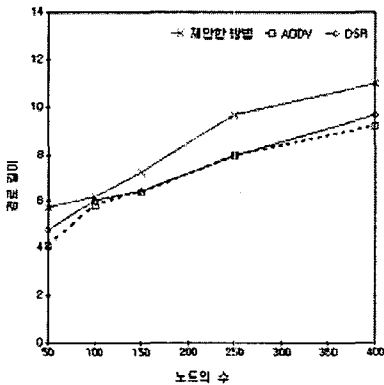


그림 6. 노드간의 평균 경로 길이  
Fig 6. An average route length of the node.

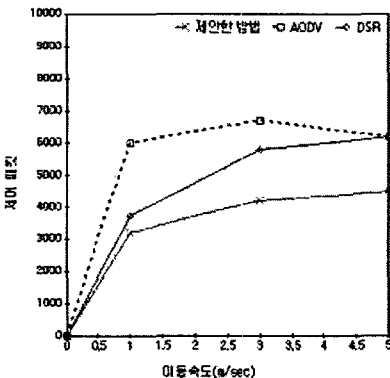


그림 7. 제어 패킷의 양  
Fig 7. The amount of control packets

- [3] J. Broch et. al., "A performance Comparison of Multi-Hop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocols," in *proc. ACM Mobicom98*, Dallas, TX, October 1998.
- [4] S. Basagni, I. Chlamtac, and A. Farago, "A Generalized Clustering Algorithm for Peer-to-Peer Networks," *Workshop on Algorithmic Aspects of Communication ICALP Bologna, Italy*, July 1997.
- [5] P. Tsuchiya, "The Landmark Hierarchy : A New Hierachy for Routing in Very Large Network," in *ACM Sigcomm*, 1988.
- [6] S. Roy and J.J. Gracia Luna Aceves, "Using Minimal Source Trees for On-Demand Routing in Ad Hoc Networks," in *IEEE Infocom*, Anchorage, Alaska, 2001.
- [7] S. Basagni, "Distributed Clustering for Ad Hoc Networks." *International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Networks*, pp. 310-315, Perth, June 1999.
- [8] G. Holland and N. Vaidya. Analysis of TCP performance over mobile ad hoc networks. In *Proceedings of ACM Mobicom'99*, Aug. 1999.
- [9] K. Chandran, S. Raghunathan, S. Venkatesan, and R. Prakash. A feedback-based scheme for improving TCP performance in ad hoc wireless networks. *IEEE Personal Communications Magazine*, 8(1):34-39, Feb. 2001.

### 저자소개

최 봉 한

1997 조선대학교 이학석사

멀티미디어 영상처리 전공

2000 ~ 현재 : 순천제일대학

컴퓨터과학과 조교수

〈관심분야〉 인터넷마케팅,

무선인터넷솔루션,

디지털이동통신.