

---

# 이동 Ad-hoc 무선망에서 효율적인 라우팅 알고리즘에 관한 연구

이동철\* . 김기문\*\*

## A Study on the Effective Routing Algorithm for Mobile Ad-hoc Wireless Network

Dong-chul Lee\*. Ki-moon Kim\*\*

### 요 약

본 논문은 Ad-hoc 네트워크에서의 전송을 효율적으로 하기 위한 클러스터링 알고리즘에 대해 실험을 통하여 살펴보았다. Ad-hoc 네트워크상 노드들은 정보전송과 위치등록, 노드간의 라우팅 경로 유지를 위해 많은 패킷전송이 이루어진다. 이러한 환경에서의 트래픽은 고정망에서 보다 이동성 변수에 따라 더욱 많은 수가 발생하게 될 것이다. 본 논문에서는 무선 Ad-hoc 다중 홉에서의 트래픽 제어를 위한 클러스터링 알고리즘을 통해 패킷 전송효율을 분석하여 그 결과를 제시한다.

### ABSTRACT

The nodes of Ad-hoc network are made up of location registration for sending informations and a great number of packet transmissions to maintain routing route among the nodes. Under this environment, a huge number of traffics would be generated as mobility variable occurs more than in physical network. Hence, in this paper, focused on to study the relationship of nodes to analyze the extent of the traffic in order to control the traffics of the multi-hop in Ad-hoc.

### 키워드

Ad-hoc, Clustering, Highest connection algorithm, Lowest connection algorithm

### 1. 서 론

Ad-hoc 네트워크는 이동성을 기반으로 무선의 특징을 갖고 라우팅이 가능한 인터페이스를 통해 패킷통신이 이루어지는 무선 네트워크로서, 경제적인 측면에서 유선 네트워크를 구성하기 어렵거나 또는 단기간의 네트워크를 구성하여 사용하는 경우에 적합한 네트워크 구성 방식으로 고려되고 있다. 특히, 네트워크 노드는 이동성에 기반 하여 고려된 망이기에 이동성에 대한 제약이 상대적으로 적고, 별도의 기간 망과 중앙의 접속점(access point)이나 기지국이 필요하지 않기 때문에 네트워크의 구성이 신속하고 망 구축비용이 저렴한 것을

장점으로 들 수 있다. 이러한 특성은 전시에 필요한 군사적인 용도에서부터 학교, 병원, 생산 공장, 전시장, 응급 구조 상황 등 매우 다양한 분야에 적용 가능하며, 이동 노드의 급증과 관련 응용 서비스의 출현에 따라 그 필요성도 높아지고 있다. 또한 IEEE 802.11 및 하이퍼 랜/2와 블루투스 등과 같은 무선 LAN 및 초단거리통신 표준 규격에서도 이와 같은 이동 ad hoc 방식의 네트워크 구성을 기본적으로 지원하고 있다. 본 논문에서는 Ad-hoc 네트워크 상에서 토폴로지 변화와 정보의 전송을 위한 경로유지에 관련된 패킷을 플러딩을 하였을 때 노드 상에서의 중복을 줄이기 위한 방안으로 클러스터링을 형성하여 정보전송에 대한 효

---

\* 한국정보통신기술협회 표준화본부 표준지원팀 책임연구원

\*\* 한국해양대학교 정보통신공학과 교수

율적인 방법과 전파를 위해 클러스터링(clustering)에 대해 분석하고 전송상의 알고리즘에 따른 전송 효율을 분석하고자 한다.

## II. 플러딩(Flooding)

일반적으로 고정 네트워크에서의 플러딩은 패킷이 노드에 도착했을 때를 기준으로, 수신한 하나의 링크를 제외하고 모든 외부링크로 패킷을 전송하는 방법이다. 무선 환경에서의 플러딩은 가상으로 링크를 설정하고, 수신링크를 제외한 가상링크로 이웃 노드를 설정하여 패킷을 전송하는 형태를 취하게 된다. 통신에 어려움이 없다면 노드가 모든 이웃에게 패킷을 플러딩 함으로 데이터가 전달되어 경로의 갱신이나 경로설정을 하게 된다. 무선 환경은 노이즈가 많고, 수신자의 상태가 불량하거나 충돌이 전송할 때 포함되기 때문에 항상 안전하다고 할 수는 없다. 플러딩은 자체적으로는 제어 매커니즘이 없기 때문에 이러한 상황에서는 플러딩에 의한 패킷의 복사본이 수도 없이 많이 발생하게 된다. 이러한 중복은 플러딩이 Ad-hoc 네트워크에서 라우팅 정보를 전송하거나 목적지까지의 수행 가능한 경로를 찾기 위해 사용되어지는 한 방법으로 사용하는데 장애가 된다. 또한 네트워크가 밀집되어있는 형태일 때는 노드 상에서 같은 패킷의 중복이 많이 일어나고, 넓게 퍼져있을 경우에는 시간차에 의한 중복이 생겨날 수 있는 환경이 된다. 이러한 플러딩에 의한 문제점을 클러스터(cluster)의 방법으로 포워딩되어 도달하는 노드들의 가상 링크를 지정함으로써 플러딩에 의해 생기는 복사 패킷의 수를 감소시키는 방안으로 제시한다. 또한 중복되는 지점의 근거리 노드들의 전송을 막기 위해 가중치에 대한 노드의 선택으로 다시 한번 패킷의 복사 수를 줄이기 위한 방안을 제시한다.

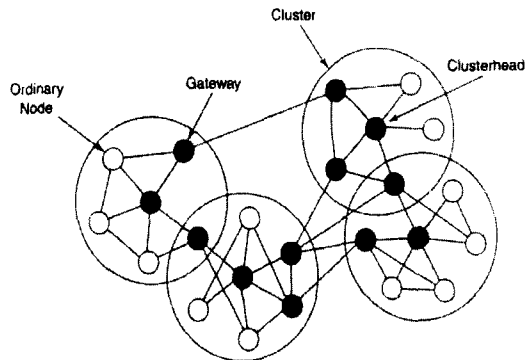
## III. 클러스터링(Clustering) 알고리즘

Ad-hoc 네트워크 전송 성능을 통제하기 위해서는 2가지의 문제점을 고려해야한다. 첫 번째는 현재 네트워크 상태에 대한 네트워크 동작을 적용시킬 때 신속, 정확하게 응답해야 한다는 것이고, 두 번째는 네트워크 패킷의 전달, 처리, 저장자원들의 소비를 최소화해야 한다는 점이다.

클러스터를 사용하면 어느 노드의 전송범위 내

에 있는 노드들의 임시적인 전송 규칙을 세우게 되어 이러한 목적을 수용할 수 있게 된다. 이러한 경우 전송에 대한 루트가 정해지게 됨으로 정확한 전송이 이루어지게 된다. 또한 가중치를 이용한 선택적 노드에 의해 전송 장치들의 소비를 최소화하게 된다. <그림1>은 클러스터링 구조의 예를 나타냈으며, 클러스터링을 하므로써 생길 수 있는 그림에 나타낸 내용의 이점들을 아래와 같이 표시하였다.

- a) 다중 노드들의 채널 경쟁을 줄이는 무선전송 관리
- b) 네트워크 반경을 줄이는 라우팅 백본
- c) 양과 가변성을 줄이는 네트워크 스테이트 정보

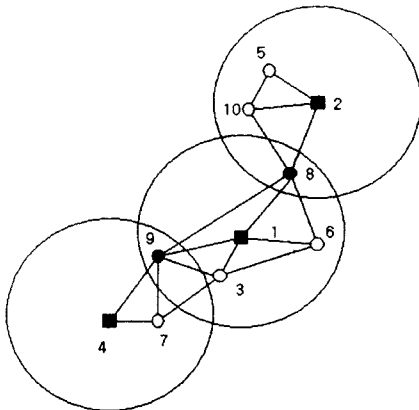


<그림 1> 링크클러스터 구조의 구조 예  
<Fig 1> Link-clustered structure

### 3-1. Lowest Connection Algorithm(LCA)

LCA는 ad hoc 네트워크에서 클러스터를 형성하는 과정과 형성된 클러스터의 변화로 표현한다. 각 노드는 고유의 식별번호를 가지고, 정기적으로 노드는 노드들의 리스트를 전파하게 된다. <그림 2>은 Lowest-ID(식별자) 클러스터형성의 예를 나타내며 다음은 LCA알고리즘의 특징을 보여준다.

- a) 노드들은 주위에서 보내져오는 정보를 수신한다.
- b) 정보를 수신한 노드 중 자신이 lowest-ID일 때 노드를 클러스터헤드(clusterhead)라 한다. 이러한 lowest-ID란 수신범위에 있는 노드들 중 가장 낮은 식별자를 가진 노드를 이르며, 이것은 아직 발견되지 않은 노드와 경쟁이 없는 상태이다.

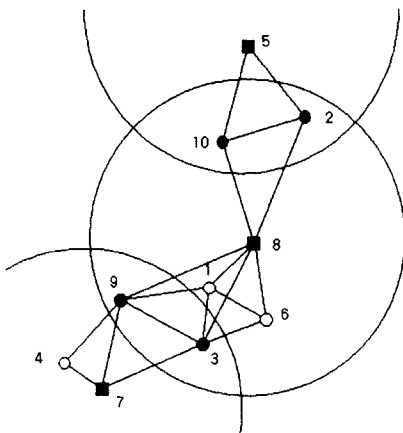


<그림 2> 최저 ID 클러스터 형성의 예  
<Fig 2> Example for lowest-ID cluster

**3-2. Highest Connectivity Algorithm(HCA)**

HCA는 발견되지 않는 한 이웃노드를 변수로 사용하여 클러스터헤드를 설정하는 알고리즘이다. <그림3>은 highest connectivity cluster 형성의 예를 나타내며 다음은 HCA 알고리즘의 특징을 보여준다.

- a) 발견되지 않는 한 이웃노드 모두를 가장 빨리 연결하는 노드를 클러스터헤드로 선정된다.
- b) 발견된 노드와는 다르게 발견되지 않은 노드는 클러스터헤드로 아직 선출되어있지 않은 노드이다.
- c) 클러스터헤드 법칙에 의해 노드를 포기하는 것은 다른 노드가 클러스터헤드로 선출되어 있는 경우이다.



<그림 3> 최고 연결 클러스터링 형성  
<Fig 3> Type of highest-connectivity cluster

**3-3. LCA와 HCA 특징**

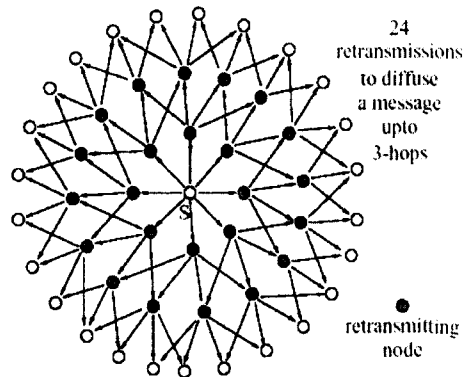
클러스터에 헤드들이 없다면 노드들끼리 직접 링크가 성립된다. 클러스터안에서, 어느 두 노드들은 클러스터헤드가 클러스터안의 모든 다른 노드에게로 직접 링크되어 있을 때까지 두 홉 이상 떨어져 있지 않는다.

클러스터링 알고리즘에서 제안된 것은, 각 노드는 노드 자신이 클러스터헤드나 노드로 직접 연결되었거나 더 많은 클러스터헤드들 중에 하나가 된다는 것이다. 클러스터에는 하나의 클러스터헤드가 존재하도록 허가된다. 클러스터링 알고리즘은 대부분은 가능하면 빨리 수행되어야 하고, 각 클러스터헤드는 멤버를 조절하여 유지관리와 현상을 유지한다.

**3-4. Every Node Forwarding(ENF)**

ENF는 소스 노드가 주위의 모든 노드들에게 패킷을 보냄으로 플러딩을 시작하는 방법이다. 플러딩 자체가 링크상의 수신 링크를 제외한 모든 노드로 전송하는 방법이기 때문에 포워딩을 하는 ENF로 표현될 수 있다. 이것은 클러스터링을 형성하거나 형성하지 않더라도 목적노드까지 가는 패킷의 양은 유사 할 것이다. 하지만 클러스터링을 한 것과 하지 않은 것과의 차이는 클러스터링을 했을 경우에는 클러스터링제어를 위한 패킷이 추가되는 것이다. 두 가지 모두 게이트웨이나 내부 노드 모두에게 패킷을 송신한다.

<그림4>는 이웃노드로의 패킷전송 과정을 나타낸다.



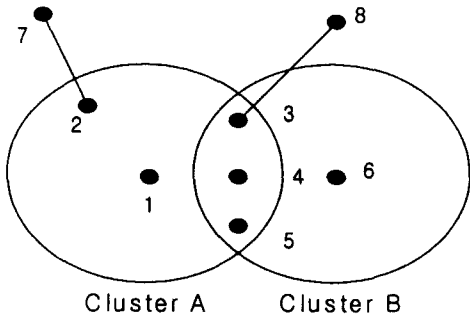
<그림 4> 클러스터링 없이 패킷 전송  
<Fig 4> Without clustering of packet transmission

이러한 ENF는 플러딩으로 인한 중복이 소스노드를 제외한 모든 노드에서 발생하게 된다.

### 3-5. Gateway Forwarding(GWF)

클러스터 내부에서는 클러스터가 형성되어 있을 때 이를 위한 제어패킷이 생성되고, 제어를 위한 패킷은 노드가 이동함에 따라 증가하게 된다. 이것은 처음위치에서 위치등록을 하고 이후에 이동에 의한 노드의 위치를 변화에 따른 update 정보가 필요하기 때문이다.

GWF는 클러스터의 요소와 클러스터요소가 아닌 모두에게 플러딩을 한다. <그림 5>와 같이 2번 노드와 3,4,5번 노드는 클러스터 A의 게이트웨이이고, 이중 2번 노드는 외부의 non-cluster 멤버인 7과의 연결을 위한 게이트웨이 된다. 클러스터 A의 원소는 2, 3, 4, 5가 되고 게이트웨이는 3, 4, 5번 노드가 된다. 1홉 거리의 원소는 내부 노드가 되고 2홉 이상의 정보를 가지는 노드는 게이트웨이 된다. 그 후 게이트웨이가 선택된 후 게이트웨이로부터 수집한 외부로의 경로가 저장 되게 된다.



● Flooding nodes  
 <그림 5> 게이트웨이 포워딩  
 <Fig 5> Gateway Forwarding

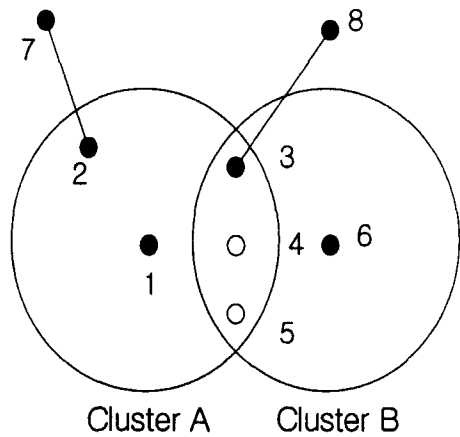
GWF 알고리즘은 클러스터를 형성하였을 때, 내부의 노드를 먼저 인식한다. 그 후 게이트웨이가 될 노드들을 선택을 하고 게이트웨이로부터 수집한 외부로의 경로가 저장 되게 된다. 클러스터링시 헤드에서 수행하는 노드인식은 다음의 수식으로 나타낼 수 있다.

$$N = \sum_{k=1}^m m_k$$

$N$  : 클러스터내의 노드의 총수  
 $m_k$  : 클러스터 k의 내부의 내부 노드의 수, 클러스터헤드와 게이트웨이를 제외한 클러스터 k의 노드들이다.

### 3-6. Gateway Selection Forwarding(SGF)

SGF는 GWF의 확장된 형태로서 <그림 7>에서 보는 것과 같다. 게이트웨이는 외부로의 연결을 해주는 통로로써 게이트웨이 모두에게 플러딩 하게 되며 게이트웨이에서 전송된 패킷이 중복되는 경우가 생기게 된다. 이러한 중복은 Ad-hoc 네트워크상의 혼잡이 될 수 있다. 이러한 게이트웨이에서의 패킷전송의 중복을 최소화하기 위해 중복된 게이트웨이 중 하나를 선택하여 외부로의 연결을 중계하게 한다. 이 상태에서의 중복은 선택된 게이트웨이에서만 일어나게 된다.



● Flooding nodes ○ Unselected gateway  
 <그림 7> 선택된 순방향 게이트웨이  
 <Fig 7> Selected Gateway Forwarding

SGF 에서 노드인식 방법을 결정하는 수식은 다음과 같다.

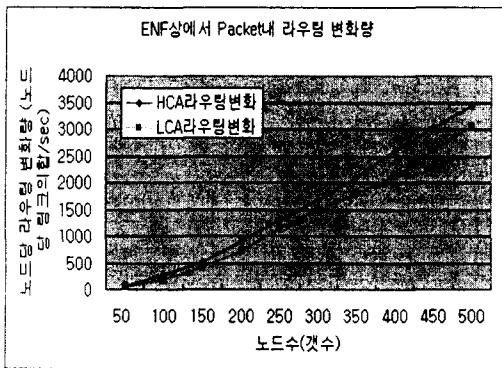
$$N = \sum_{k=1}^m m_k - |\dot{A}_k| + |\dot{B}_k|$$

$N$  : 클러스터내의 노드의 총수  
 $m_k$  : 클러스터 k의 내부의 내부 노드의 수, 클러스터헤드와 게이트웨이 수를 제외한 클러스터 k의 노드들이다.  
 $A_k$  : 클러스터 k의 게이트웨이의 집합  
 $B_k$  : SGF의 클러스터 k의 선택되어진 게이트웨이의 집합이다.

#### IV. 시뮬레이션

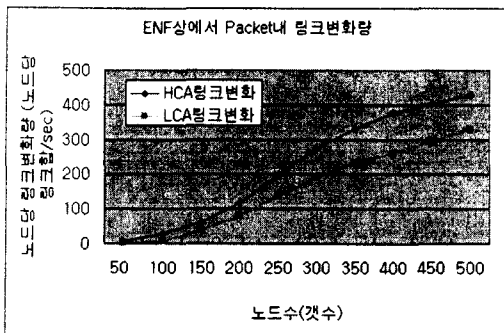
시뮬레이션은 리눅스를 기반으로 하는 NS-2를 사용하였다. 크기는 1000m \* 1000m상의 정방형 크기를 정하여 공간 안에서 랜덤 하게 위치하도록 하였고, 노드들의 특성을 살리기 위해 20m/sec로 움직이는 것으로 하였다. 시뮬레이션 시간은 20초로 하였으며, 큐의 길이는 50으로 하였다. 노드들의 위치는 NS-2에서 제공하는 랜덤 프로그램을 이용하여 랜덤 하게 하였다.

<그림 8> 은 ENF 상에서의 HCA와 LCA에 따른 패킷내 라우팅 변화량을 나타내고 있다.



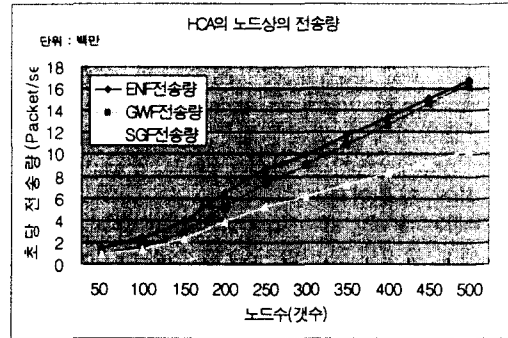
<그림 8> ENF상에서 패킷내 라우팅 변화량  
<Fig 8> Conversion rate of ENF

<그림 9>에서는 ENF 상에서의 HCA와 LCA에 따른 링크변화량을 나타내고 있다.



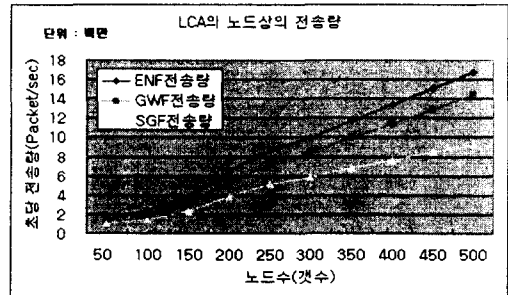
<그림 9> ENF상에서 패킷내 링크 변화량  
<Fig 9> Link conversion rate of ENF

<그림 10>은 HCA의 노드상의 전송량 즉 ENF와 GWF, SGF의 중복을 그래프화 한 결과이다.



<그림 10> 최고연결 알고리즘 노드상의 전송률  
<Fig 10> Transmission rate of HCA

<그림 11>은 LCA의 노드상의 전송량 즉 ENF와 GWF, SGF의 중복을 그래프화 한 결과이다.



<그림 11> 최저연결 알고리즘 노드상의 전송률  
<Fig 11> Transmission rate of LCA

#### V. 결론

본 논문에서는 Ad-hoc 네트워크에서의 전송을 효율적으로 하기 위한 클러스터링 알고리즘에 대해 살펴보았다. 시뮬레이션 결과와 같이 플러딩을 통한 전송은 전송대상과 전송하는 상태에 따라 변수로 작용함을 알 수 있었다. 이것은 Ad-hoc 네트워크상에서 전송 경로를 설정하는 프로토콜에 고려되어야 할 것이다. 시뮬레이션을 통해 GWF가 SGF보다 복사되는 패킷의 양이 500개의 노드 상에서 2,700,000회수로 약 30~32% 정도 많음을 연구결과로 제시하였다.

#### 참고문헌

[1] E. M. Royer and C. K. Toh, "A Review of

- Current Routing Protocol for Ad Hoc Mobile Wireless Networks,"IEEE Personal Communications, pp. 46-55, April 1999.
- [2] Z.J. Haas and S. Tabrizi, "On Some Challenges and Design Choices in Ad-hoc Communications." Proceedings of IEEE MILCOM'98, pp. 1-6, 1998
- [3] C.K Toh, ToH, PH.D. "Ad Hoc Mobile Wireless Networks" 2002 by Prentice Hall, Inc.
- [5] Charles E. Perkins, "AD HOC NETWORKING", Addison Wesley, 2001
- [6] Josh Broch, David B. Johnson, and David A. Maltz, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks." Internet-Draft, draft-ietf-manet-dsr-00.txt, 1998
- [7] V.D. Park and M. S. Corson, "A Highly Adaptive Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Network" 1995
- [8] M. Scott Corson and Anthony Ephremides. "A distributed routing algorithm for mobile wireless networks. Wireless Networks, 2000
- [9] Theodore S. Rappaport. "Wireless Communication, Principles and Practice, 2001
- [10] R.E. Bellman, Dynamic Programming, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1957
- [11] 신재욱, 권혜연, 남상우, 인선배 "이동 Ad Hoc 네트워크 실현을 위한 무선 접속기술", SK Telecom, 제12권 3호, pp.43-45, 2002.
- [12] 김동완, 이성식, "이동 Ad Hoc망 기술 개요" 정보통신연구 제14권 제 1호, pp.17~27, 2001.6.
- [13] 정희영, 오행석, "MANET 라우팅 프로토콜 연구 동향" 제2권 3호 한국전자통신연구원 동향분석지, p22~p32, 2002.
- [14] A.S. Tanenbaum, Computer Networks, 3rd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, Mar. p.177, 1996.
- [15] C-K. Toh and George Lin, "Implementing Associativity-Based Routing for Ad Hoc Mobile Wireless Networks", Unpublished Article.
- [16] L. R. Ford Jr. and D. R. Fulkerson, "Flows in Networks." Princeton N.J., p.223, 1962.
- [17] Elizabeth M. Royer and Chai-Keong Toh, "A Review of Current Routing Protocols for Ad-hoc Mobile Wireless Networks", IEEE Personal Communication, vol 6, no.2, pp.46-55, April, 1999.
- [18] Zygmunt J. Haas and M. R. Pearlman, "The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad-hoc Networks", IETF Internet Draft, August pp.17~27, 1998.
- [19] Sander van Valkenburg, Asko Vilavaara and Ramjee Prasad, "The Implementation of a Mobile Ad-hoc Network Routing Protocol", Proc. of WPMC '99, pp.324-330, 1999.
- [20] Taek Jin Kwon "Efficient Flooding in Ad Hoc Networks" sktelecommunications review 제12권 3호, pp.336-350, 2002.
- [21] 이동전화서비스 이용자 피해실태조사 연구 최종보고서, 한국전자통신연구원, 소비자 문제를 연구하는 시민의 모임, pp.72-79, 2000.12.
- [22] 이동철, 김기문, 국내이동통신 사업자의 이동전화 서비스 품질평가 제도에 관한 연구, 한국해양정보통신학회 논문집, pp.1031-1037, 2001.11.
- [23] 김기문, 임진, 송종호, 이동철, 정인명 공저 "전파관계법규해설" 효성출판사, p.71-198, 2001.8.
- [24] 이동철, 양성현, 김기문, Self Similar 특성을 이용한 이동전화 데이터 트래픽 특성, 한국컴퓨터산업교육학회논문집, pp.916-918. 2002.8.
- [25] 김동완, 이성식, "이동 Ad-hoc망 기술 개요" 정보통신연구 제14권 제 1호, pp.34~p54, 2001.

### 저자 소개

#### 이동철(Dong-Chul, Lee)



1976년-1980년 광운대학교 전자재료공학과 공학사 1985년-1987년 건국대학교 산업대학원 전자공학과 공학석사  
2000년-2004년 한국해양대학교 정보통신공학과 공학박사

1982년-2001.12. 한국전자통신연구원(ETRI) 이동통신서비스연구팀 책임연구원  
2001년12월-현재: 한국정보통신기술협회 책임연구원

2003년03월-현재:경기공업대학 e-비즈니스학과 겸임교수  
1996년02월-1997년3월 한국정보통신기술협회 국제협력위원회 의장  
1997년02월-2001년1월 한국해양정보통신학회 행정 및 정책위원회의장  
1997년05월-1998년7월 미국워싱턴 ETRI 주재원파견 및 미국 T1위원회 사무국간사 활동  
※ 관심분야 : 정보통신표준화, 이동통신, 통신망분야

### 김기문(Ki-Moon Kim)

1964년-1972년 광운대학교 무선통신공학과 공학사  
1976년-1978년 건국대학교 행정대학원 석사  
1990년-1993년 경남대학교 대학원 박사  
1993년-현재 한국해양대학교 정보통신공학과 교수  
1997년 2월-1999년 3월 한국해양정보통신학회장  
※ 관심분야 : 통신정책, 해상이동통신분야