

논문 2006-43TC-7-16

Mobile IPv6기반 Ad-Hoc 네트워크에서의 Internet Gateway를 통한 IP주소 자동 할당 방법

(An Address Autoconfiguration Algorithm of Mobile IPv6 through
Internet Gateway in Ad-Hoc Networks)

최정우*, 박성한**

(Jung Woo Choi and Sung Han Park)

요약

인터넷과 연결되어 있는 하이브리드 애드혹 네트워크가 통신을 하기 위해서는 IP주소의 설정이 필요하다. 기존에 제안된 대부분의 주소 설정방법은 노드를 중심으로 설정을 한다. 노드 중심의 주소 설정 방법은 애드혹 네트워크 내에서 네트워크의 대역폭을 낭비하고 많은 배터리를 소모해서 비효율적이다. 본 논문에서는 인터넷 게이트웨이를 중심으로 한 효율적인 주소설정 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 방법은 노드에서의 주소 설정 패킷을 유니캐스트 방식으로 전송하여 네트워크 트래픽을 줄인다. 또한, 인터넷 게이트웨이의 주소 설정 알고리즘을 통해서 교환하는 패킷의 수를 줄여 배터리 소모를 줄이고 주소설정 시간을 감소시킨다.

Abstract

A hybrid Ad-hoc network connected to the Internet needs an IP address configuration to communicate with the Internet. Most of proposed address autoconfiguration algorithms are node based. The node based address autoconfiguration algorithms waste bandwidth and consume much battery in mobile ad-hoc networks. In this paper, we propose the address allocation algorithm in hybrid Mobile ad-hoc network (MANET). The proposed algorithm reduces network traffic by transferring address configuration packet to the internet gateway by unicast method. Moreover, our IP address configuration algorithm also reduces battery consumption and address configuration time by decreasing number of configuration packets on internet gateway.

Keywords : Ad-hoc, Mobile IPv6, Autoconfiguration, SAA

I. 서 론

이동 애드혹 네트워크(Mobile Ad-hoc Networks)는 고정된 인프라가 없는 환경에서 중앙 집중적인 관리 없이 이동노드들 스스로가 네트워크를 구성하고 데이터 통신을 한다^[1]. 이를 위하여 이동노드들은 라우터 및 호

스트로씨의 기능을 갖추고 멀티홉 통신을 한다. 그래서 애드혹 네트워크는 인프라의 사용이 불가능한 군사작전 지역, 재난지역 등이나 임시적으로 구성되는 독자적 네트워크상에서의 용용들에 주로 고려되었다. 그러나 유비쿼터스 시대의 도래로 인하여 통신 인프라 없이도 서로 간에 통신을 하는 애드혹 네트워크의 사용이 늘어나면서 독립적인 이동 애드혹 네트워크와 인터넷과의 접속이 요구되고 있다. 애드혹은 인터넷과 연결된 Internet Gateway를 통해서 인터넷과 연결된다. 그러나 IP망인 인터넷과 접속하여 데이터 통신을 하기 위해서는 애드혹 노드에 IP주소 할당이 필요하다. 이러한 애드혹 노드들은 이동을 하면서 무선으로 통신을 하기 때

* 정희원, 씨엔에스 테크놀로지
(C&S Technology)

** 정희원, 한양대학교 전자컴퓨터공학부
(Hanyang University, Dept. of Computer Engineering)

※ 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(2006-000-10876-0) 지원으로 수행되었음

접수일자: 2006년2월15일, 수정완료일: 2006년7월14일

문에 그 위치에 따라 다른 IP주소를 할당 받는 Mobile IP를 사용하게 된다^[2]. Mobile IP에서의 주소를 할당하는 방법으로는 크게 DHCP(dynamic host configuration protocol)^[3]과 SAA(stateless address autoconfiguration)^[4]으로 2가지가 있다.

첫 번째로 DHCP (dynamic host configuration protocol)방식은 DHCP서버에 의해서 IP가 할당된다. DHCP서버의 Address pool에 인터넷상에서 유일한 다수의 IP를 보유하고 있다가 새로운 이동노드가 접속했을 때 IP를 할당해 주는 방법이다. 이 방법에서는 현재 사용 중인 IP와 사용가능한 IP 목록의 유지가 중요하다. 유선 네트워크와 같이 토플로지의 변화가 적은 환경이나 1홉 통신으로 비교적 연결이 안정적인 무선네트워크에서는 안정적으로 Address pool의 IP 주소 사용 유무를 확인 할 수 있다. 그러나 노드의 이동이 심하고 멀티홉 통신으로 연결이 불안정한 애드혹 네트워크에서는 IP를 사용하고 있다는 신호나 사용이 종료되었다는 신호를 보낼 수 없거나 신호가 유실될 가능성이 높다. 그래서 DHCP방식을 애드혹 네트워크에 그대로 적용하기는 어렵다.

두 번째 방법으로 SAA (stateless address autoconfiguration)는 이동노드 자체에서 IP 주소 자동 할당을 수행하여 주소를 할당하는 방법이다. 노드가 새로운 네트워크로 이동하였다는 것을 인지하면 노드는 자신의 정보와 인터넷과 연결되어 있는 Internet Gateway의 address prefix를 조합하여서 주소를 생성하고 이 주소를 네트워크의 다른 노드의 주소와 중복되지 않는지 DAD(duplicated address detection)과정을 거쳐 확인한다. 이 방법은 이동할 때마다 노드가 독립적으로 그 네트워크 환경에 맞게 주소를 생성하는 장점을 갖고 있다. 그러나 단일 홈 통신을 기반으로 개발된 SAA방법은 다중 홈 통신을 하는 애드혹 네트워크에 맞지 않다. 또 많은 수의 주소 설정 패킷은 네트워크 트래픽을 증가시키고 Internet Gateway까지 가는 경로상의 모든 노드를 거쳐 가는 멀티홉 통신이므로 각각 노드의 배터리 사용에 영향을 주어 네트워크 수명을 감소시킨다.

따라서 주소 설정 시에 설정 노드에서 처리되는 과정을 줄이고 전송되는 패킷의 수도 줄이는 것이 필요하다. SAA방법을 이용하는 기존의 연구들에서는 노드를 중심으로 주소설정을 하고 있어 배터리의 사용이나 네트워크의 트래픽을 최소화 하지 못한다^{[5],[6]}. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 Mobile IPv6의 SAA 방법을 기본으로 하여 IP주소설정과정에서 필요

한 패킷수를 줄이고 Internet Gateway를 통해 주소를 할당하여 애드혹 노드의 오버헤드를 줄이는 효율적인 주소 자동설정 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 II장에서는 본 논문에서 제안하는 방법에 대하여, III장에서는 시뮬레이션을 통한 결과를 제시하고 IV장에서는 결론을 맺는다.

II. 제안하는 IP주소 할당 방법

이동 애드혹 네트워크은 그림 1과 같이 Internet Gateway를 통하여 Internet망과 연결이 된다. 그리고 각각의 모바일 노드들은 Mobile IPv6를 이용하여 애드혹 네트워크 내부뿐만 아니라 Internet망과도 통신을 한다. 새로운 모바일 노드가 들어오게 되면 자동주소설정 (stateless address autoconfiguration) 과정을 통해서 Mobile IPv6 주소를 얻게 된다.

새로운 모바일 노드가 애드혹 네트워크에 들어오면 site-local address를 설정해야 한다. 이 주소를 통하여 애드혹 네트워크 내부의 노드들과 통신을 하고 Global address의 설정도 한다. 그러나 Global address의 설정에 있어서 노드는 Internet Gateway와 주소를 설정하기 위한 패킷을 교환한다. 이 과정에서 주소설정 패킷은 broadcast방식으로 전송되기 때문에, 멀티홉 통신을 하는 애드혹 네트워크 환경의 노드에 많은 배터리 소모와 네트워크 트래픽의 증가를 유발 시킨다. 이러한 broadcast방식으로 전송되는 것을 unicast방식으로 바꾼다면 한정적인 자원을 사용하는 애드혹 노드에 효율적인 Global address 설정을 제공할 수 있다. 이를 위해 Local Address Configuration방법을 제안한다.

그리고 site-local address를 획득한 노드가 인터넷과 통신을 하기 위해서는 Global address를 획득해야 한다. 즉 인터넷과 통신을 하고자 하는 노드는 Internet Gateway에게 Global address를 설정하기 위해 필요한 정보인 global prefix와 Gateway address를 요청하고, Internet Gateway는 정보를 요청한 노드에게 주소 설정 패킷을 전송해 주게 된다. 이동 애드혹 네트워크에서는 이렇게 Internet Gateway로부터 수신한 패킷을 이용하여 노드에서 직접 임시의 Global address를 생성을 하고 다시 Internet Gateway로 임시의 Global address를 전송하여 Global DAD를 실시하게 된다. 이러한 패킷 교환은 주소 설정 시간을 증가 시킨다. Global address 설정 시에 패킷 교환과정만 생략할 수 있다면, 주소 설정시의 시간을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 주소 설

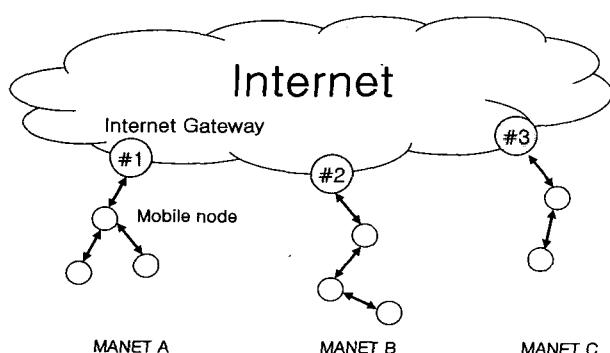


그림 1. Internet과 연결된 Mobile Ad-hoc network(MANET)
Fig. 1. A Mobile Ad-hoc network connected to the Internet.

정 패킷의 교환으로 인한 네트워크의 트래픽 또한 감소 시킬 수 있다. 이를 위해서 본 논문에서는 Internet Gateway를 중심으로 한 Global address의 설정 방법도 제안한다.

1. Local Address Configuration

이동 애드호크 네트워크에 새로운 노드가 들어오면 임시적인 주소를 설정한다. 이렇게 설정된 주소는 애드호크 네트워크에서 유일한 주소임을 확인하는 과정을 거쳐서 site-local address로 설정된다. 임시적으로 생성된 주소의 유일성을 판단하는 과정이 Duplicate address detection(DAD)^[5]이다. 일반적인 DAD는 NDP(neighbor discovery protocol)의 Neighbor Solicitation(NS)와 Neighbor Advertisement(NA)를 수정하여 사용한다. 본 논문에서는 그림 2와 그림 3 같이 NS에 hop count 필드를 추가하고 NA에 default node 필드를 추가 한다.

NS를 전송한 노드는 2가지 종류의 NA를 받을 수 있는데 default node 필드에 주소가 설정되어 있는 것과 설정되어 있지 않는 것으로 나뉠 수 있다. 노드가 NS를 전송한 후 default node 필드가 설정되지 않은 NA를 하나라도 받으면 주소의 중복이 일어났다고 판단하고, 그 이후에 들어오는 모든 패킷들을 무시하고 다른 임시주소를 생성하여 다시 DAD를 실시한다. 또 다른 경우로 노드가 default node 필드가 설정된 NA를 수신한 경우, 제일 빨리 도착한 NA의 default node 주소를 가지고 있다가 DAD의 Timeout 시간 내에 default node 필드가 비어있는 NA, 즉 주소의 중복을 의미하는 NA를 수신하지 않는다면 NS를 전송한 노드는 임시적으로 설정한 주소를 site-local address로 설정을 하고 처음 수신한 NA의 default node 주소를 자신의 default node로 설정

0	8	16	31
Type	Code	Checksum	
Reserved			
Hop Count	options.....		
Type	NEIGHBOR_SOLICITATION		
Code	Subfiled of type (0 for default)		
Checksum	ICMP checksum		

그림 2. Neighbor Solicitation 패킷의 형태

Fig. 2. Packet Format of Neighbor Solicitation Message.

0	8	16	31
Type	Code	Checksum	
Reserved			
Default Node			
Address (128bit)			
Type	NEIGHBOR_ADVERTISEMENT		
Code	Subfiled of type (0 for default)		
Checksum	ICMP checksum		

그림 3. Neighbor Advertisement 패킷의 형태

Fig. 3. Packet Format of Neighbor Advertisement Message.

을 한다. 이 default node를 통하여 Global address의 주소 설정 패킷이 unicast 방식으로 전송될 수 있다.

만약 애드호크 네트워크에서 다른 노드가 존재하지 않고 오직 하나의 노드와 Internet Gateway만 존재한다면 Internet Gateway가 NS에 대한 응답으로 NA를 보낼 것이고 NS를 전송한 노드의 default node가 된다. 이렇게 주소가 설정된 모든 노드들은 자신의 default node를 가지고 있고 이를 통해서 제일 말단에 위치한 노드라도 unicast 방식으로 Internet Gateway까지 주소 설정 패킷을 전송할 수 있다.

2. Global address configuration

Global address를 설정하기 위하여 노드는 Gateway Solicitation(GS)을 전송하게 된다. 여기에서 GS는 local address 설정 시에 설정한 default node를 따라 Unicast로 Internet Gateway까지 전송된다.

본 논문에서는 그림 4와 같이 GS에 현재 GS를 생성하는 노드의 주소를 담을 수 있는 site-local address 필드와 현재 노드의 Home Agent address와 노드가 통신 중이라면 Correspond node address를 담을 수 있는 필드를 추가하였다. Global address를 생성한 후, 노드에서 Home Agent와 Correspond node로 Binding Update 패킷을 보내던 것을 Internet Gateway에서

Global address를 생성한 후 직접 보내게 하기 위해서이다. Internet Gateway가 Home Agent나 Foreign Agent역할을 하는 애드혹 네트워크에서 GS를 수신한 Internet Gateway의 주소와 GS내의 Home Agent주소가 같을 경우에는 Internet Gateway 자신이 Home Agent가 되기 때문에 Binding Update 패킷을 보내지 않고, 다른 경우에 Binding Update 패킷을 Home Agent로 전송한다. 그리고 GS내에 Correspond node address가 있는 경우 Internet Gateway가 직접 Correspond node에게도 Binding Update 패킷을 전송하게 된다. 이러한 과정을 통하여 노드에서부터 전송되어 애드혹 네트워크를 통해 전달되고 외부에 연결되어 있는 Internet Gateway를 통해서 전송되는 Binding Update 패킷이 Internet Gateway에서 바로 Home Agent로 전송된다. 그렇기 때문에 Global address 설정 시 Binding Update 패킷 전송으로 인한 애드혹 네트워크 내부의 트래픽을 줄일 수 있다.

GS를 수신한 Internet Gateway는 GS내의 site-local address를 이용하여 임시의 Global address를 생성한다. 이 Global address가 인터넷에서의 유일성을 판별하기 위해서 Global DAD를 실시한다. 만약 중복이 되었다면 Internet Gateway에서는 다시 임시의 Global address를

0	8	16	31
Type	Code	Checksum	
Reserved			
Site-Local address (128bits)			
Home Agent address (128bits)			
Correspond node address (128bits)			
Type	GATEWAY_SOLICITATION		
Code	Subfield of type (0 for default)		
Checksum	ICMP checksum		

그림 4. Gateway Solicitation 패킷의 형태

Fig. 4. Packet Format of Gateway Solicitation Message.

0	8	16	31
Type	Code	Checksum	
Reserved		Gateway Lifetime	
Global address (128bits)			
Type	GATEWAY_ADVERTISEMENT		
Code	Subfield of type (0 for default)		
Checksum	ICMP checksum		
Gateway	Lifetime The period of the validity of gateway in seconds		

그림 5. Gateway Advertisement 패킷의 형태

Fig. 5. Pack Format of Gateway Advertisement Message.

생성을 하고 Global DAD를 실시한다. 중복이 되지 않았다면 Internet Gateway가 생성한 임시의 Global address가 인터넷에서 유일하다고 판단하고 GS를 전송한 노드에게 Gateway Advertisement 패킷 전송한다. 그리고 노드의 Home Agent와 Correspond node에게는 Binding Update 패킷을 전송한다. GA를 수신한 노드는 GA내의 Global address를 자신의 주소로 설정을 함으로써 주소 설정과정을 마치게 되고 이 주소를 가지고 인터넷과 통신을 한다.

GS를 수신한 Internet Gateway는 GS내의 site-local address를 이용하여 임시의 Global address를 생성한다. 이 Global address가 인터넷에서의 유일성을 판별하기 위해서 Global DAD를 실시한다. 만약 중복이 되었다면 Internet Gateway에서는 다시 임시의 Global address를 생성을 하고 Global DAD를 실시한다. 중복이 되지 않았다면 Internet Gateway가 생성한 임시의 Global address가 인터넷에서 유일하다고 판단하고 GS를 전송한 노드에게 Gateway Advertisement 패킷 전송한다. 그리고 노드의 Home Agent와 Correspond node에게는 Binding Update 패킷을 전송한다. GA를 수신한 노드는 GA내의 Global address를 자신의 주소로 설정을 함으로써 주소 설정과정을 마치게 되고 이 주소를 가지고 인터넷과 통신을 한다.

III. 시뮬레이션 및 검토

1. 시뮬레이션 환경

비교대상은 Mobile IPv6에서의 자동주소 설정 알고리즘인 Sun등이 제안한 알고리즘^[6]을 이용한다. 실험은 network simulator NS-2^[7]를 사용하여 시뮬레이션을 하고, Mobile IPv6는 mobiwan^[8]을 이용한다. 데이터링크 계층은 IEEE802.11 기반 Wireless LAN으로 가정을 하고 800m×800m 면적의 공간에서 이동 최고 속도가 5m/s인 노드의 수를 늘려가면서 시뮬레이션 한다.

2. 실험결과

그림 6는 노드의 수가 늘어남에 따라 애드혹 노드가 Internet Gateway로 전송하는 패킷의 수를 측정한 것이다. 그래프를 보면 노드의 수가 늘어날수록 기존방법과 많은 수의 패킷의 차이를 확인할 수 있다. 기존의 방법에서는 DAD message와 Binding Update message 까지 애드혹 노드에서 전송하기 때문에 제안한 방법보다 전송하는 패킷이 많다

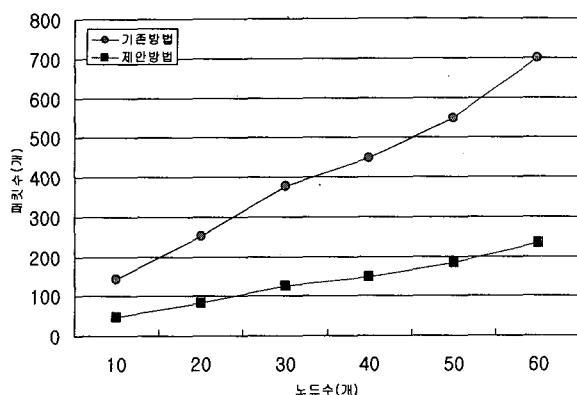


그림 6. 주소설정 시 전송된 패킷의 수

Fig. 6. Number of packets for IP address configuration.

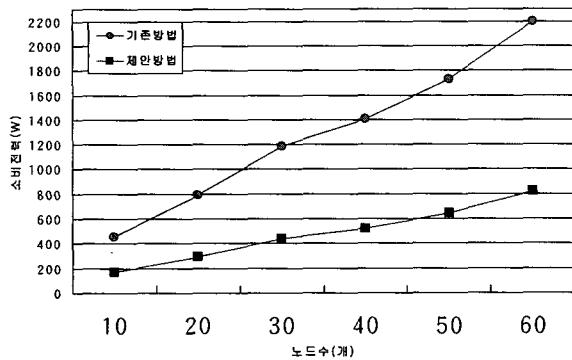


그림 7. 주소설정 시 사용된 전력량

Fig. 7. Battery consumption for IP address configuration.

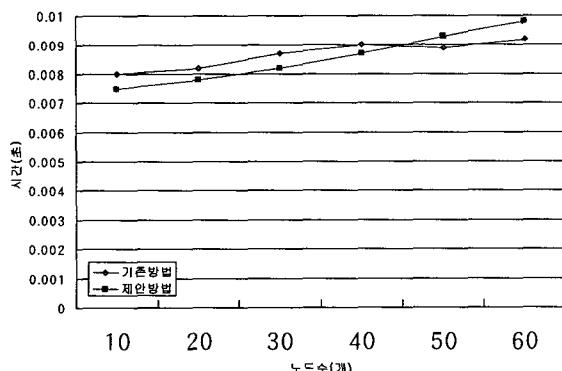


그림 8. 총 주소설정 시간

Fig. 8. Total address configuration time.

그림 7은 노드의 수가 늘어남에 따라 애드혹 노드가 Internet Gateway로 패킷을 전송하는데 사용한 전력량을 계산한 것이다. 각 노드의 에너지 소모량은 WLAN의 스펙을 따른다. 스펙에 따르면 송신 전류량은 284mA, 수신 전류량은 190mA, 그리고 전압은 4.74V이다. 따라서 본 논문에서는 송신 전력 소모량은 $284\text{mA} \times 4.74\text{V}$ 인 1.346W로 설정하고 수신 전력 소모량

은 $190\text{mA} \times 4.47\text{V}$ 인 0.901W로 설정하였다. 노드에서는 패킷의 전송과 수신에 모두 전력을 소모하기 때문에 주소 설정과정에서 교환하는 패킷의 수가 많아질수록 많은 양의 전력을 소모한다. 이 결과에서 볼 수 있듯이 패킷의 교환이 많은 기존의 방법은 많은 전력을 소모한다.

그림 8은 주소를 설정하는데 드는 시간을 측정한 것이다. 노드수가 50개 이하일 때는 제안하는 방법이 시간이 더 적게 걸렸지만 50개 이상일 때는 더 많이 걸리는 것을 확인할 수 있다.

기존연구보다도 Internet Gateway에서 처리되어지는 일이 많기 때문에 노드의 수가 많아질수록 Internet Gateway에 많은 부하가 걸려 패킷을 처리하는데 시간이 더 많이 걸린다. 그래서 주소 설정 시간이 더 많이 소요된다. 그러나 50개 이상일 때는 더 많은 시간이 걸리지만 위의 패킷 수나 소모 전력량에서 볼 수 있듯이 기존의 방법과 월등히 차이나기 때문에 충분히 효율적이라고 볼 수 있다.

IV. 결 론

이동 애드혹 네트워크는 노드들이 통신인프라 없이 네트워크를 구성하고 통신을 하는 네트워크다. 과거에는 전투현장이나 재난구조와 통신인프라를 사용할 수 없는 특별한 상황에 적합한 통신기술로 인식되었으나 현재는 유비쿼터스 네트워크를 구성하는 기술로 연구되고 있다. 현재, 유비쿼터스 네트워크를 위한 이동 애드혹 네트워크의 기술로 기존의 유선 인터넷과 연결하는 것이 연구되고 있다. 무선의 노드들이 IP망인 인터넷과 통신을 하기 위해서는 IP 주소를 할당받아야 한다. 그러나 기존에 연구된 IP 주소방법은 1-hop통신을 하는 이동 노드에서 개발되어 multi-hop통신을 애드혹 네트워크에는 비효율적이다. Internet Gateway로 인터넷과 연결된 애드혹 네트워크에서는 주소 설정률 설정하기 위한 패킷이 Internet Gateway까지 연결된 경로에 위치한 노드를 통해서 전송을 함으로써 하나의 패킷이라도 애드혹 네트워크 전체에 영향을 준다. 그리고 한정적인 자원을 사용하는 노드에서 많은 설정을 하기 때문에 노드의 부하가 커졌다. 이와 같은 애드혹 네트워크의 특성을 고려하여 본 논문에서는 효율적인 주소 설정을 한다. 노드에서의 자원이 한정적이기 때문에 노드 내부에서의 설정을 최소화하여 노드의 자원사용량을 줄인다. 그리고 전송하는 패킷의 숫자도 줄어들기 때문에 전송

하는 경로에 있는 노드의 자원의 사용량과 네트워크의 트래픽이 감소한다. 또한 패킷을 전송하고 응답을 기다리는 패킷의 수가 작아져서 주소 설정 시간의 작아진 것을 확인할 수 있다.

그러나 노드의 이동으로 인해 Internet Gateway까지의 Unicast경로 보장이 되지 않기 때문에 보다 안정적인 Unicast경로 보장을 위해서 라우팅 프로토콜과 연동된 Unicast경로 설정에 관한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] IETF(Internet Engineering Task Force) Mobile Ad-hoc Network (manet) charter, <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>
- [2] Charles E. Perkins, "Mobile IP", IEE Communication Magazine, pp. 84-99, May 1997(LCS,ECS)
- [3] R. Droms, J.Bound, B. Volz, T. Lemon, C. Perkins, and M. Carnery, "Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6(DHCPv6)," RFC 3315, Jul. 2003.
- [4] S. Thomson, and T.Narten, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration," RFC 2462, Dec. 1998
- [5] T. Narten, E. Nordmark, and W. Simpson, "Neighbor Discovery for IP version 6(IPv6)," RFC2461, DEC. 1998.
- [6] C. Perkins, J. Malinen, R. Wakikawa, E. Belding-Royer, and Y. Sun "IP Address Autoconfiguration for Ad Hoc Networks", draft-ietf-manet-autoconf-01.txt, Nov. 2001.
- [7] The Network Simulator ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [8] NS-2 extensions to study mobility in Wide-Area IPv6 Networks, <http://www.inrialpes.fr/planete/pub/mobiwan/>
- [9] I.K. Park, Y.H. Kim, and S.S. Lee, "IPv6 Address Allocation in Hybrid Mobile Ad-Hoc Networks," The 2nd IEEE Workshop on Software Technologies for Embedded and Ubiquitous Computing System, May. 2004, pp.58-62

저 자 소 개



최 정 우(정회원)
2004년 경성대학교 컴퓨터공학과
학사
2006년 한양대학교 컴퓨터공학과
석사
2006년 ~ 현재 C&S Technology
시스템연구소 근무

<주관심분야 : 네트워크, 통신, 반도체, 신호처리>



박 성 한(정회원)
1970년 한양대학교 전자공학과
학사
1973년 서울대학교 전자공학과
석사
1984년 미국 텍사스 주립대
전기 및 컴퓨터공학과
박사
2003년 대한전자공학회 회장
2005년 WFEO 정보통신위원회(CIC)의장
1986년 ~ 현재 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수
<주관심분야: 네트워크, Bluetooth, WPAN, 영상처리>