

Ad-hoc 네트워크에서의 IPv6 자동네트워킹 기술

박정수 | TTA, IPv6 전담반 간사
ETRI 기반기술연구소 차세대인터넷표준연구팀 선임연구원

차세대 인터넷 주소체계인 IPv6는 BcN, 디지털홈, 유비쿼터스 컴퓨팅, GRID 등 21세기 국가경쟁력을 좌우하는 핵심인프라로 자리잡을 예정이다. 이번호에서는 우리나라가 IPv6 기반 차세대인터넷 상용망 구축과 기보유한 초고속/이동망 등, IPv6를 중심으로 한 유무선통합 및 망의 고도화를 앞당길 수 있도록 IPv6 특집을 구성하여 관련 기술동향을 살펴보고자 한다(편집자주).

IPv6 특집 순서 ●●●●

- IPv6 표준화 동향 및 IPv4/IPv6 전환 기술
- Ad-hoc 네트워크에서의 IPv6 자동네트워킹 기술**
- IPv6 이동성 지원 기술
- 국내 IPv6 응용 현황 및 전망
- IPv6 시험 기술
- IPv6 망구축 현황 및 보급전략

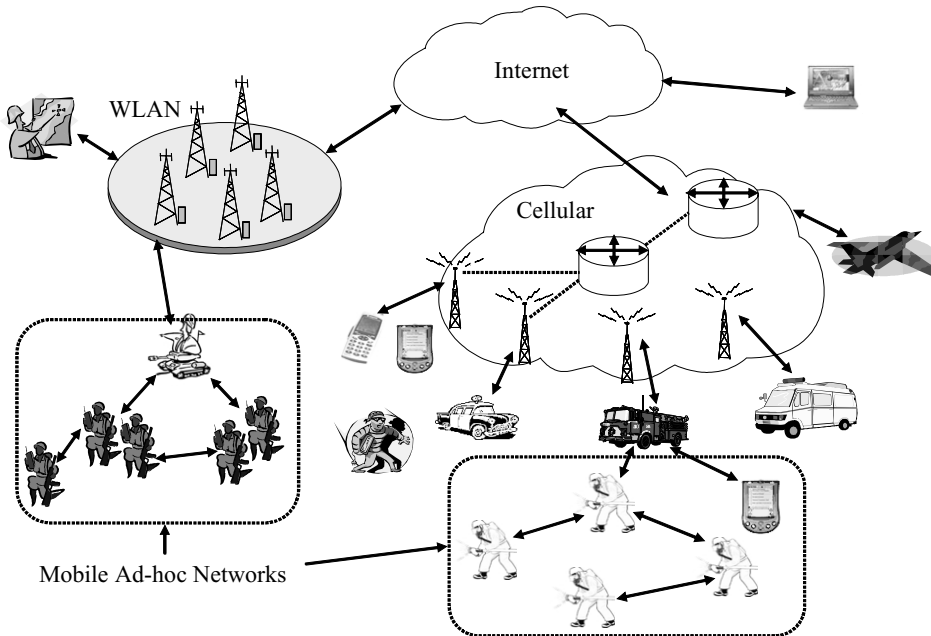
요약

본 고는 Ad-hoc 네트워크에서의 IPv6 자동네트워킹 기술의 개념과 본 연구팀의 개발 현황에 대해 소개한다. 이 기술을 통해 Ad-hoc 네트워크에 위치하는 이동 노드는 네트워크에 필요한 네트워크 인터페이스 IPv6 주소 설정 및 DNS 운영을 자동화할 수 있다. 여기서, DNS 운영의 자동화는 DNS 서버가 존재하지 않는 환경을 전제한다. 또한, 이동 노드는 멀티캐스트 응용을 위한 멀티캐스트 주소도 자동으로 할당할 수 있으며, 특정 서비스를 제공하는 응용들의 위치탐색도 가능하다. 이와 같은 기능들을 이용하면, Ad-hoc 환경에서 다양한 네트워크 서비스를 운영할 수 있게 된다.

1. 서론

MANET(Mobile Ad-hoc Network)은 통신 인프라가 없는 환경에서 이동단말들이 서로 통신할 수 있는 네트워크이다. 전장이나 비행기 또는 선박과 같이 외부 인터넷과 고립된 환경에서 이동단말이 통신하고자 할 때 임시적으로 망을 구축할 필요가 있다. 최근 MANET의 필요성이 증가됨에 따라 IETF(Internet

Engineering Task Force)의 MANET 워킹그룹 중심으로 멀티홉(multi-hop)으로 구성된 MANET에서 이동단말들이 통신하기 위해 필요한 Ad-hoc 라우팅 프로토콜을 개발하고 있다[1]. (그림 1)은 MANET의 몇 가지 사용 예를 보여주고 있는데, 전쟁터와 긴급재해복구 지역과 같이 네트워크 인프라가 없거나 파괴된 환경에서 Ad-hoc 라우팅을 통해 병사들간이나 구조원들간의 데이터 통신이 가능하다.



(그림 1) 이동 Ad-hoc 네트워크(MANET)

또한, MANET에서 오디오 또는 비디오 화상회의 같은 멀티캐스트 서비스의 필요성도 부각되고 있다. 아울러 MANET 사용자들이 쉽게 이동단말을 이용할 수 있도록 이동단말의 주소 설정을 IPv6의 주소 자동 설정을 이용하는 기법이 제안되고 있다[2]. 본 고에서는 이와 같이 MANET에서의 IP 네트워킹에 필수적인 4가지 기술인 IPv6 유니캐스트 주소 자동설정, IPv6 멀티캐스트 주소 자동할당, DNS 서비스, 서비스 위치 탐색기법의 개념 및 표준화 동향 등을 본 연구팀의 기술개발 및 표준화 진행현황을 중심으로 소개한다.

2. IPv6 기반 이동 Ad-hoc 네트워크를 위한 자동네트워킹 기술

2.1 IPv6 Ad-hoc 유니캐스트 주소 자동설정 기술

IPv6의 기본 제어프로토콜인 이웃탐색 프로토콜 (Neighbor Discovery: ND)과 비상태 주소 자동설정 (IPv6 Stateless Address Autoconfiguration) 기법을 이용하면 IPv6 유니캐스트 주소를 자동으로 설정할 수 있다[3][4]. 좀더 상세히 설명하면, 단일 링크상의 디폴트 IPv6 라우터는 라우터 광고(Router Advertisement: RA) 메시지를 주기적으로 송신하고, 각 단말들이 수신된 라우터 프리픽스를 기반으로 유니캐스트 주소를 자동으로 설정하게 된다. 그러나, 이와 같은 기존의 IPv6 자동설정 방식은 모든 이동단말이 라우터 기능을 수행하면서 동적으로 망 토폴로지가 변하는 MANET 환경에 적용하기가 부적합하다. 또한 기존의 이웃탐색 프로토콜은 단일 홉에서만 사용되므로, 멀티홉기반의 MANET에서 유니캐스트 주소의 중복성을 검사할 수 없으므로 확장해야 한다[5][6].

MANET 환경은 외부 인터넷과는 독립된 임시 망이기 때문에 MANET용 사이트 로컬 프리픽스(site-

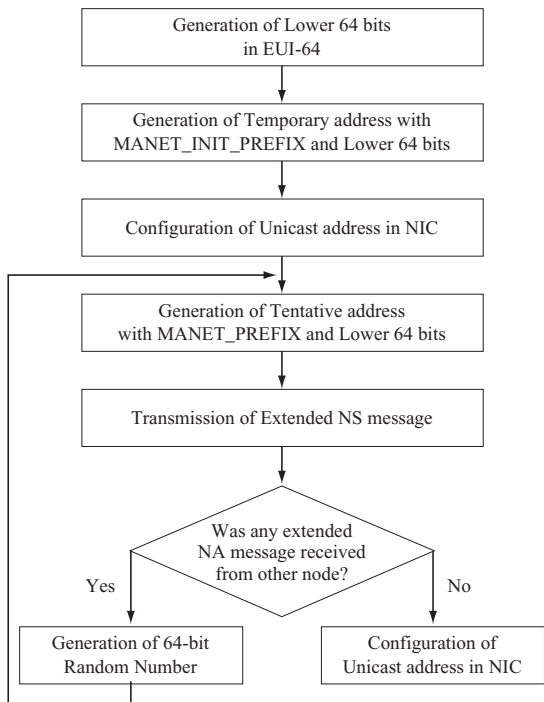
local prefix)를 미리 정의하여 비상태 IPv6 주소의 자동 설정 (IPv6 Stateless Address Autoconfiguration) 기법을 통해 IP 네트워크에 필요한 IPv6 유니캐스트 주소를 각 이동단말은 설정한다[6]. 그러나, 문서 [6]에서 제안하고 있는 방법은 IPv6 사이트-로컬 프리픽스(FC00::/10)를 사용할 것을 권고하고 있는데, 현재 IETF IPv6 워킹그룹에서 더 이상 사용하지 않기로 결정되었기 때문에 변경이 필요하다. 따라서, Hinden에 의해 새롭게 제안된 FC00::/8 프리픽스를 이용하여 (표)와 같은 MANET 전용 프리픽스를 본 연구팀에서는 제안하여 사용하고 자 한다. 여기서, 'x'는 각각 4비트로 구성되어 총 40비트이며, 할당기관에 의해 유일하게 생성되는 Global ID이다[7].

(표) MANET 전용 프리픽스

프리픽스 이름	프리픽스
MANET_INIT_PREFIX	FCxx:xxxx:xxxx:ffe::/64
MANET_PREFIX	FCxx:xxxx:xxxx:fff::/64

MANET_INIT_PREFIX는 실제적인 유니캐스트 주소가 만들어지기 전에만 임시적으로 유효한 유니캐스트 주소를 만들 때 사용되고, MANET_PREFIX는 실제적인 유니캐스트 주소를 만들 때 사용된다. MANET_INIT_PREFIX의 Subnet ID는 'FFFE'이고, MANET_PREFIX의 Subnet ID는 'FFFF'이다. MANET_INIT_PREFIX는 네트워크 인터페이스의 사이트 로컬 유니캐스트 주소를 할당하기 위해 임시 송신 주소(temporary source address)를 만들 때 사용되는 프리픽스이다. 이동단말은 이 두 종류의 프리픽스를 이용하여 자신의 주소를 만들며, 그 절차는 (그림 2)와 같다. 여기서 주의할 점은 MANET_PREFIX와 하위 64비트로 생성된 유니캐스트 주소는 아직 유일성을 검증 받지 않은 임시주소(tentative address)이

므로 DAD(Duplicate Address Detection) 과정을 필요로 한다. 기존의 주소 중복성 검사 메커니즘은 링크 로컬 범위에서만 수행되기 때문에 사이트 로컬 범위에서 DAD가 동작하기 위해서는 기존의 ND를 확장해야 한다. 그러므로 기존의 ND의 NS(Neighbor Solicitation) 메시지와 NA(Neighbor Advertisement) 메시지를 사이트 로컬에서 동작하도록 확장해야 한다. 그러나, 이와 같이 단순히 DAD를 위한 범주를 사이트-로컬로 확장하는 것만으로는 서브넷 단위로 분리 및 통합이 자주 발생하는 MANET 환경을 완전히 충족시키지 못한다. 그러므로, MANET 전용의 DAD 기법을 개발해야 할 필요가 있으며, Weak DAD라는 이름으로 연구가 진행되고 있다. 이를 통해, MANET 망의 분리 및 통합 등의 요인으로 주소가 변경되는 동안 MANET 응용이 세션을 유지할 수 있게 한다.

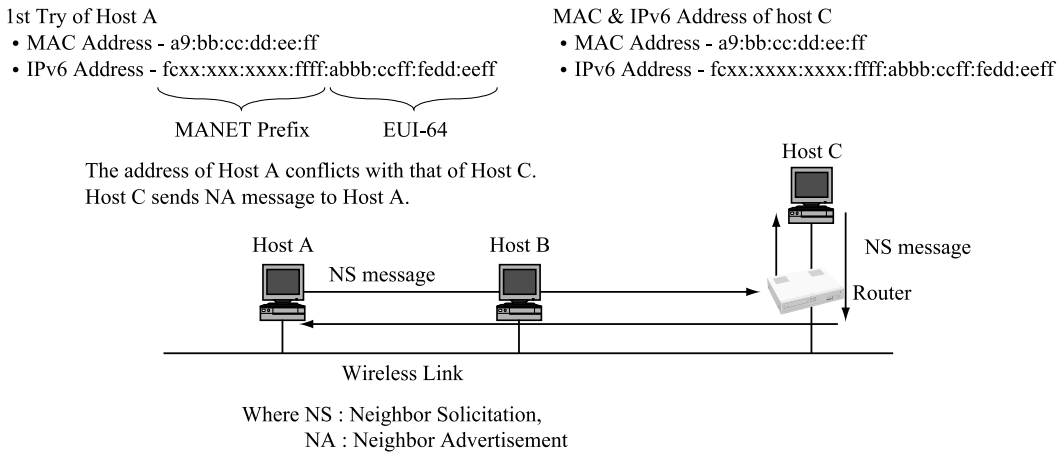


(그림 2) IPv6 사이트 로컬 유니캐스트 주소 설정 과정



(그림 3)은 호스트 A가 사이트-로컬 유니캐스트 주소를 설정하기 위해 MAC 주소의 EUI-64 ID를 포함하는 IPv6 주소를 생성하여 설정하기 위해 DAD를 했을 때 실패하는 예를 보여주고 있다. 이 경우에는 호스트 C가 호스트 A가 사용하려는 MAC 주소를 이미 사용하고 있기 때문이다.

제공한다. 이 기법의 주요한 특징은 이미 그 유일성이 검증된 IPv6 유니캐스트 주소의 인터페이스 ID를 이용한다는 것이다. 그래서, 각 이동노드들은 멀티캐스트 할당서버의 도움을 받지 않고 그 자체적으로 유일한 멀티캐스트 주소를 할당할 수 있게 (그림 4)는 사이트-로컬 멀티캐스트 주소의 형식을 나타낸다[6][8].

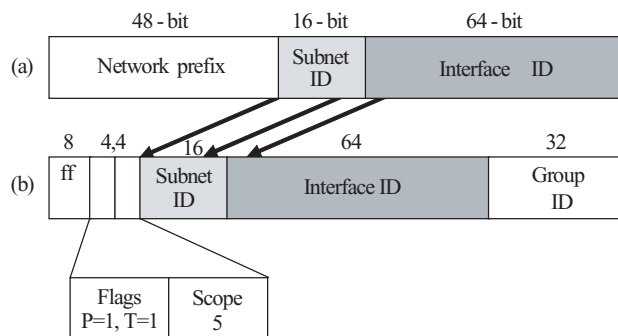


(그림 3) IPv6 사이트 로컬 유니캐스트 주소 설정이 실패하는 예

2.2 IPv6 Ad-hoc 멀티캐스트 주소 할당 기법

IPv6 멀티캐스트 주소 할당 기법은 새로운 멀티캐스트 주소를 필요로 하는 응용들에게 유일한 주소를

(그림 4)의 (b)의 형식으로 생성되는 멀티캐스트 주소가 네트워크 프리픽스를 기반으로 하는 임시적으로 사용될 주소임을 나타내기 위해 'Flags' 영역의 P 플래그와 T 플래그를 모두 1로 설정한다[6][8]. 'Subnet



(그림 4) IPv6 인터페이스 ID 기반의 멀티캐스트 주소 생성

ID' 영역은 MANET 프리픽스를 구성하는 'ffff' 값을 갖는다. 'Interface ID' 영역은 사이트-로컬 유니캐스트 주소를 설정할 때 사용된 하위 64비트 값으로 채워진다. 멀티캐스트 주소의 하위 32비트인 'Group ID'는 IPv6 멀티캐스트 주소 할당 가이드라인 표준에서 제시된 바에 따라 최상위 비트가 T flag와 같은 값인 1을 갖도록 난수가 선택된다[16]. 이렇게 구성된 멀티캐스트 주소는 사이트-로컬 범위의 MANET에서 유일성이 보장되는 주소이고 멀티캐스트 주소를 할당을 위해 주소 할당 서버를 필요로 하지 않는 장점이 있기 때문에 MANET 환경에서 적합하다고 할 수 있다. 그러나, 한가지 고려해야 할 점은 MANET 망이 동적으로 변화한다는 것이다. 이는 이미 할당되어 있는 유니캐스트 주소도 충돌가능성이 있다는 것이다. 따라서, 충돌을 지시하는 ICMPv6 메시지(예, AODV의 AERR 메시지)를 노드가 수신하게 된다면, 기존의 유니캐스트 주소로 설정된 멀티캐스트 주소를 더 이상 사용하지 말아야 하며, 향후 새롭게 생성되는 유니캐스트 주소를 이용하여 새롭게 멀티캐스트 주소를 생성해야 할 것이다.

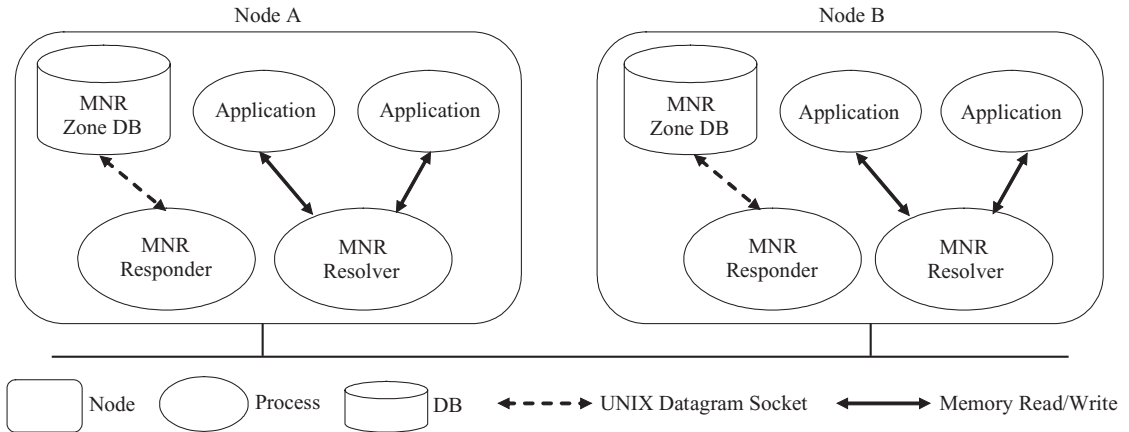
2.3 Ad-hoc 네트워크에서의 DNS 서비스

인터넷이 정보통신의 기반 망으로 부각된 이후, 최근에는 무선 LAN을 이용한 인터넷 서비스를 비롯하여 정보가전을 위한 홈네트워크의 도입이 활성화되고 있고, 정보통신 인프라가 없는 환경에서 임시 망을 구성하여 네트워킹을 제공하려는 Ad-hoc 망에서의 네트워킹 기술 연구 및 개발이 진행되고 있다. DNS 서비스는 인터넷 서비스에 가장 중요한 서비스 중의 하나이며, 사용자로 하여금 상대방의 도메인 네임(domain name)을 이용해서 상대방의 IP 주소를 알 수 있게 한다. 이러한 DNS 서비스는 IP를 네트워크

프로토콜로 이용하는 망에서는 필수적이다. 그러나, Ad-hoc 망과 같이 네트워크 토폴로지가 동적으로 변화하는 환경에서는 기존의 DNS 네임 서버(name server)를 통해 DNS 서비스를 제공하기 어렵다. 따라서, 이러한 Ad-hoc 네트워크에서 네트워크 관리자의 도움없이 DNS 서비스를 쉽게 제공할 수 있는 네이밍 기법이 필요하다.

이와 관련된 연구는 IETF DNSEXT 워킹그룹에서 진행하고 있으며, LLMNR(Link-Local Multicast Name Resolution)이라는 드래프트 문서가 개발되고 있다. 이 기법은 DNS 서버가 존재하지 않는 링크 범주에서 각 노드는 자신의 IP 주소를 각자 관리한다. 이 기법을 사이트-로컬 범주로 확장하면 MANET 환경에서 적용할 수 있다[10][11]. (그림 5)는 MANET 환경에서의 네임서비스를 위한 본 연구팀에서 개발하고 있는 이동 노드의 구조이다. (그림 5)의 각 노드가 DNS 서비스를 제공하기 위해 MNR 응답자와 리졸버를 실행시키면, DNS 서비스를 필요로 하는 응용 프로그램은 MNR 리졸버를 통해 DNS 서비스를 받게 된다. Ad-hoc 네트워크상의 노드가 상대방의 도메인 네임에 대한 IP 주소를 얻기 위한 절차를 살펴보면, MNR 리졸버가 도메인 네임에 대한 DNS 질의 메시지를 생성한 뒤 도메인 네임에 대응하는 멀티캐스트 주소로 생성된 DNS 질의 메시지를 전송한다. 질의된 도메인 네임에 대해 권한(Authority)를 가지고 있는 노드의 MNR 응답자가 그 질의 메시지를 수신하게 되고, 질의를 보낸 MNR 리졸버에게 유니캐스트로 질의에 대한 DNS 응답 메시지를 전송한다.

이와 같은 네임 서비스가 잘 동작하기 위해, 질의에 대해 응답하는 노드에 대한 인증 서비스가 무엇보다도 중요하다. 그러므로, DNS 메시지에 대한 인증 서비스를 제공하는 기법이 연구가 필요하며, 본 연구팀에서는 IPsec ESP 헤더를 이용하는 방식 또는 DNS TSIG



(그림 5) MNR 시스템 구조

를 이용하는 기법을 기반으로 연구를 진행하고 있다.

이 표기할 수 있을 것이다.

2.4 Ad-hoc 네트워크에서의 서비스 위치 탐색

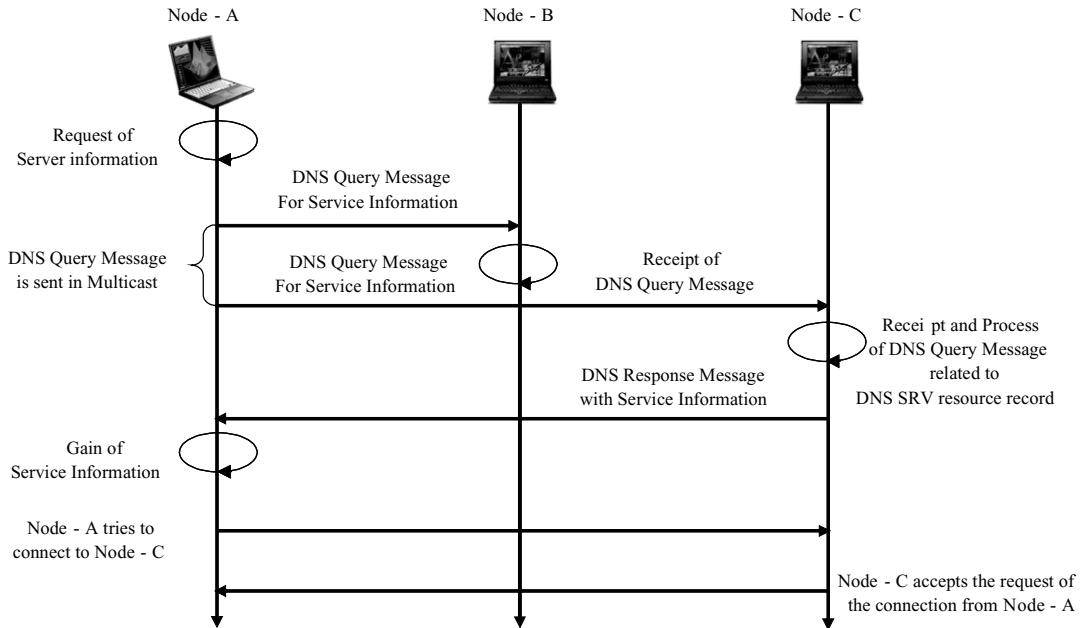
Ad-hoc 네트워크에서의 서비스 탐색은 MNR과 DNS SRV 레코드를 통해 제공될 수 있다[11-13]. DNS SRV 레코드는 특정 서비스를 제공하는 서버의 IP 주소와 포트 번호를 알려주기 위해 정의되었다. DNS SRV 레코드는 다음과 같이 10개의 영역으로 구성되며, DNS 유형(type) 코드로 SRV(=33)가 정의된다.

```
_Service._Protocol.Domain TTL Class SRV Priority
Weight Port Target
```

DNS SRV 레코드의 사용 예를 살펴보자. TCP를 이용하며 ‘ADHOC.’ 도메인 내에서 MULTIMEDIA-1이라는 응용 서비스를 정의하고자 한다. 또한, 이 서비스를 제공하는 서버의 도메인 이름은 “EXAMPLE.ADHOC.”이고 TCP 포트 번호는 “4500”이라고 하자. 이 서버의 우선순위(priority)와 가중치(weight)는 각각 “0”이라고 한다면, DNS SRV 레코드는 다음과 같

```
_MULTIMEDIA-1._TCP.ADHOC500 IN SRV 0 0 4500
EXAMPLE.ADHOC.
```

(그림 6)은 본 연구팀에서 구현한 MNR과 DNS SRV 레코드를 이용한 서비스 탐색 과정을 보여주고 있다. Node-A는 특정 서비스를 제공하는 서버의 IP 주소와 포트 번호를 알아내기 위해 (그림 6)와 같이 서비스의 SRV 레코드에 대한 DNS 질의 메시지를 멀티캐스트로 송신한다. 그 응용 서비스를 제공할 수 있는 Node-C는 Node-A에게 SRV 레코드에 대한 응답 메시지를 보낸다. Node-A는 Node-C로부터 수신한 응답 메시지에 저장된 IP주소와 포트 번호로 Node-C에 실행되고 있는 서버에 접속한다. 이와 달리, IETF에서 인터넷에서의 서비스 위치 탐색을 위해 개발된 SLP (Service Location Protocol) 표준을 통해서도 Ad-hoc 네트워크에서의 서비스를 탐색할 수도 있다[14].



(그림 6) MNR과 DNS SRV 리소스 레코드를 통한 서비스 탐색 과정

3. 결론

MANET은 임시방편적으로 구축되는 네트워크로서 통신 인프라가 없는 환경에서도 이동 노드들의 통신을 제공하는 네트워크이다. 현재까지 MANET에 관련한 연구는 라우팅 프로토콜 중심이었으며, 최근에는 MANET에서 사용자들이 쉽고 편리하게 IP 네트워킹을 할 수 있게 하는 자동 네트워킹 기술에 대한 논의가 진행되고 있다. 본 고는 IPv6 기반 MANET 환경에서 사용자가 기본적인 네트워킹 설정 및 서비스를 받도록 해주는 IPv6 유니캐스트 주소 자동설정 기법, 멀티캐스트 주소 자동할당 기법, 안전한 네임 서비스, 서비스 위치 탐색 기법 등 4가지의 IPv6기반의 자동네트워킹 기술을 본 연구팀의 개발 및 표준화 현황을 중심으로 소개하였다.

향후, MANET 환경에 적합한 보안서비스, DAD 기법의 확장, P2P 응용처럼 특화된 응용 개발 등이

IPv6기반 자동네트워킹 기술과 함께 연계해서 연구되어야 할 것이다. 이와 함께 IPv6 자동네트워킹 기술은 BCN, 홈네트워크 등으로 확장하여 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] IETF MANET 워킹그룹, <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>
- [2] A. Williams, "Requirements for Automatic Configuration of IP Hosts," draft-ietf-zeroconf-reqts-12.txt, Sep. 2002.
- [3] T. Narten, E. Nordmark, and W. Simpson, "Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6)," RFC2461, Dec. 1998.
- [4] S. Thompson and T. Narten, "IPv6



- Stateless Address Autoconfiguration,” RFC2462, Dec. 1998.
- [5] Charles E. Perkins et al., “IP Address Autoconfiguration for Ad Hoc Networks,” draft-perkins-manet-autoconf-01.txt, Nov. 2001.
- [6] Jaehoon Jeong and Jungsoo Park, “Autoconfiguration Technologies for IPv6 Multicast Service in Mobile Ad-hoc Networks,” 10th IEEE International Conference on Networks, Aug. 2002.
- [7] R. Hinden and B. Haberman, “Unique Local IPv6 Unicast Addresses,” draft-ietf-ipv6-unique-local-addr-02.txt, Jan. 2004.
- [8] Jung-Soo Park and Myung-Ki Shin, “Link Scoped IPv6 Multicast Addresses,” draft-ietf-ipv6-link-scoped-mcast-04.txt, Feb. 2004.
- [9] B. Haberman, “Allocation Guidelines for IPv6 Multicast Addresses,” RFC3307, Aug. 2002.
- [10] Levon Esibov, Bernard Aboba, and Dave Thaler, “Linklocal Multicast Name Resolution(LLMNR),” draft-ietf-dnsexp-mdns-29.txt, Jan. 2004.
- [11] 정재훈, 박정수, 김형준, “Unmanaged Network에서의 DNS 서비스와 서비스 탐색을 위한 Multicast Name Resolution의 설계 및 구현,” JCCI2003, Apr. 2003.
- [12] A. Gulbrandsen, P. Vixie, and L. Esibov, “A DNS RR for specifying the location of services(DNS SRV),” RFC2782, Feb. 2000.
- [13] Jaehoon Jeong, Jungsoo Park, and Hyoungjun Kim, “Service Discovery based on Multicast DNS in IPv6 Mobile Ad-hoc Networks,” VTC2003 Spring, Apr. 2003.
- [14] E. Guttman, “Service Location Protocol Modifications for IPv6,” RFC3111, May 2001. 