

Ad hoc 망을 위한 IPv6기반 비상태형 자동 주소설정 프로토콜

박정수* · 인민교* · 홍용근* · 김용진* · 박성우**

*한국전자통신연구원 · **한남대학교

IPv6 Stateless Address Autoconfiguration for Mobile Ad Hoc Networks

Jung-soo Park* · Min-kyo In* · Yong-Geun Hong* · Yong-Jin Kim* · Sung-Woo Park**

*ETRI · Hannam University

E-mail : {pjs · mkin · yghong · kimyj}@etri.re.kr, swpark@mail.hannam.ac.kr

요 약

IPv6 상태 비보존형 자동설정 (Stateless Address Autoconfiguration, SAA) 방식은 개념적으로 MANET (mobile ad hoc networks) 환경에 쉽게 적용될 수 있다. 그러나, 비보존형 자동설정 방식의 핵심 프로토콜인 이웃 탐색 프로토콜(Neighbor Discovery Protocol, NDP)은 MANET의 multi-link 환경에 적절하지 못하다. 그래서, 본 논문은 MANET 환경에 적절하도록 SAA 메커니즘을 확장하고자 한다. 즉, NDP를 확장하고자 한다.

ABSTRACT

The concept of IPv6 stateless address autoconfiguration lends itself easily to mobile ad hoc networks. However, the Neighbor Discovery Protocol (NDP)-based mechanism described in [1] does not fit well for the multi-link environments in the mobile ad hoc network. In this document, we extend the current SAA mechanism to be suitable for mobile ad hoc networks.

키워드

차세대인터넷, 상태 비보존형 자동주소, IPv6, SAA

1. 서 론

MANET 환경은 네트워크 인프라가 구축되지 않은 상태에서 일시적 사용을 목적으로 구축되는 망이다. 따라서, 네트워크 상에서 통신이 이루어지기 위해 각 노드가 해야할 첫 번째 일은 IPv6 주소를 얻는 것이다. 그러나, 이와 같은 망은 중앙 집중화된 관리 개념이 존재하지 않으므로, 각 이동 노드는 분산환경에서 자신 스스로 네트워킹 기능을 설정해야 한다.

IPv6 기반의 네트워크에서는 각 노드가 자신의 주소를 자동적으로 설정하기 위해 두 가지 방식을 사용할 수 있다. 첫 번째는 DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol) 서버를 사용한 동적 주소 할당 방식이다. 그러나 이동 ad hoc 네트워크에서는 기본적으로 서버가 존재하지 않는 것을 가정하고 있기 때문에 이 방식은 일반적으로 적용될 수 없다. 두 번째는 자동 주소 설정 방

식인데 주소 설정 서버가 존재하지 않는 상황에서 각 노드에게 로컬 범위의 주소를 할당할 수 있는 유용한 방법이다. SAA에서는 각 노드가 링크 로컬 주소를 생성해내고 이렇게 생성된 주소가 링크 내의 다른 노드들에서 사용되어지고 있는지에 대한 중복 주소 검사 (Duplicate Address Detection, DAD) 과정을 수행한다. 이 과정은 메시지들이 링크 상의 인접 노드들과 교환되는 인접 노드 탐색 프로토콜 (Neighbor Discovery Protocol, NDP)을 기반으로 하고 있다. NDP를 이용하여 교환되는 모든 메시지들의 IP주소는 링크 로컬 범위를 가지고 있다[1][2].

앞에서 언급한 SAA는 주소 범위와 네트워크 토폴로지와 불일치 때문에 MANET 환경에 직접 적용할 수가 없다. MANET은 일반적으로 무선 링크들에 의해서 연결되는 이동 노드들로 구성되어 있다. MANET에서의 각 노드들은 호스트 기능이 내장된 라우터로 볼 수 있으며 데이터그

램들이 IP 계층에서 포워딩 된다. 무선 링크의 전송 범위에 따라 통신 경로는 하나 이상의 홉을 포함하는 경우가 생기는 것이다. 이 경우 링크 로컬 주소의 사용은 IP 데이터그램의 전송이 단일 링크 상으로 국한되어야 한다는 "링크 로컬" 정의를 위반하게 된다.

IPv6에서는 사이트-로컬 (site-local) 주소라는 로컬 범위를 가지면서 링크-로컬 주소보다는 보다 확장된 영역을 포함할 수 있는 또 다른 범위의 주소를 정의하고 있다. 사이트 로컬 범위의 주소를 가지는 IP 데이터그램은 사이트 내에서 경로 상의 중간 노드들에게 특별한 제약 조건을 부과하지 않으면서 사이트 내 어디든지 도달할 수가 있다. IETF에서도 비록 사이트에 대한 엄격한 정의는 아직 정의되지 않은 상황이지만, 이동 ad hoc 네트워크가 포함하고 있는 영역은 대략 사이트가 포함하는 영역에 해당될 수 있다는 사실을 어렵지 않게 알 수 있다.

따라서, MANET 환경에서 IPv6를 사용할 경우 다중 홉 경로 상에서 IP 데이터그램을 전달하려면 사이트 로컬 주소를 사용하는 것이 적절하리라 판단된다. 또한, SAA의 경우 DAD 메커니즘도 이에 따라 멀티 홉 환경에 적합하도록 바뀌어야 할 것이다.

II. 비상태형 주소설정 메커니즘(SAA)

호스트 IP 주소의 자동생성은 DHCP와 같은 서버를 이용하여 주소를 획득하는 상태형 자동 주소설정 (statefull auto-configuration) 방법과 호스트측에서 스스로 주소를 생성하는 비상태형 자동 주소설정(stateless auto-configuration) 방법으로 분류 된다. 서버를 사용하는 방법은 호스트측에서 DHCP 서버에 주소를 요청하면, 서버에서 할당 가능한 주소 중 하나를 호스트측에 할당하는 것이다. 따라서 서버는 대규모 데이터베이스를 갖추어야 하며, 엄격한 관리가 요구된다. 그에 반해 비상태형 자동 주소설정 방식은 호스트측에서 스스로 주소를 생성하는 방법으로 자신의 interface ID 정보와 라우터로부터 획득한 프리픽스 정보 또는 well-known 프리픽스 정보를 이용하여 주소를 생성하는 방법이다. 따라서, 호스트가 자신의 주소에 대한 생성 및 할당을 책임진다. 본 논문에서는 이미 알려진 프리픽스 정보를 이용한 방법에 대해서만 소개하고자 한다[1].

1. 링크-로컬 주소 생성

링크-로컬 주소는 단일 링크내에서만 사용가능하며, 경계 라우터가 외부망으로 전파되는 것을 차단한다. 물론, 라우터가 존재하지 않거나 DHCP 서버가 존재한다고 할지라도 사용가능하다. 이와 같은 환경에서 생성된 링크-로컬 주소는 시간적인 사용제약을 받지 않으며, 단일 링크 내에서는 언제든지 사용 가능하다. 이러한 링크-로

컬 주소는 본 고에서 다루고자 하는 라우터의 도움없이 자동 주소 설정 방식에 의해 획득될 수 있으며, NDP 등에서 단일 링크 내의 노드간의 통신에 이용된다. 이와 같은 링크-로컬 주소의 형식은 아래와 같다[3].

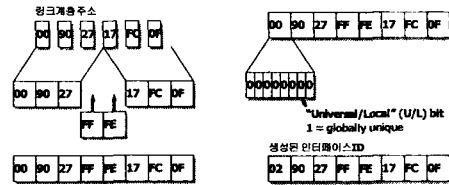
10 bits	54 bits	64 bits
1111 1110 10	0	Interface ID

<그림 1> 링크-로컬 주소의 구조

IPv6 주소의 앞 부분에 위치하는 비트 집합을 프리픽스(prefix)라 하며, <그림1>의 1111111010 (FE80::/10)은 링크로컬용으로 미리 정해진 프리픽스이다. 이 프리픽스는 각 패킷이 전달 될 수 있는 활용 범위를 단일 링크로 제한하기 위해 이용되고, 패킷이 속한 네트워크를 식별하기 위해서도 사용된다. 따라서 이 프리픽스를 이용하면, 라우터로부터 프리픽스에 대한 정보를 획득하지 않고서도 호스트가 자신의 링크-로컬 주소를 생성할 수 있는 것이다.

일반적인 링크-로컬 주소를 생성하는 방법을 살펴보면, <그림 1>과 같이 이미 알려진 (well-known) 프리픽스 정보에 자신의 ID 정보를 붙여서 생성한다. 이때, 프리픽스와 인터페이스 ID 사이에는 0으로 채워지며, 만일 사용하고자 하는 ID 비트수가 프리픽스 비트수인 10비트를 제외한 나머지 118 비트 이상 일 경우에는 주소 생성이 불가능하다. 그러나, 일반적으로 인터페이스 ID는 64 비트를 사용하도록 권고되고 있다.

현재 가장 널리 사용되고 있는 이더넷 환경을 기반으로 링크-로컬 주소 설정 방법을 살펴보고자 한다. 앞에서 설명한 것처럼 프리픽스는 이미 정해져 있으므로, 이더넷 환경에서 링크-로컬 주소를 생성하기 위해서는 인터페이스 ID를 구성해야 한다. 인터페이스 ID를 구성하는 방법은 <그림 2>에 제시된 방법을 따라 생성하면 되며, 이더넷 링크계층 주소가 48비트의 '00:90:27:17:FC:0F'이면 인터페이스 ID는 64비트의 '02:90:27:FF:FE:17:FC:0F' 값을 얻을 수 있다. 여기서, 'FF:FE'는 이더넷 환경에서 IEEE EUI-64 형식을 따르도록 첨가한 것이며, 7번째 비트를 '1'로 변경한 것은 인터페이스 ID가 글로벌 범주를 가진다는 의미이다.

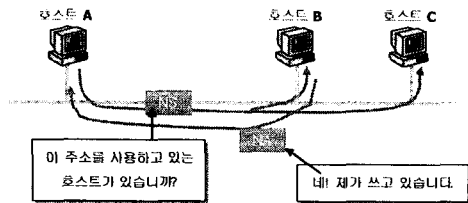


<그림 2> 이더넷 환경에서의 인터페이스 ID 구성 방법

이렇게 만들어진 인터페이스 ID를 <그림 1>의 인터페이스 ID 영역에 넣으면, 링크-로컬 주소가 완성된다. 이 링크-로컬 주소는 링크 내에서 주소의 유일성을 검증받지 않았기 때문에 임시 주소(tentative address)라 불리며, DAD 과정을 수행해야만 된다.

2. 중복주소 검출 (DAD)

DAD는 인터페이스에 주소를 할당하기 전에 충돌여부를 검사하는 과정이며, 링크로컬 주소를 생성하기 위한 비상태형 주소설정 방식에서는 강제사항이다. <그림 3>은 이웃탐색 프로토콜의 NS (Neighbor Solicitation)와 NA (Neighbor Advertisement) 메시지 형식을 이용한 중복주소 검출 방법을 나타낸다. 호스트 A에서 임시 주소를 생성한 후 NS 패킷을 망으로 보내게 된다. 이때, 일정시간 동안 NA 패킷을 기다리다가 받지 못할 경우, 이 주소에 대한 유일성이 검증된 것으로 판단하여 인터페이스에 주소를 할당한다. 그러나 다른 호스트로부터 NA 패킷을 받았다는 것은 이미 그 주소를 다른 호스트가 사용하고 있다는 의미이므로 인터페이스에 그 주소를 할당할 수 없다. 이렇게 주소 할당이 실패하면, 상태형 주소 할당 방식을 이용해서 주소를 획득해야 한다.



<그림 3> 중복주소 검출 과정

링크-로컬 주소외에 사이트-로컬, 글로벌 주소 등이 있다. 이 주소들의 구성 방법은 링크-로컬 주소의 구성방법과 2가지 측면에서 차이가 있다. 먼저, 이미 알려진 프리픽스를 사용하는 링크-로컬 주소와는 달리, 라우터로부터 프리픽스 정보를 획득해야 한다. 또한, 링크-로컬 주소의 경우와는 달리, DAD 과정이 강제사항이 아니다. 링크-로컬 주소 생성시, 사용되었던 인터페이스 ID, 즉, DAD 과정을 통과한 주소에서 사용되었던 인터페이스 ID를 그대로 사용한다면, DAD 과정을 다시 수행할 필요는 없다.

III. 향상된 주소설정 메커니즘 (Enhanced SAA)

자동 주소 설정은 멀티캐스트가 가능한 인터페이스에 대해 수행된다. 노드가 서로 다른 두 개 이상의 링크 계층 인터페이스를 가질 경우 각 인

터페이스에 대해 독립적으로 수행되어야 한다. 각 노드는 아래에 기술될 절차에 의해 사이트-로컬 주소를 자체적으로 발생시키며, 발생된 모든 주소에 대해 인터페이스에 할당하기에 앞서 중복 주소 검사를 하여야 한다.

1. 사이트-로컬 주소 생성

각 노드는 인터페이스가 활성화되면 언제나 사이트-로컬 주소를 만들어낸다. 이때 사용되는 사이트-로컬 주소 형식은 <그림 4>와 같이 네 개의 영역으로 이루어지며 글로벌 주소 없이도 사이트 내에서 통신을 가능케 하기 위한 목적으로 만들어졌다. 따라서, 사이트 내의 라우터는 소스 또는 목적지 주소가 사이트 로컬 범위를 가지는 IP 데이터그램에 대해서는 어떠한 일이 있어도 사이트의 외부로 포워딩할 수 없다. 한편, 사이트 로컬 주소는 preferred 상태와 valid 상태에 대해서 무한대의 life time을 가지기 때문에 주소의 사용 시간이 만료되지 않는다.

10bit	38bit	16bit	64bit
1111 1110 11	0	Subnet ID	Interface ID

<그림 4> 사이트-로컬 주소 형식

<그림 4>에서 보는 바와 같이 사이트 로컬 주소의 처음 48 비트는 고정된 프리픽스를 가진다. 64 비트로 이루어진 인터페이스 ID는 각 노드가 가지는 EUI-64 인터페이스를 기반으로 결정된다. 따라서, 각 노드가 16 비트로 구성된 서브넷 ID를 임의로 발생시킴으로써 자동네트워크를 위한 완전한 사이트 주소를 구성할 수 있게된다. 이런 경우 이동 ad hoc 네트워크 내의 모든 노드들은 서로 다른 서브넷 주소를 가질 수도 있게 된다. 이렇게 되면 서브넷 ID는 더 이상 서브넷을 위한 식별자로서의 의미를 잃게 되며 경로 군집화(route aggregation)도 불가능해진다. 즉, 서브넷 ID는 단지 인터페이스 ID의 확장 형태로 인식될 수 있으며 나중에 이동 ad hoc 네트워크가 인터넷에 접속하게 되면 라우터 주소 재정과 같은 프로토콜에 의해 재설정될 수도 있다[3].

2. 중복주소 검출

기존 표준에서는 사이트-로컬 주소에 대한 DAD가 강제사항이 아니다. 그러나, ESAA에서는 사이트내에서의 유일성을 검증받기 위해 반드시 수행해야 한다. DAD 과정은 링크-로컬 주소 생성시 사용된 메커니즘과 동일하지만, 사용되는 주소와 활용범주에 차이가 있다.

2.1 NS 메시지의 전송

NS 메시지를 보내기 전에 노드는 해당 인터페이스에 대해 사이트-로컬 all-nodes 또는 routers 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있어야 한다. 그래야만, 다른 노드들로부터 전송되어지는 NS/NA 메

시지들을 수신하여 올바른 중복 주소 검사를 수행할 수 있다. 각 노드가 NA 메시지를 수신하게 되면 중복 주소 검사 중인 임시 주소가 이미 다른 노드에 의해 사용되고 있음을 의미하는 것이다. 한편, 각 노드가 NS 메시지를 수신하게 되면 그 NS 메시지를 보낸 다른 노드가 검사 중인 임시 주소에 대해 중복 주소 검사를 수행하고 있음을 알게 된다.

2.2 NA 메시지의 수신

어떤 인터페이스 상에서 유효한 NA 메시지를 받게 되면 그 메시지의 처리는 타겟 주소가 임시 주소나 아니냐에 따라 또는 인터페이스에 할당된 유니캐스트 주소나 애니캐스트 주소냐에 따라 달라지게 된다. 만약 목표 주소가 수신 인터페이스에 이미 할당되어 있다면 일반적인 NDP 메커니즘 표준에 처리된다. 만약 목표 주소가 임시 주소라면, 그 임시 주소는 중복되는 것이다.

IV. 결 론

MANET은 인터넷과 같은 IP 기반의 외부 네트워크에 접속될 수도 있고, 아니면 독립적으로 구축되어 운용될 수도 있다. 본 논문에서는 외부 세계와는 단절된 채로 고립되어 운용되는 MANET 환경에 대해서만 다루고 있으며, 이 환경에서 적합한 IPv6 주소 자동설정 메커니즘을 제시하였다.

향후 연구 과제로, MANET이 인터넷과 연동하기 요구되는 기능 향상된 메커니즘 제시와 토폴로지 측면에서 MANET 환경을 고찰하고자 한다. MANET은 토폴로지 측면에서 동적으로 변하는 노드간의 연결을 유지하고 있다고 할 수 있다. 이와 같은 동적인 토폴로지에 속한 어떤 노드들은 종종 네트워크에서 분리되었다가 얼마의 시간이 흐른 후에 다시 네트워크에 연결되기도 한다. 이러한 네트워크 분리 (partitioning) 문제를 고찰하고자 하는 것이다. 이외에 보안 측면에서 조사 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] S. Thomson and T. Narten, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration", RFC2462, December 1998.
- [2] T. Narten, E. Nordmark and W. Simpson, "Neighbor Discovery for IP version 6 (IPv6)", RFC2461, December 1998.
- [3] R. Hinden and S. Deering, "IP version 6 Addressing Architecture", RFC2373, July 1998.