

효율적인 라우팅을 위한 IPv6 주소 할당 방식

IPv6 Address Allocation for Efficient Routing

강 유화, 박 창민, 김 태일

Yoo-Hwa Kang, Chang-Min Park, and Tae Il Kim

Abstract - 광대역통합망(BcN: Broadband convergence Network)은 IT839에서 정의하는 8대 핵심 서비스를 위한 인프라 기술이며, 이들 핵심 서비스들이 요구하는 가장 중요한 사항은 각 서비스에서 요구하는 단말 및 망의 서비스 주소이다. 이러한 주소의 결정은 서비스 성능을 결정하는 가장 기본적인 사항이다. 따라서 BcN에서는 최종적으로 IPv6 주소에 의한 네트워크 구성으로 이들 8대 핵심서비스의 서비스 품질을 보장할 수 있는 망을 구성하고 서비스 사용자의 망 접속 편리성 제공과 향후 새로운 서비스 확장성을 제공하고자 한다.

따라서 본 논문에서는 IPv6 주소를 이용한 망 구성에 있어서 패킷 포워딩에 가장 큰 영향을 미치는 글로벌 라우팅 테이블과 이를 구성하는 BGP 라우팅 프로토콜의 관련 기능을 살펴보고, 이 라우팅 테이블을 가장 효율적으로 구성할 수 있는 주소 할당 방식에 대하여 기술한다.

Key Words : IPv6, Address, Routing, BGP4, Aggregation

1. 서론

IPv6는 IPv4의 주소 고갈 문제 해결과 라우팅의 효율성, 보안 기능, 이동성 지원, QoS 보장 등과 같은 더욱 향상된 서비스 기능을 제공하기 위하여 만들어졌다[1]. 기존의 IPv4 주소 할당이 사용자 요구에 따른 주소 할당으로 인하여 라우팅 테이블의 엔트리 증가와 이로 인한 각 패킷의 테이블 룩업(Lookup) 시간이 증가하는 문제점이 발생하였다. 하지만 기존의 4바이트인 IPv4 주소보다 주소 공간이 4배인 16바이트의 주소 길이를 가지는 IPv6 주소는 IPv4에서 발생되었던 라우팅 테이블의 증가와 이로 인한 패킷 룩업 시간의 증가가 훨씬 더 심각할 것으로 예상되고 있다.

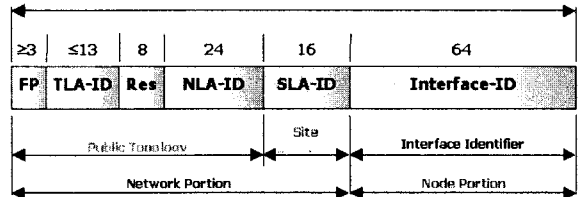
본 논문에서는 IPv6에서 예상되는 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 초기부터 IPv6 주소 할당 원칙에 따른 주소 배정 방안과 구체적인 할당 방식에 대해 언급하고자 한다. 2장에서는 IPv6 주소 구조와 주소 확대에 의한 라우팅 테이블 엔트리 증가에 가장 큰 영향을 미치는 BGP4 (Border Gateway Protocol Version 4)[2] 라우팅 프로토콜의 기능을 설명하고, 현재 4 바이트인 IPv4 주소를 사용하는 인터넷 망에서보다 훨씬 더 효율적인 라우팅 테이블을 구성하기 위한 BGP4 라우팅 프로토콜의 주소 통합(Aggregation) 기능에 대해 자세히 설명한다. 3장에서는 IPv6 주소 배정 방식을 살펴보고, 효율적인 라우팅 테이블 구성과 이로 인한 패킷 룩업 시간의 절약으로 더 향상된 패킷 포워딩을 수행할 수 있는

IPv6 주소 할당 방안을 제시한다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺기로 한다.

2. IPv6 라우팅

2.1 IPv6 주소

기존의 IPv4주소는 4 바이트의 주소 길이에 의해서 2^{32} 개의 주소 생성이 가능하나 비효율적인 할당 (유효한 주소개수는 5'6억개)과 무선 인터넷, 정보가전 등의 신규 IP주소 수요로 주소 부족 문제가 대두되면서, 차세대 인터넷인 IPv6는 128비트 주소 길이를 가지므로 2^{128} 개의 주소를 생성할 수 있어 IP주소의 부족문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 품질 제어, 보안, 자동 네트워킹 및 다양한 서비스 제공이 용이하다.



FP: Format Prefix (001: global address)
 TLA-ID: Top-level aggregation identifier
 RES: Reserved
 NLA: Next-level aggregation identifier
 SLA-ID: Site-level aggregation identifier
 Interface ID: Interface identifier

그림 1. IPv6 주소 구조

저자 소개

강유화 한국전자통신연구원 선임연구원
 박창민 한국전자통신연구원 책임연구원
 김태일 한국전자통신연구원 책임연구원

그림 1에서 글로벌 유니캐스트 주소[6]의 TLA는 사업자 또는 교환국에 할당 가능하고, 계층적 구조를 가진다. 따라서, IPv6 주소를 계층적 구조로 할당하고 라우팅을 수행하면, 글로벌 라우팅 주소(Prefix) 또한 계층적으로 구성 된다

2.2 IPv6 라우팅

IPv6 라우팅도 IPv4와 같이 Longest-prefix match에 따라 라우팅이 수행되며, 기존 IPv4 라우팅 프로토콜이 IPv6를 지원하기 위하여 새롭게 확장되었다. OSPFv3, ISIS for IPv6, BGP4+, RIPv6과 같은 라우팅 프로토콜이 IPv6를 지원하기 위해 표준화되었다.

2.2.1 BGP4+

글로벌 라우팅 테이블을 구성하는 BGP4의 다중 프로토콜 확장인 BGP4+는 다중 네트워크 프로토콜 (예를 들면 IPv6, IPX, 등)에 대한 정보를 교환 가능하도록 설계되어 있으며, RFC 2283 규격이 정의되어 있다[4].

그림 2는 BGP4+에서 구성된 라우팅 테이블 및 라우팅의 예를 보여준다.

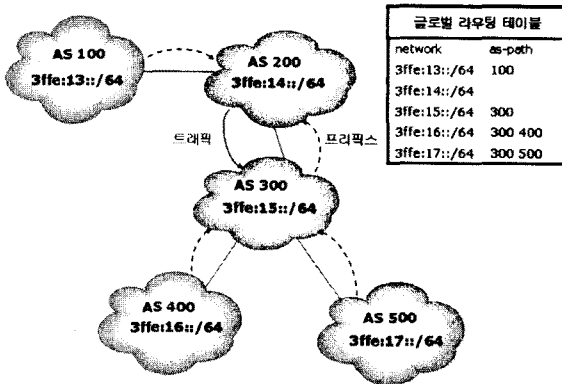


그림 2. BGP4+ 라우팅

BGP4에서 여러 종류의 네트워크 프로토콜을 지원하기 위해서는 (1) 특정 네트워크 계층 프로토콜과 NEXT HOP 정보를 결합할 수 있는 기능과, (2) 특정 네트워크 계층 프로토콜과 NLRI(Network Layer Reachability Information) 정보를 결합할 수 있는 기능만을 추가하면 된다. "Multiprotocol Extensions for BGP4 [4]"에서 이 2가지 기능을 제공하고 있으며, 특별히 IPv6를 위한 BGP 확장은 "Use of BGP-4 Multiprotocol Extensions for IPv6 Inter-Domain Routing" [5]에서 제공된다.

2.2.2 BGP Aggregation

인터넷의 라우터 및 네트워크가 증가함에 따라, 라우터가 관리해야 할 라우팅 테이블 사이즈도 증가하게 되었다. 다행히 네트워크 Aggregation 덕분에 인터넷에서 늘어나는 호스트(Host)의 수만큼 BGP 라우팅 테이블 엔트리 수가 늘어나지는 않는다.

다음에서 2001:0410::/32로 BGP Aggregation의 예를 보여준다. BGP4+를 이용하여 Aggregation을 수행하면, 아래의 그림과 같이 Aggregation된 라우팅 테이블 관리가 가능해진다.

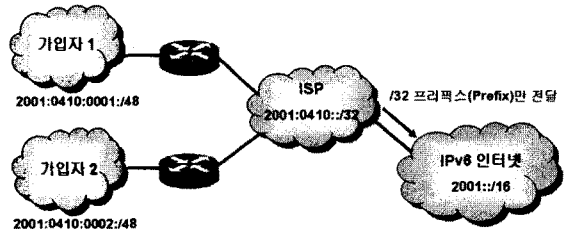


그림 3. BGP Aggregation

Aggregation을 수행하면 라우팅 정보를 줄일 수 있으므로, 인터넷에 존재하는 라우터들이 관리하는 라우팅 테이블의 크기가 줄어들고 또한, 라우터 간에 전달되는 라우팅 엔트리 정보의 양도 감소한다. 따라서, BGP4+를 이용하여 Aggregation을 수행함으로써, 리소스의 절약과 정보전달의 안정성을 제공할 수 있는 장점을 가진다.

인터넷의 라우팅 정보와 네트워크의 증가는 라우터의 부하를 가중시켜, 라우터가 더 큰 라우팅 테이블을 처리하게 되었다. 라우팅 테이블의 증가는 여러 개의 긴 Prefix를 하나의 짧은 Prefix로 Aggregation시킬 필요성을 가지게 되었으며, 이 때 라우팅 테이블 Aggregation은 주소가 통합된 형태로 계층적 할당이 되었을 경우에만 가능하다.

3. IPv6 주소 할당 방식

인터넷에서 데이터 패킷의 처리는 인터넷을 구성하고 있는 각 라우터에서 IP Prefix 기반으로 라우팅이 수행되기 때문에, IPv6 주소 할당 및 관리는 주소 할당에 의한 망 구성 방법과 함께 인터넷 서비스 품질을 결정할 수 있는 많은 기능들과 밀접한 관계가 있다. 이전의 IPv4에서는 주소 할당을 IPv4 주소 공간의 부족으로 효율적인 주소 할당이 가장 큰 이슈였으나, 새로운 IPv6 망을 구축함에 있어서는 서비스 품질을 최대한 보장해 줄 수 있도록, 초기 망 구축 단계에서부터 차세대 인터넷의 체계적이고 효율적인 특징을 제공할 수 있는 IPv6 주소 할당 및 관리 방안이 필요하다.

현재까지는 IANA가 RIR(Regional Internet Registry)에 주소를 할당하고, RIR에서 NIR(National Internet Registry) 또는 네트워크 사업자 (ISP: Internet Service Provider)에게 할당하는 방식으로 운영되고 있다. 하지만, 대륙 내에서 ISP 별 주소 할당 방식 외에 지리적 특징에 따른 주소 할당 방식은 효율적인 라우팅 테이블을 구성하기 위해 고려해 볼 필요가 있다. 지리적 주소 배정방식에 따라 계층적으로 IP 주소를 할당하면, 대륙 별 할당 기구의 지역 영역에 대해 하나의 공통 IP Prefix로 주소 Aggregation이 가능하여, 대륙 내 모든 지역 네트워크는 대륙 간 단 하나의 라우팅 테이블 엔트리로 표현할 수 있다. 이렇게 계층적으로 IP 주소를 할당하기 위해서는 우선, 대륙 별로 주소가 할당되고, 대륙에 할당된 주소 범위 내에서 다시 그 다음 단계로 주소 할당이 이루어져야 한다. 즉, RIR에서는 할당 주소 공간을 분할하여 NIR로 할당을 하여야 한다.

본 논문에서는 지리적으로 IPv6 주소를 할당하는 방식에 있어서, 구체적으로 국가 단위로 할당하는 방식을 그림 4와 같이 제안한다. 국가 단위로 IPv6 프리픽스를 할당하고 국가

는 각 지역, 예를 들어 도시와 도 단위 행정구역에 대해 48 Prefix로 할당하고, 각 지역 내에서는 가입자 망 단위로 63 Prefix를 할당하는 예를 보여준다. 그림의 예에서 IPv6 주소 할당은 전화번호의 할당과 마찬가지로 지역적으로 나누어지는 특징을 가진다. 이와 같은 방법으로 할당을 하면, 가입자 망, 지역 망, 국가 망과 같이 계층이 올라갈수록 더 크게 Aggregation이 될 수 있다. 그림에서 보는 바와 같이, 국가 1이 가지는 라우팅 테이블 엔트리는 자신의 Prefix인 3FFE:2900::/24와, 3FFE:4200::/24와 같은 다른 국가의 대표 라우팅 엔트리 하나씩, 그리고 국가 내 지역 별로 할당된 3FFE:2900:1::/48, 3FFE:2900:2::/48와 같은 Aggregation된 엔트리만을 가진다. 지역 2에 속하는 라우터의 라우팅 테이블을 보면, 상위 국가에 해당하는 3FFE:2900::/24 라우팅 엔트리 하나와, 자신의 지역 라우팅 엔트리, 3FFE:2900:2::/48 하나와, 3FFE:2900:2:10::/63, 3FFE:2900:2:20::/63과 같은 자신의 지역에 속하는 가입자 망들의 엔트리들을 관리하면 된다. 따라서 IPv4에서 글로벌 라우팅 테이블에 전 세계 모든 라우팅 엔트리를 관리하여 BGP4 라우팅 테이블이 현재 10만 엔트리를 훨씬 넘어 라우팅의 문제를 발생하는 반면, 그림에서 보는 바와 같이 국가, 지역 단위로 계층적 주소 할당 방식을 사용하면 Aggregation으로 인해 라우팅 테이블 사이즈 증가의 문제를 해결할 수 있다.

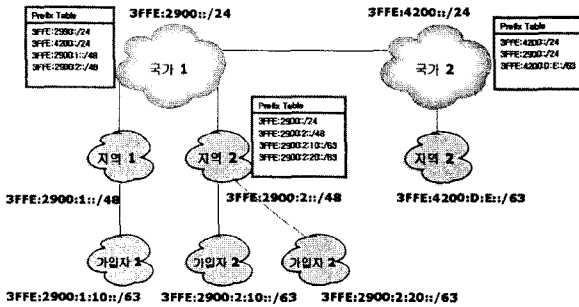


그림 4. 국가 단위 IPv6 할당 방식

제한된 국가 단위 계층적 주소 할당 방식에서, ISP 입장에서는 관리하는 지역이 넓어지면 ISP 내의 라우팅 테이블이 증가하는 단점을 가질 수도 있다. 하지만, 인터넷 라우팅의 문제점은 ISP 내 라우팅 테이블 보다 글로벌 라우팅 테이블의 크기로 인해 발생하는 것이며, IPv4에 비해 주소 크기가 4배나 늘어나는 IPv6를 사용하면 더 큰 문제를 발생할 소지를 가지고 있다. 하지만, 계층적 주소 할당과 BGP Aggregation 기능으로 IPv6 글로벌 라우팅 테이블 엔트리 수는 IPv4 경우보다 훨씬 더 적어질 수 있다.

그림 5에서 보는 바와 같이 한 지역 내에 속하는 서로 다른 ISP들의 경우, 지역에 할당된 3FFE:2900:2::/48 Prefix에 대해 ISP 별로 서로 다른 Prefix를 구성하지 않고 공통으로 Prefix를 관리하고 라우팅 테이블을 유지하면, 가입자 입장에서는 ISP에 상관없이 유일한 IPv6 주소를 가질 수 있다. 따라서 지역 내에서 사용자는 유일한 고유 IPv6 주소를 가지며, ISP를 바꾸어도 주소를 계속 유지할 수 있는 장점을 가

진다. 이 경우, 두 ISP가 공통의 Prefix를 가지므로 멀티호밍 시 서로 다른 ISP의 Prefix 추가로 인한 라우팅 테이블 Aggregation이 위배되는 문제는 발생하지 않는다.

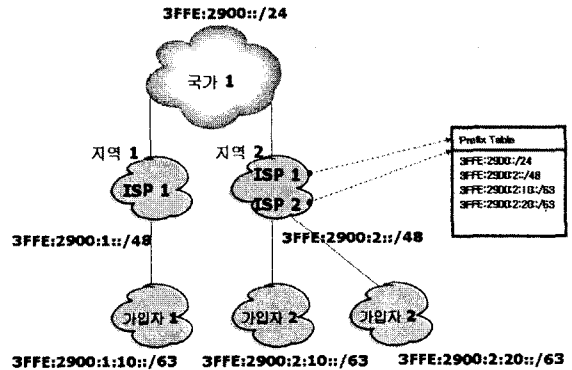


그림 5. 지역 내 ISP의 라우팅 테이블 구성

4. 결론

인터넷 망 사업자 및 가입자의 증가, IPv4 주소의 기술상의 한계 극복 및 초기 비효율적인 주소 배분에 따른 문제의 대안으로 제기된 IPv6 주소의 도입에 있어, 안정적인 서비스 제공의 기반을 마련하기 위하여 IPv6의 주소 분배 문제는 매우 중요하다. IPv6에서는 CIDR을 기본적으로 지원하고, 네트워크 토폴로지와 연계된 계층적 유형의 주소 할당을 위하여 대륙별 주소, 국가별 주소, 지역별 주소, 지역 내의 네트워크 별로 할당하고, 주소 Aggregation과 BGP Aggregation을 사용하여 라우팅 정보와 라우팅 트래픽을 최소화함으로써 라우터의 IPv6 패킷 포워딩 성능을 향상시킨다. 따라서, 지역 단위의 계층적인 방법으로 IPv6 주소를 체계적으로 분배하면, IPv6 글로벌 라우팅 테이블의 크기를 줄일 수 있다. 또한 지역 내 ISP들이 공통의 Prefix를 가지고 라우팅 테이블을 구성하면, 멀티호밍 문제도 해결할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] S. Deering and R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", RFC2460, December 1998.
- [2] Y. Rekhter and T. Li, "A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)", RFC1771, March 1995.
- [3] Christian Huitema, "Routing in the Internet", 2000.
- [4] T. Bates, R. Chandra, D. Katz, and Y. Rekhter, "Multiprotocol Extensions for BGP-4", RFC2283, February 1998.
- [5] P. Marques and F. Dupont, "Use of BGP-4 Multiprotocol Extensions for IPv6 inter-Domain Routing", RFC2545, March 1999.
- [6] R. Hinden, S. Deering, and E. Nordmark, "IPv6 Global Unicast Address Format", RFC3587, August 2003.
- [7] R. Hinden, and S. Deering, "Internet Protocol Version 6 (IPv6) Addressing Architecture", RFC3513, April 2003.
- [8] 박창민, 강유화, "IPv6 주소 할당과 라우팅과의 연관성 분석 보고서", NIDA, July 2005.