

인터넷 라우팅 및 어드레싱 문제 해결을 위한 최근 동향

유태완* · 이승윤*

*한국전자통신연구원 표준연구센터

The States of art for Routing and Addressing Problems (ROAP)

Tae-wan You* · Seung-yun Lee*

*ETRI PEC

E-mail : twyou@etri.re.kr

요 약

현재 인터넷 아키텍처가 가지고 있는 가장 큰 문제는 routing과 addressing의 핵심으로 사용되는 IP 주소의 의미의 중복 (overloading semantics)이다. 즉 IP 주소는 라우팅을 위한 정보 (how), 단말의 위치 정보 (where), 그리고 이 외에 전송 계층 상위에서 사용되는 단말의 식별자 정보(who)로 사용되며, 이 의미 중복은 결국 global routing의 scalability문제를 발생시키게 된다. 즉 이러한 IP 주소의 의미 중복을 분리한다면 멀티호밍, Traffic engineering, 그리고 renumbering 등을 scalability에 영향을 주지 않고 이것들을 지원할 수 있게 되는 것이다. IETF는 이러한 라우팅과 어드레싱의 확장성 문제를 해결하기 위하여 68차 IETF 회의에서 ROAP (ROuting and Addressing Problem) BoF (Birds of a Feather) 회의를 공식적으로 개최 하였으며, 이를 통해 결정된 사항은 새로운 인터넷 아키텍처를 설계하기 위해 식별자(Identifier)와 위치정보(locator)를 분리하는 구조(ID/Loc 분리) 또는 다중 계층의 위치정보 획득이 가능한 구조(Multi-level locator design)로의 새로운 아키텍처를 만드는 것이다. 이 작업은 ROPA BoF회의 이후 IRTF의 RRG (Routing Research Group)에서 계속적으로 진행되고 있으며, 현재 관련 많은 솔루션들이 나온 상황이다. 본 논문은 이러한 ROAP에 관한 기본적인 설명과 함께, 문제점 그리고 논의되고 있는 솔루션들의 분류, 목적, 그리고 공통 이슈들에 대한 최근 동향을 설명한다.

키워드

Scalability, IP 주소의 의미 중복, ROAP, RRG

1. Introduction

1962년 packet switching 프로토콜이 개발된 이후, 1970년대 비로소 인터넷의 기본개념이 된 네트워크가 개발되었다. 이 후 world wide web (WWW)을 통한 1990년대의 인터넷의 폭발적인 확장은 인터넷의 심각한 확장성 문제를 야기시켰다. 처음 인터넷이 시작할 때에는 단지 몇 개의 고정된 컴퓨터가 대상이 된 네트워크였으나, 앞으로의 인터넷 상의 단말은 백억 또는 천억 개의 센서 노드들까지 확대될 것으로 예상된다. 따라서

기본적으로 단말에 할당되는 IP 주소 개수의 부족과 함께, 백본 라우터들이 가지는 (Default route free zone) 라우팅 테이블의 공간 문제가 발생되었다.

1995년 IP 주소 부족 등으로 인해 새로운 IP 프로토콜의 필요성이 부각되어 개발된 IPv6는 기존 32bit에서 128bit로 주소 개수의 부족을 해결하였으나, DFZ의 라우팅 테이블과 관련된 확장성 문제는 전혀 해결하지 못했다. 2005년 이 라우팅 테이블은 약 150,000개에서 175,000개 정도였으나 현재는 200,000개에 달하고 있다. 그리고 5년 내

에 약 370,00개 또는 그 이상으로 증가할 것으로 예측하고 있다. 이러한 라우팅 테이블의 증가는 라우팅 테이블의 convergence 시간이 느려지게 하는 등 치명적인 문제점을 발생시키게 된다.

따라서 현재 IETF에서는 이러한 확장성 문제를 해결하기 위해 research 및 새로운 프로토콜을 개발하기 위해 많은 노력을 진행하고 있다. 구체적인 움직임으로, IETF의 IAB (Internet Architecture Board)는 IETF와 더불어 전 세계적인 다양한 Internet의 운영 모임에서 이 주제에 대한 토론을 가속화 시키고 있으며 [3], 2006년 10월 이틀 동안 routing과 addressing과 관련한 워크샵을 개최하였다. 또한 최근 열렸던 68차 IETF에서, 이 이슈들에 대한 분석 및 해결책 연구와 관련된 여러 토의가 진행되었고, 회의기간 동안 plenary 세션에서 routing & addressing, Internet Area open meeting에서 역시 routing & addressing 에 관해서 많은 토론이 있었다.

현재 IETF에서 밝히고 있는 이러한 확장성 문제의 원인은 멀티호밍과 Traffic engineering 때문이며, 장기적인 안목으로 인터넷의 미래에 비추어 인터넷 아키텍처 상황의 검증을 가속화 시키는 것과 동시에, 현재 알려진 IP 주소의 의미 중복 문제를 해결하기 위해 제시된 IP 주소의 Identifier와 locator 분리 구조를 통한 궁극적인 미래 인터넷 구조를 개발하려 하고 있다.

II. Background of Internet scaling problem

인터넷 확장성 문제는 실제 Inter-domain간에 사용되는 BGP 라우팅 테이블의 증가 추세로 판단할 수 있다. 이 장에서는 먼저 백본 라우터의 라우팅 테이블 증가 추세에 대해 살펴보고, 구체적인 확장성 문제에 대해 알아본다.

2.1 Status of Routing table growth

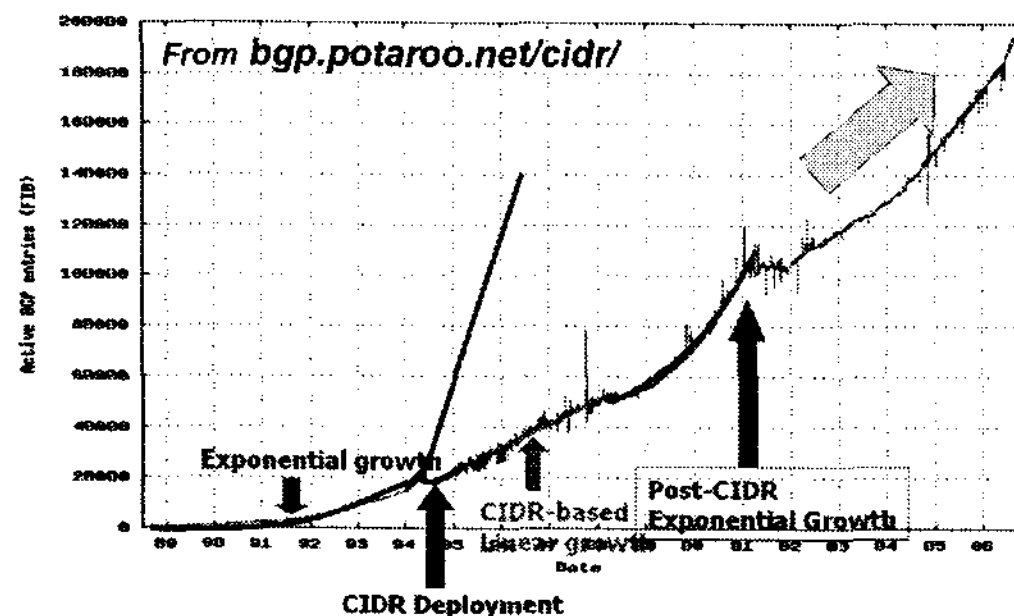


그림 4 BGP 라우팅 테이블 증가추세 [1]

- 94년 초까지는 C class(24 주소 prefix를 가진)의 사용이 증가됨에 따라 라우팅 테이블이 지수 배로 커지는 것을 볼 수 있다.
- 이에 IETF에서는 CIDR(Classless Interdomain Routing) [2] 기법을 개발하여 라우팅 테이블의 증가 추세를 선형적으로 감소시켰다.
- 그러나 98년 말 이후의 증가 추세는 다시 지수적 증가 형태를 보이고 있음을 알 수 있다. 이것이 의미하는 바는 CIDR는 더 이상 라우팅 테이블의 증가 추세를 감소시킬 수 없으며, 이를 극복할 수 있는 하드웨어적인 해결책 또는 BGP 라우팅 프로토콜의 수용성을 증가하는 방법이 필요하다는 것이다.
- 이러한 98년 이후 계속적인 라우팅 테이블의 지수적 증가의 주요 원인으로 멀티호밍이 이야기되고 있다. 실제 멀티호밍은 거의 대부분의 사이트에서 이루어지고 있으며, 이로 인한 라우팅 테이블의 증가는 현재 인터넷에서 시급히 해결해야 될 문제 중 하나라고 할 수 있다.

2.2 The cause of scaling problem

인터넷의 핵심 프로토콜인 IP는 실제 네트워크 상의 단말까지 경로를 찾고 이동시키는 (라우팅) 중요한 기능을 수행한다. 이를 위해 인터넷상의 단말은 각각 유일성을 지닌 IP 주소를 할당 받으며 이를 통해 라우팅이 이루어진다. 이 IP 주소를 결국 DFZ 라우팅 테이블에 모두 기록되게 되는데, 여러 가지 이유로 인해 이 테이블의 크기가 지수 적으로 성장하고 있는 것이다.

- Provider Independent Assigned (PI) 주소확산
처음 IP 주소는 ISP (Internet Service Provider)에 의해서 집적화 될 수 있도록 할당되었다. 그러나 이 경우 ISP의 주소 블록의 변경이 발생하면 (renumbering) 그 아래의 모든 라우터 및 단말들이 모두 주소가 변경되어 많은 시간과 비용이 필요로 되었다. 따라서 이러한 renumbering에 대처하기 위해 ISP는 ISP와 독립적인 주소들 (PI 주소)을 할당하게 되었으며, 이 집적화 되지 못하는 주소들은 그대로 DFZ의 라우팅 테이블의 증가를 가져오게 되었다.

- 멀티호밍 (Multihoming)

멀티호밍은 인터넷의 연결성이 100% 보장되어야 하는 요구에서 기인하였다. 즉 두 개 이상의 ISP와 연결성을 통해 다양한 네트워크 오류 상황에 효과적으로 대처하기 위한 방법이다. 이러한 멀티호밍을 위해서는 ISP에게 자신의 주소 블록 이외의 것들까지 관리해야 하는 오버헤드를 부과 시키게 만들고, 결국은 DFZ의 라우팅 테이블의

증가를 가져오게 된다.

- Traffic Engineering (TE)

TE는 어떠한 인터넷 경로를 부하 분산 또는 문제로 인해 다른 경로로 우회 시키는 것을 말한다. 이를 위해서는 멀티호밍과 같이 TE를 하기 위한 PA 주소 블록을 다른 ISP등으로 우회시키기 위해 이 블록 정보를 알리게 된다. 이를 통해 결과적으로 집적화 되지 못하는 주소 블록이 전파되게 되는 것이다.

III. State of arts for ROAP

IETF는 위에서 언급한 라우팅과 어드레싱의 확장성 문제를 해결하기 위하여 68차 IETF 회의 [8]에서 ROAP (ROuing and Addressing Problem) BoF (Birds of a Feather) 회의를 공식적으로 개최 하였으며, 이를 통해 결정된 사항은 새로운 인터넷 아키텍처를 설계하기 위해 식별자(Identifier)와 위치정보(locator)를 분리하는 구조(ID/Loc 분리) 또는 다중 계층의 위치정보 획득이 가능한 구조(Multi-level locator design)로의 새로운 아키텍처를 만드는 것이다. 이 작업은 ROPA BoF회의 이후 IRTF의 RRG (Routing Research Group)에서 계속적으로 진행되고 있다 [10].

2007년 7월 69차 IETF 회의까지 [9] RAM (Routing and Addressing Mailing list)과 RRG 메일링 리스트를 통해 500 여명의 많은 참여자들과 함께 800건 이상의 여러 가지 토론들이 온라인 상에서 이루어졌다 [10].

현재까지 ID/Loc 분리 구조로 언급되고 있는 기술들로는 기존에 존재하는 GSE (Global, site, and End system) 8+8 [6], SHIM6 (site Multihoming by IPv6 intermediation) [4], HIP (Host Identity Protocol) [5], 그리고 2007년 1월에 발표된 LISP (Locator / ID Separation Protocol) [7] 등과 함께 eFIT (A Scalable Routing System Design for Future Internet), Ivip (Internet vastly improved plumbing), 그리고 69차 회의에서 소개된 Six/One (A Solution for Routing and Addressing in IPv6)과 clean-slate 기반의 Separating Routing and Forwarding (PFRI)등 이 있다.

이와 같이 제안된 솔루션들은 기본적으로 ID와 locator 분리 설계를 하고 있으며, 확장성 지원 등 여러 가지 프로토콜들을 지원해야 한다. 다음은 새로운 프로토콜 설계 시 고려해야 할 사항들이다.

- 설계 목적

- Improved routing scalability
- Scalable support for traffic engineering
- Scalable support for multi-homing
- Scalable support for mobility
- Simplified renumbering
- Decoupling location and identification
- First-class elements
- Routing quality
- Routing security
- Deployability

또한 이와 같이 제안된 솔루션들을 이해하기 쉽도록 이번 69차 IETF회의에서는 분류에 관한 발표가 있었다. 이 솔루션들은 크게 두 부류로 나누어지는데, 첫 번째 부류는 토폴로지 상의 주소를 그대로 단말이 사용하는 것이고, 두 번째 부류는 주소와 라우팅 영역을 두 부분으로 나눠서 하는 것이다. 다음은 이와 같은 분류에 관한 것이다.

- 설계 목적

- 토폴로지 상의 집적된 주소 (aggregatable address)를 그대로 사용
 - ✓ GSE, SHIM6, Six/One
- Edge 네트워크와 transit 네트워크로 분리
 - ✓ LISP, Ivip
 - ✓ Provider-edge address space 와 GRA (Globally Routable Address space)로 분리.
 - ✓ 실제 데이터 패킷은 터널링 등을 통해 그들의 위치로 보내짐.

다음은 제안된 솔루션들이 공통적으로 고려해야 할 사항에 대한 것이다.

- 공통 이슈들

- How to get mapping information
- How to detect failure
- How to handle failure

IV. 결론

90년대 인터넷의 급속한 확장 이후 현재까지 인터넷은 매우 급격히 확장되어 왔다. 이렇듯 현재 인터넷은 장기적으로 라우팅과 어드레싱에 대한 확장성 (Scalability) 문제를 안고 있다. 이 인터넷의 확장을 가장 쉽게 확인할 수 있는 것은 백본 라우터가 위치하는 Default route Free Zone (DFZ)에서의 라우팅 테이블의 크기를 확인하는 것인데, 2005년 이 라우팅 테이블은 약 150,000개에서 175,000개 정도였으나 현재는 200,000개에 달하고 있다. 그리고 5년 내에 약 370,00개 또는

그 이상으로 증가할 것으로 예측하고 있다.

이러한 확장성의 가장 큰 원인은 멀티호밍 (multihoming), 트래픽 엔지니어링 (traffic engineering), PI (Provider Independent) 주소 할당 등이며, 이로 인해 백본 지역(Default route Free Zone)의 라우팅 테이블이 기하급수적인 증가 현상을 보이게 되는 것이다.

IETF는 이러한 라우팅과 어드레싱의 확장성 문제를 해결하기 위하여 68차 IETF 회의에서 ROAP (ROuing and Addressing Problem) BoF (Birds of a Feather) 회의를 공식적으로 개최 하였으며, 이를 통해 결정된 사항은 새로운 인터넷 아키텍처를 설계하는 것으로, 식별자(Identifier)와 위치정보(locator)를 분리하는 구조(ID/Loc 분리) 또는 다중 계층의 위치정보 획득이 가능한 구조 (Multi-level locator design)로의 변경하는 것이다.

이 68차 IETF 회의 이후 IRTF의 RRG를 통해 지속적인 온라인 토론 및 여러 솔루션들이 제안 되었으며, 최근 69차 IETF에서는 2007년 7월27일 오전 9시부터 오후 5시까지 하루 동안 RRG 회의가 열렸으며, 회의 마지막 날임에도 불구하고 약 150명 이상의 많은 참석자가 참여하는 등 많은 관심을 받았다. 이 회의에서는 라우팅과 어드레싱 연구에 대한 기본 설계 목적과 함께 솔루션 방향 (solution direction) 및 공통 이슈들을 찾아내기 위한 분류(Taxonomy)에 대한 발표가 있었으며, 솔루션으로써는 LISP을 중심으로 Six/one 등이 소개 되었고, 특히 clean-slate 기반의 PFRI (Postmodern Internetwork Architecture)가 소개 되어 많은 관심을 받았다.

IRTF의 RRG는 지속적으로 새로운 아키텍처 설계를 제안해주시기를 요청하고 있으며, backward-compatibility를 지원하는 솔루션 외에도 clean-slate 접근 방식의 기술들도 함께 논의 되고 있다. 이러한 제안된 솔루션에 대한 충분한 검증 절차를 거친 후 IETF에서 본격적으로 표준

화 절차를 밟아 나갈 예정이다.

참고문헌

- [1] G. Huston, "2005 - A BGP Year in Review," APRICOT 2006
- [2] V. Fuller etc, "Classless Inter-Domain Routing (CIDR): an Address Assignment and Aggregation Strategy," RFC 1338, Sep. 1993
- [3] D. Meyer, etc, "Report from the IAB Workshop on Routing and Addressing," draft-iab-raws-report-01.txt, Feb. 2007
- [4] E. Nordmark, M. Bagnulo, Level 3 multihoming shim protocol, Internet-draft, March, 2006.
- [5] Host Identity Protocol (HIP), <http://www.ietf.org/html.charters/hip-charter.html>
- [6] Mike O'Dell, "GSE-An Alternate Addressing Architecture for IPv6," draft-ietf-ipngwg-gseaddr-00.txt, Feb. 1997
- [7] D. Farinacci, etc, "Locator/ID Separation Protocol (LISP)," draft-farinacci-lisp-00.txt, Jan. 2007
- [8] Proceedings of the 68th IETF, <http://www3.ietf.org/proceedings/07mar/index.html>
- [9] Proceedings of the 69th IETF, <https://datatracker.ietf.org/meeting/69/materials.html>
- [10] IRTF Routing RG, <http://www.irtf.org/charter?gtype=rg&group=rrg>