BGP 라우팅 관리 시스템 구현

김상한°, 하은주, 박종태
경북대학교 정보통신학과, 경북대학교 전자전기공학부, 경북대학교 전자전기공학부
shkim@ain.knu.ac.kr, ejha@ain.knu.ac.kr, park@ee.knu.ac.kr

Implementation of BGP Routing Management System

Sanghan Kim°, Eun-ju Ha, Jong-Tae Park
Department of Information and Communication, Kyungpook National University
School of Electronic and Electrical Engineering, Kyungpook National University
School of Electronic and Electrical Engineering, Kyungpook National University

요 약

효율적이고 안정적인 라우팅은 인터넷 관리에서 매우 중요한 요구사항이다. 도메인간 라우팅의 경우는 여러 ISP 사업자들 사이에서 이루어지므로 라우팅 장애가 발생할 경우, 장애의 진단과 복구가 매우 어렵다. 본 논문에서는 라우팅 정보를 경계 라우터들로부터 중앙집중식으로 수집하고 관리함으로써, 라우팅 정보를 효율적으로 관리하고 라우팅 장애의 진단을 효과적으로 수행하기 위한 BGP 라우팅 관리 시스템 구조를 설계하고 구현하였다.

1. 서 론

인터넷 네트워크 관리 분야에서 효율적이고 안정적인 라우팅(routing)은 필수적이다. 라우팅에 문제가 있을 경우는 인터넷 패킷(packet)의 흐름(traffic)이 특정 경로로 편중되거나, 심지어는 네트워크의 상태와는 관계없이 연결이 끊어지는 등 심각한 통신 장애를 유발할 수 있다.
도메인 사이를 잇는 라우터를 경계 라우터(border router)라고 부른다. 경계 라우터 사이에는 도메인 사이의 라우팅 정보 교환 프로토콜인 EGP(exterior gateway protocol), BGP(border gateway protocol) 등의 외부 라우팅 프로토콜을 사용하는데, 현재는 대표적으로 BGP-4를 사용하고 있다[1].
도메인간 라우팅은 여러 ISP (Internet service provider) 사업자들 사이에서 이루어지므로 라우팅 장애가 발생할 경우, 라우팅 장애를 신속하게 파악하고 이를 복구하기 어려운 문제가 있다. 또한, 경계 라우터들 사이에는 라우팅 정보 전송을 위해 서로가 완전 그물구조(full mesh)로 BGP 세션을 연결하므로 라우팅 정보 처리를 위한 부하가 상당히 심하다[2,3].
ISP 사업자는 가입자마다 차별화된 서비스를 제공하려고 한다. 이러한 차별화된 서비스를 제공하기 위해서는 서비스 협상과 정책에 기반한 라우팅 서비스가 필요하다.
이러한 문제점과 요구를 충족시키기 위해 중앙집중식 라우팅 관리와 정책 기반 라우팅을 위한 연구들이 수행되고 있다. 유럽의 인터넷 운영 협의기구인 RIPE(Reseaux IP Europeens)에서는 라우팅 정책의 기술을 위한 표준인 RIPE-181을 제안하였다[4]. 미국에서는 ISI(Information Sciences Institute)와 Merit에서 "Route Arbiter Project"를 수행하여 중앙집중식 라우팅 관리 구조를 연구하였다[5,6]. 또한, 라우팅 정보를 저장하기 위한 인터넷 라우팅 레지스트리(Internet routing registry)][7]와 RIPE-181과 호환되는 라우팅 정책 기술 언어인 RPSL(routing policy specification language)[8]을 제안하여 라우팅 정책과 라우팅 정보를 라우팅 레지스트리에 저장, 관리하고 있다. 루트 서버를 위한 데몬(daemon) 프로그램은 GateD Consortium에서 개발하고 있다[9].
본 논문에서는 루트 서버 모델의 BGP 라우팅 관리 시스템의 구조의 설계에 대하여 논하고 그 구현에 대하여 설명할 것이다. BGP 라우팅 관리 시스템 구조에서는 중앙집중식으로 라우팅 정보를 수집, 관리함으로써 라우팅 정보를 효율적으로 관리하고 라우팅 정보의 오류를 효과적으로 진단할 수 있다.
2장에서는 BGP 라우팅 관리 시스템의 관리 구조를 설명하고, 3장에서 설계된 라우팅 관리 시스템의 구현에 대해 분석하고, 4장에서 결론을 맺는다.

2. BGP 라우팅 관리 시스템 구조

2.1. BGP 라우팅 관리 시스템 전체 구조

라우팅 관리 시스템은 경계 라우터들로부터 BGP 프로토콜을 사용하여 라우팅 정보를 수집한다. 수집된 라우팅 정보는 라우팅 정보 분석기에서 처리되어 라우팅 레지스트리 데이터베이스에 저장된다. 라우팅 레지스트리 데이터베이스에 저장된 라우팅 정보는 웹 서비스를 통해 라우팅 정보 검색 및 라우팅 상태 모니터링이 가능하다.
라우팅 관리 시스템은 라우팅 정보 수집과 처리를 위한 라우팅 관리 서버, 라우팅 정보 저장 및 관리를 위한 라우팅 레지스트리 데이터베이스, 라우팅 정보 검색을 위한 라우팅 레지스트리

검색 CGI 프로그램으로 구성되어 있다.

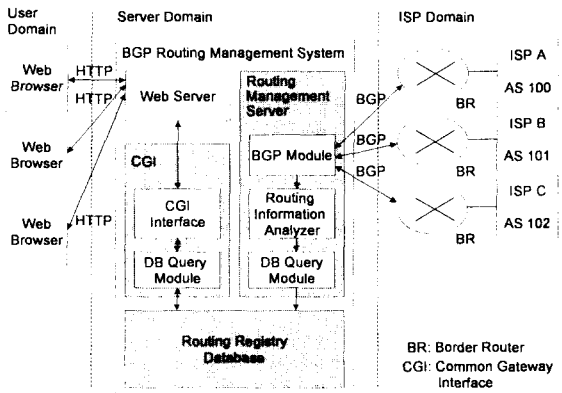

그림 1. BGP 라우팅 관리 시스템 전체 구조도

2.2. 라우팅 관리 시스템의 기능

라우팅 관리 시스템의 주요 기능에는 크게 라우팅 정보 수집, 라우팅 정보 분석 및 저장, 라우팅 정보 검색 기능이 있다.
라우팅 관리 시스템은 인접 경계 라우터들과 BGP 세션을 연결하고 BGP 라우팅 정보를 수집한다. BGP 프로토콜에서는 라우팅 정보를 주기적으로 수집하지 않고, 항상 TCP 세션 연결을 유지하면서 갱신된 정보만을 즉시 전송하여 라우팅 정보를 교환한다. 수집된 라우팅 정보는 라우팅 정보 분석기에 의해 분석된 후, 라우팅 레지스트리 데이터베이스에 저장된다. 라우팅 정보는 종류별로 시간별로 나뉘어 데이터베이스에 저장되며, 라우팅 상태 분석 및 진단에 이용된다. 또한, 라우팅 장애가 발생할 경우, 복구 작업에 과거 라우팅 정보 기록이 활용될 수 있다. 라우팅 레지스트리 데이터베이스에 저장된 라우팅 정보들은 관련 ISP 사업자나 기타 관련 사용자들에게 제공된다. 라우팅 정보는 CGI를 이용하여 웹 서비스를 통해 제공된다. 사용자들은 웹 서비스를 통해 라우팅 정보의 검색이 가능하다.

2.2. 라우팅 관리 서버

라우팅 관리 서버는 BGP 프로토콜을 이용하여 인접 경계 라우터로부터 라우팅 정보를 수집하고 수집된 정보를 분석하여 라우팅 레지스트리 데이터베이스에 저장한다.
BGP 모듈은 BGP 외부 라우팅 프로토콜을 이용하여 경계 라우터들로부터 BGP 라우팅 정보를 수집하는 기능을 수행한다. 라우팅 관리 시스템의 라우팅 관리 서버가 기동되면서 라우팅 관리 서버 환경 설정에 따라 인접 경계 라우터들과 BGP 세션을 연결한다. BGP 세션이 연결되면 연결된 경계 라우터들은 가지고 있던 BGP 라우팅 정보를 모두 라우팅 관리 서버로 전송한다. BGP 모듈은 수신된 라우팅 정보와 BGP 세션 정보를 라우팅 정보 분석기로 전달한다.
라우팅 정보 분석기는 수집된 라우팅 정보를 분석하여 라우팅 레지스트리 데이터베이스에 저장한다. 라우팅 정보 분석기는 수집된 라우팅 정보가 유효한 지를 점검하고, 라우팅 정보를 분류하여 라우팅 레지스트리 스키마(schema)에 맞도록 작성한다. 이때, 라우팅 정보에 오류가 있는지를 점검하여 오류가 있을 경우, 관리자가 파악할 수 있도록 기록을 남긴다.

라우팅 레지스트리 질의 모듈은 처리된 라우팅 정보를 라우팅 레지스트리 데이터베이스에 저장하도록 SQL 질의를 수행한다.

2.3. 라우팅 레지스트리 데이터베이스

라우팅 레지스트리 데이터베이스는 BGP 라우팅 정보를 저장하고 관리하는데, BGP 라우팅 정보와 BGP 세션 정보를 위한 스키마(schema)가 정의되어 있다. 라우팅 레지스트리 데이터베이스에는 각 ISP 사업자의 AS (autonomous system) 정보, 인접 경계 라우터에 대한 정보, BGP 라우팅 정보 등을 저장한다.
라우팅 레지스트리 데이터베이스에 라우팅 정보를 통합하여 관리함으로써, 저장된 라우팅 정보를 분석하여 라우팅 장애를 신속하게 파악할 수 있고, 라우팅 장애가 발생할 때는 복구를 위한 자료로 이용할 수 있다.

2.4. 라우팅 정보 검색 CGI

라우팅 정보 검색 모듈은 라우팅 레지스트리 데이터베이스에 저장된 라우팅 정보를 검색하여 웹 서비스를 통하여 사용자에게 전달한다.
사용자가 웹 서비스를 통해 검색하고자 원하는 자료를 요청하면 요청 명령을 적절한 SQL 질의로 변환한다. 라우팅 레지스트리 질의 모듈은 라우팅 레지스트리 데이터베이스에서 필요한 정보를 검색하고, 그 결과를 웹 서버를 통해 사용자의 웹 브라우저로 돌려준다.

3. BGP 라우팅 관리 시스템 구현

3.1. BGP 라우팅 관리 시스템 연산 객체와 정보 모델

BGP 라우팅 관리 시스템에는 두 개의 연산 객체가 있다. bgpMgr는 BGP 라우팅 관리 서버 연산 객체이고, userInf는 라우팅 정보 검색 연산 객체이다.

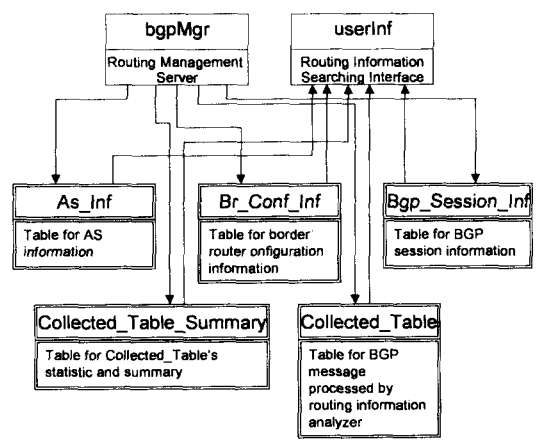

그림 2. 라우팅 관리 시스템 연산 객체 및 정보 모델

라우팅 관리 서버 객체는 BGP 세션을 연결하여 BGP 라우팅 정보를 수집하고 수집된 라우팅 정보를 분석하여 라우팅 레지스트리 데이터베이스에 저장한다.
라우팅 정보 검색 연산 객체는 라우팅 레지스트리 데이터베이

스에 저장된 라우팅 정보를 CGI를 이용하여 웹 서비스를 통해 검색한다.
라우팅 레지스트리 데이터베이스에는 라우팅 정보, AS 정보, BGP 세션 정보 등을 저장하기 위하여 다섯 개의 정보 모델을 정의하고 데이터베이스를 위한 스키마(schema)를 정의한다.

3.2. 라우팅 서버 객체

BGP 모듈은 BGP-4 외부 라우팅 프로토콜을 구현하고 있으며, 경계 라우터와 BGP 세션을 연결하여 BGP 라우팅 정보를 전송하고 처리한다. BGP-4 라우팅 프로토콜은 GateD Consortium의 공개용 버전의 Gated 소스를 수정하여 개발하였다[6].
BGP 모듈에서는 BGP 세션 연결을 위해 제일 먼저 TCP 연결을 초기화한다. TCP 연결이 이루어지면 BGP OPEN 메시지를 전송하여 인접 경계 라우터들과 BGP 세션을 연결한다. 라우팅 관리 서버와 연결된 경계 라우터는 BGP UPDATE 메시지를 통하여 BGP 라우팅 정보를 교환한다. 초기에 BGP 세션을 연결할 때 연결된 경계 라우터로부터 모든 라우팅 정보를 한꺼번에 전송 받는다. 이후에 갱신된 라우팅 정보는 주기적으로 전송하지 않고, 갱신될 때마다 즉시 UPDATE 메시지를 이용하여 전송한다. UPDATE 메시지가 전송되지 않을 때에는 TCP 연결을 유지하기 위해 주기적으로 KEEPALIVE 메시지를 전송한다. BGP 세션은 지속적으로 연결되어 있어야 하는데, 장애가 발생할 경우는 NOTIFICATION 메시지를 전송 후, TCP 연결을 종료한다.
라우팅 정보 분석기는 BGP 모듈을 통해 수집된 BGP 메시지를 전달받아 라우팅 정보의 종류와 의미를 분석하여 라우팅 레지스트리 데이터베이스에 저장하기 위한 SQL 질의를 작성한다. 이때, 라우팅 정보에 오류가 있을 때에는 오류 정보를 기록하여 관리자가 확인할 수 있도록 한다.
라우팅 레지스트리 데이터베이스를 오라클(Oracle) 데이터베이스를 사용하여 구현하였기 때문에, 라우팅 레지스트리 질의 모듈은 오라클 PL/SQL로 작성하여 오라클 데이터베이스에 질의를 수행한다.

3.3. 라우팅 레지스트리 데이터베이스

라우팅 레지스트리 데이터베이스는 오라클 데이터베이스를 사용하여 구현하였으며, 라우팅 정보와 BGP 세션 정보 모델에 대응하는 스키마(schema)를 정의하였다.
AS 정보 테이블은 각 ISP 사업자를 대표하는 AS (autonomous system)에 대한 정보를 저장하고, BGP 세션 정보 테이블은 라우팅 관리 서버가 맺은 BGP 세션에 대한 정보를 저장한다. BR 구성 정보 테이블은 인접 경계 라우터에 대한 정보를 저장한다. 수집 정보 테이블은 BGP 프로토콜을 통해 수집된 메시지를 저장한다. 수집 정보 요약 테이블은 BGP 프로토콜을 통해 수집된 메시지 정보에 대한 각종 통계 정보와 부가적인 요약 정보를 저장한다.

3.4. 라우팅 정보 검색 객체

라우팅 정보 검색 객체는 라우팅 레지스트리 데이터베이스에 저장된 정보를 검색하여 웹 서비스를 통해 사용자에게 전달하기 위한 웹 서버와 라우팅 레지스트리 데이터베이스 사이의 CGI 프로그램이다.
라우팅 정보 검색 CGI는 사용자가 요구하는 정보를 홈페이지로부터 입력받아, 라우팅 레지스트리 질의 모듈을 통해 라우팅 레지스트리 데이터베이스에서 질의한 결과를 HTML 형식으로 변환하여 사용자에게 전달한다.
또한, 라우팅 정보 검색 CGI는 웹 홈페이지를 통해 주기적으로 수집 정보 요약 테이블을 검색하여 라우팅 테이블의 크기의 추이를 관측할 수 있는 기능이 있다. 라우팅에 장애가 발생할 경우, 잘못된 라우팅 정보로 인해 인접 라우터들로 전송되는 라우팅 정보의 흐름이 급격히 늘어나게 된다. 이렇게 라우팅 정보 내용의 급격한 변화나 라우팅 정보량의 크기가 심하게 변하는 것을 관측함으로써 라우팅 장애를 인지한다.

4. 결론

인접 경계 라우터들로부터 라우팅 정보를 중앙집중식으로 수집, 관리하기 위한 BGP 라우팅 관리 시스템의 구조에 대하여 살펴보고 그 구현에 대하여 설명하였다. BGP 라우팅 관리 시스템에서는 도메인 사이의 라우팅 정책과 라우팅 정보를 통합적으로 관리하므로 라우팅 레지스트리 데이터베이스를 통해 라우팅 장애를 쉽게 파악할 수 있음을 살펴보았다. 라우팅 장애가 발생할 경우, 라우팅 레지스트리 데이터베이스에 저장된 라우팅 정보는 장애 복구를 위한 자료로 활용할 수 있고, 라우팅 레지스트리 데이터베이스에 저장된 정보는 웹 서비스를 통하여 쉽게 접근하여 검색할 수 있어 라우팅 관리를 위한 자료로 이용된다.
앞으로 BGP 라우팅 관리 시스템이 더 나은 라우팅 관리를 수행하기 위해서는 라우팅 정보 수집, 관리, 관측 기능 이외에, 라우팅 정책 분석 기능과 라우팅 정책에 따라 라우팅 구성을 설정하고 변경하는 기능이 필요하다.

참고문헌

[1] Y. Rekhter and T.Li, "A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)," RFC 1771, March 1995.
[2] Ramesh Govindan, and Anoop Reddy, "An Analysis of Internet Inter-Domain Topology and Route Stability," Information Sciences Institute, 1994.
[3] D. Haskin, "A BGP/IDRP Route Server alternative to a full mesh routing," RFC 1863, October 1995.
[4] T. Bates, E. Gerich, L. Joncheray, J. M. Jouanigot, D. Karrenberg, M. Terpstra, and J. Yu, "Representation of IP Routing Policies," RIPE NCC, October, 1994.
[5] Information Sciences Institute, "Routing Arbiter Project", 1994.
[6] GateD Consortium, *Gated, A routing daemon for Unix, User Manual*, July 1996.
[7] Merit Network, Inc., *Internet Routing Registry Daemon User/Configuration Guide*, January, 2000.
[8] C. Alaettinoglu, C. Villamizar, E. Gerich, D. Kessens, D. Meyer, T. Bates, D. Karrenberg, and M. Terpstra, "Routing Policy Specification Language (RPSL)," RFC 2622, June 1999.
[9] Deborah Estrin, Jon Postel, and Yakov Rekhter, "Routing Arbiter Architecture," Information Sciences Institute, IBM Corp., June 1994.