

경계 게이트웨이 프로토콜(BGP) 시험 시뮬레이터 설계 및 구현

이상문*, 장성만*, 김시정**, 이 극*
한남대학교 컴퓨터공학과

A Design and Implementation of a Test Simulator for BGP Routing Protocol

Sang-Moon Lee*, Sung-Man Jang*, Si-Jung Kim**, Geuk Lee*
Dept of Computer Engineering, Hannam University
Dept of Computer Engineering, Woosong University

요 약

고속라우터의 라우팅 기능을 지원하기 위한 라우팅 프로토콜을 개발하는 경우, 라우팅 프로토콜을 개발한 후에 기능 시험을 해야 하며 이들 기능 시험을 위한 시험 시나리오의 생성, 시험 환경의 구축, 적합성 시험 기술 등에 대한 연구 및 개발이 필요하다. 본 논문에서는 라우팅 프로토콜 시험 환경 개발 및 라우팅 시험 프로그램을 개발한다. 라우팅 프로토콜 시험 환경의 개발은 BGP 라우팅 프로토콜을 구현할 경우 프로토콜 기능을 시험할 수 있는 환경을 구축한다. 본 논문의 주요 내용은 라우팅 프로토콜인 BGP 라우팅 프로토콜에 대한 시험 시나리오 생성 기술 연구, 시험 환경 구축, 시험 시나리오에 따른 프로토콜 적합성 시험, 망 적용 시험 수행이다. 이러한 기능들을 수행하기 위해 BGP 라우팅 프로토콜을 위한 시험 환경을 개발하고 단위 기능들에 대한 시험을 수행한다.

1. 서론

최근 라우터 방향은 IP 라우팅을 지원하는 Layer 3 스위치의 등장으로 점차 그 비중이 감소될 것이라는 예상이 있었으나, 액세스 라우터와 고성능 라우터 이상의 백본 라우터 판매가 급성장하면서 지속적인 성장세를 유지하고 있다[1]. 특히 인터넷 사용 급증으로 인한 트래픽의 폭발적 성장으로 대용량의 라우팅 기능과 부가서비스를 지원하는 고속 시스템에 대한 요구가 급증하였고, 이에 따라 기가비트 라우터와 테라비트 라우터가 폭발적인 성장세를 보이는 등 기존의 LAN 시장을 탈피하여 백본화하는 추세를 보이고 있다[2].

본 논문에서는 라우팅 프로토콜 시험 환경 개발 및 라우팅 시험 프로그램을 개발하려 한다. 라우팅 프로토콜 시험 환경의 개발은 경계 게이트웨이 프로토콜(BGP : Border Gateway Protocol)의 기능을 시험할 수 있는 환경을 구축하는 것이다. 또한 이들과 라우팅 프로토콜에 대한 시험 시나리오 개발과

시험하고자 하는 기능을 정의하고 테스트 베드를 구축하여 라우팅 기능을 시험하는 소프트웨어를 포함한다. 새로운 라우팅 프로토콜을 개발하고자 하는 경우나 기존의 라우팅 프로토콜을 시험하고자 하는 경우 상용 라우터에서 이용되는 경계 게이트웨이 프로토콜 시험 프로그램을 개발하고 테스트 망을 구축하여 시험을 한다. 또한 새로운 라우팅 프로토콜의 개발 시에 본 논문에서 구현한 경계 게이트웨이 프로토콜 시뮬레이터를 사용하여 개발된 프로토콜을 시험 할 수 있다.

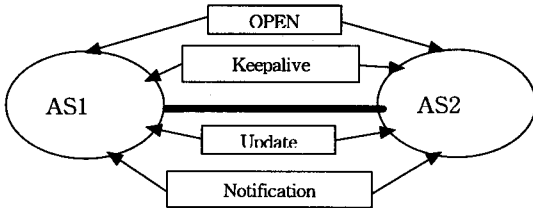
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 RFC 1771에 기반한 경계 게이트웨이 프로토콜을 기술하며, 3장에서 경계 게이트웨이 프로토콜 시험을 지원하기 위한 플랫폼 설계 및 경계 게이트웨이 프로토콜 시뮬레이터의 구성 요건을 보인다. 4장에서는 설계 및 구현된 시뮬레이터의 성능 결과를 보이며, 끝으로 5장에서 본 논문의 요약과 결론을 맺는다.

2. 경계 게이트웨이 프로토콜(BGP)

경계 게이트웨이 프로토콜은 경로 벡터 라우팅 (path vector routing)이라는 라우팅 방법에 근거한다. BGP4 프로토콜은 RFC1771 사양을 기반으로 정의되어 있다. BGP는 EGP(Exterior Gateway Protocol) 프로토콜로 자율시스템(autonomous system : AS)간에 Routing 정보를 전달하는데 주로 사용된다[3].

BGP 패킷의 종류는 오픈(Open) 패킷, 업데이트(Update) 패킷, 킵얼라이브(Keepalive) 패킷, 노티피케이션(Notification) 패킷의 네가지가 있다[4,5].

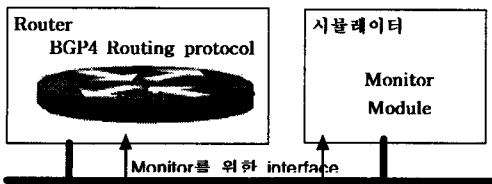
처음 BGP 연결을 시도할 경우 Open 패킷을 이웃하는 라우터와 주고 받으며, 연결이 설정되면 각자 자신이 가진 라우팅 테이블 정보를 Update 패킷으로 전달함으로써 라우팅 정보를 교환한다. 이후 라우팅 정보가 수정되면 수정된 라우팅 정보를 교환하게 되며, 주기적으로 Keepalive 패킷을 통해서 이웃 라우터가 계속 연결 상태를 유지함을 확인한다. 또한 특별한 사건이나 오류가 발생할 경우에는 Notification 패킷을 전달하여 이웃 라우터에 그 상황을 알리게 된다(그림 1).



(그림 1) BGP의 4가지 메시지

3. 경계 게이트웨이 프로토콜 테스트 환경

시뮬레이터의 주된 기능은 라우터 데몬(Router Daemon)과 일정한 시나리오에 의해 상호 작용하여 그에 대한 결과값을 모니터링 할 수 있도록 하는 것이라 할 수 있다. 다음 (그림 2)는 시뮬레이터의 동작 구성환경을 표현한 것이다.



(그림 2) 시뮬레이터의 동작 방식

시뮬레이터는 아래의 4가지 구성요소로 이루어져 있다.

- BGP4 라우팅 프로토콜 : 구현된, 또는 상용 라우팅 프로토콜이 동작하는 라우터 또는 BGP4 라우터 데몬이다.

- BGP 시뮬레이터 : 일정한 시나리오를 토대로 작동되는 라우팅 소프트웨어

- Monitor Module : 시뮬레이터에서 구현된 라우팅 프로토콜의 내부 정보를 모니터링하기 위한 처리 기능을 수행한다.

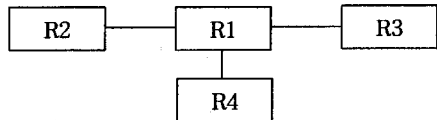
- Monitor 는 파일 형태로 출력 된다. 사용자는 로그파일을 통해 현재 개발된 라우터의 프로토콜의 에러 여부를 판단할 수 있다.

4. 경계 게이트웨이 프로토콜 시뮬레이터의 시험 환경 및 고찰

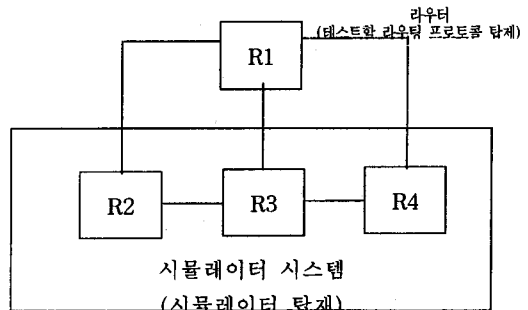
라우팅 프로토콜 시뮬레이터란, 기존의 라우팅 소프트웨어를 이용하여 네트워크 망 구성 시 발생할 수 있는 오류 또는 배드(bad) 패킷의 발생을 현실과 같은 상황을 구현해내는 시스템이라 할 수 있다. BGP4+ 시뮬레이터는 BGP 프로토콜을 가상적으로 설정한 망에서 그 동작을 시험할 수 있는 시험 환경을 제공하는 시스템이다.

라우팅 정보를 포함하고 있는 환경설정 파일 (configuration file) 및 시험하고자 하는 라우팅 명령어를 포함하는 명령어 파일(command file)을 입력으로 받아들여 가상적으로 설정된 인터넷 망에 대한 BGP4+ 프로토콜에 대한 동작을 시험한다.

(그림 3)과 (그림 4)는 본 시뮬레이터를 이용하여 가상적인 인터넷 망에서의 경계 게이트웨이 프로토콜 프로토콜의 기능을 시험하는 예를 보여준다.



(그림3) 4개의 라우터로 구성된 인터넷 망의 예



(그림4) 시뮬레이터를 이용한 (그림 3)에 대한 시뮬레이션

4.1 경계 게이트웨이 프로토콜 시험 항목에 대한 고찰

RFC1771 A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)를 바탕으로 하여 메시지 전송, Path attributes 전송, Route Selection, Finite State Machine, Error 처리 기능을 검증한다. 아래 는 전체적인 시험 항목요소 및 결과를 나타낸다.

1) 메시지 전송 시험

BGP 메시지 전송을 위한 경로 설정, 전송 규칙, 각 메시지에 대한 처리 방법에 대한 기능을 검증한다.

| 시험 이름 | 시험 내용 | RFC1771 |
|---------------------|--------------------------------|-------------|
| Negotiate Hold Time | OPEN 메시지를 통하여 Hold Time을 설정한다. | Section 4.2 |

2) Path attributes 전송 시험

UPDATE 메시지에 포함되는 Path attributes에 대해 메시지 전송 시, 각 attributes값에 대한 처리 기능을 검증한다.

| 시험 이름 | 시험 내용 | RFC1771 |
|-----------------------------|---|----------------------|
| Discriminate MED attribute | 동일한 조건의 경우, 작은 MED 값을 가진 Route를 선택한다. | Section 4.3 5.1.4 |
| Handle LOCAL_PREF attribute | LOCAL_PREF attribute을 포함한 UPDATE 메시지는 Internal Peer에 대해서만 전송된다. | Section 4.3 5.1.5 |

3) Route Selection 시험

BGP는 Route Advertisement를 위하여, "Decision Process"를 수행하여 적절한 라우터를 선택한다. 이 때, 여러 개의 라우터가 존재할 경우, "Tie Breaking" 알고리즘을 수행하여 적절한 Route를 선택한다.

| 시험 이름 | 시험 내용 | RFC1771 |
|--|---|---------------|
| Route selection "tie breaking" algorithm | Multiple Routes가 존재할 경우, Tie breaking 알고리즘을 수행하여 Route를 선택한다. | Section 9.1.2 |
| Communicate entire Routing Table | Connection이 설정된 후, 전체 라우팅 정보를 전송한다. | Section 3 |

4) Finite State Machine(FSM) 시험

BGP FSM의 각 해당 상태에서 발생하는 이벤트에 따라 FSM의 상태전이 및 해당 처리를 수행하는 기능을 검증한다.

| 시험 이름 | 시험 내용 | RFC1771 |
|---|--|-----------|
| Correct functionality in state OpenSent | OPEN 메시지를 전송한 후, Peer로부터 OPEN 메시지를 수신을 기다린다. | Section 8 |

5) Error 처리 시험

Error가 발생하였을 경우, 해당 Error code는 NOTIFICATION 메시지를 통해 알려지고, 보고 받은 Error에 대해서 해당 처리를 수행하는 기능을 검증한다.

| 시험 이름 | 시험 내용 | RFC1771 |
|--------------------------------|--|-------------|
| Handle errors in packet header | 수신한 메시지의 Header에 Error가 있을 경우, 아래 해당 Error code와 함께 NOTIFICATION 메시지를 전송한다. - Connection Not Synchronized - Bad Message Length - Bad Message Type | Section 6.1 |

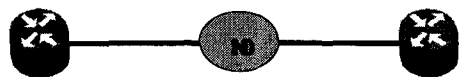
6) Optional Capability 시험

BGP Extension 기능인 Confederation, Route Reflection, Community attribute 기능수행을 검증한다.

| 시험 이름 | 시험 내용 | 참 조 |
|---|---|----------|
| Verify Route Reflector when peered with a Nonclient | Route Reflector가 UPDATE 메시지 전송 시, client, nonclient에 대한 메시지 전송 규칙을 따른다. | RFC 1966 |
| Implement Communities attribute | Communities attribute option 기능을 수행한다. | RFC 1997 |

4.2 경계 게이트웨이 프로토콜 프로토콜 시험 항목 검증 실험 결과

BGP4프로토콜의 전송 시험 중 포트 179을 사용하여 Internal/External Peer에 대한 TCP Connection을 연결시험은 다음 (그림 5)과 같다.



(그림 5) TCP Connection 연결시험

TRn : simulator
RUT : testing router
Nn : network

아래의 표는 RUT, TRn에 대한 설정 파일 및 명령어 파일 구성을 나타낸다.

| testing router configure | |
|--|--|
| system : gated system | |
| autonomoussystem 65002; /* 자율시스템 번호 */ | |
| routerid 0.0.0.200; /* 라우터 인터페이스 */ | |
| bgp on { | |
| traceoptions packets; | |
| group type internal peeras 65002 | |
| { | |
| peer 192.168.10.22; /* 라우터 피어*/ | |
| }; | |
| }; | |
| RUT 설정 | |

| simulator router configure | |
|--|--|
| router 0.0.0.100 /* 라우터 인터페이스 */ | |
| { | |
| protocol bgp 65002 /* 자율시스템 번호 */ | |
| { | |
| ipv4 network 192.168.10.0/24/*IPv4 인터페이스*/ | |
| interface 192.168.10.22 peer 192.168.10.24 | |
| /* 라우터 피어*/ | |
| remote-as 65002 /* 자율시스템 번호 */ | |
| } | |
| } | |
| TRn 설정 | |

| simulator router comand file | |
|-------------------------------------|--|
| check_ip(ipv4); /*프로토콜 체크 */ | |
| start(01.conf); /*설정 파일 읽기 */ | |
| router-up(0.0.0.100); /* 라우터 명령어 */ | |
| router-up(0.0.0.200); | |
| router comand | |

| 시험 항목 | 시험 내용 | 참 조 (RFC1771) |
|---|---|---------------|
| Set TCP Connection | Port 179을 사용하여 Internal/External Peer에 대한 TCP Connection을 연결한다. | Section 2 |
| <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> | | |

5. 결론

라우터의 라우팅 기능을 지원하기 위하여 인터넷 라우팅 프로토콜을 개발하였을 경우에 이들 라우팅 프로토콜을 개발한 후에는 기능 시험이 필수적이다.

본 논문에서는 이들 기능 시험을 위한 시험 시나리오의 생성, 시험 환경의 구축, 적합성 시험 기술 등에 대해 연구 및 구현하였다. 인터넷 라우팅 프로토콜 플랫폼의 개발은 BGP RFC1771 사양을 기반으로 하여 개발하였다. BGP 시뮬레이터의 개발도 마찬가지로 이들 RFC를 기반으로 하는 프로토콜 기능을 시험할 수 있도록 구현하였다. 그러나 프로토콜 시뮬레이터 개발 시에 라우팅 프로토콜의 기능을 시험하고 검증할 수 있는 시험 항목, 시험 방법, 시험 시나리오 등에 대한 표준화된 절차가 국내에 존재하지 않아 RFC1771 문서와 라우터 데몬인 게이트웨이 라우팅 데몬(gated)와 비교 분석하여 시험 방법 및 시험 절차를 정하고 실시하였다. 향후 RIP(Routing Information Protocol), 및 OSPF(Open Shortest Path First)에 대한 시뮬레이터에 대한 구현도 필요할 것으로 본다.

참고문헌

- [1] John W. Stewart III, "BGP4 : Inter-Domain Routing in the Internet" Addison-Wesley, 1999.
- [2] Pete Loshin, Big Book of Border Gateway Protocol (BGP) RFCs, Morgan Kaufmann, 2000.
- [3] Y. Rekhter, A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4), RFC-1771, 1995.
- [4] Craig Hunt, TCP/IP Network Administration, O'REILLY, 1998.
- [5] D. Haskin, "A BGP/IDRP Route Server alternative to a full mesh routing" RFC 1863, 1995.