OSPF 라우팅 프로토콜의 패킷 처리 분석

최 승 한, 주 성 순
한국전자통신연구원

Packet Processing Analysis of OSPF Routing Protocol

Seunghan Choi and Seongsoon Joo
Electronics and Telecommunications Research Institute
E-mail : shchoi@etri.re.kr

Abstract

Open Shortest Path First(OSPF) is a dynamic, hierarchical routing protocol designed to support routing in TCP/IP networks. Currently, OSPF is used as Interior Gateway Protocol(IGP) in many routers. In this paper, we analyze the variation of number of OSPF routing packets in case of changing the network configuration. The results show that the number of packets in case of adding new link increase five times than one in case of normal operation.

I. 서 론

라우팅 프로토콜은 패킷의 목적지 주소를 검사한 후 해당 패킷을 목적지로 보내는데 가장 적절한 경로를 찾아서 보낼 수 있도록 최적의 경로를 계산하는 기능을 수행한다. 라우팅 프로토콜은 자치 시스템(Autonomous System)내에서 동작하는 IGP(Interior Gateway Protocol)와 자치 시스템 사이에서 동작하는 EGP(Exterior Gateway Protocol)로 분류된다[1].

IGP는 다시 라우팅 알고리즘에 따라 거리 벡터(Distance Vector)와 링크 상태(Link State)방식으로 분류되는데 거리 벡터 라우팅 프로토콜의 대표적인 프로토콜은 RIP(Routing Information Protocol)이고, 링크 상태 라우팅 프로토콜은 OSPF(Open Shortest Path First) 이다.

현재 멀티미디어 응용 프로그램과 전자상거래의 급속한 성장으로 인터넷은 트래픽의 QoS(Quality os Service)를 보장할 수 있도록 요구받고 있다. 이를 위해서는 전체 망 구성정보와 자원 정보를 전달할 수 있는 라우팅 프로토콜이 필요한데 이에 적합한 라우팅 프로토콜이 OSPF와 같은 링크 상태 라우팅 프로토콜이다.

본 논문에서는 OSPF 라우팅 프로토콜에서 망 상태에 따라 발생되는 패킷을 분석하였다. 안정화된 망상태와 새로운 링크가 연결되었을 경우로 나누어 발생되는 OSPF 패킷 수를 분석하고, 라우팅 프로토콜 처리에 적합한 구조 설계를 위한 고려 사항을 제시하였다.

II. OSPF 라우팅 프로토콜

2.1 프로토콜 개요

OSPF는 링크 상태 라우팅 프로토콜로서 망 변화에 따른 수렴 시간의 문제와 제어 트래픽의 오버헤드 등의 단점을 가진 거리 벡터 라우팅 프로토콜을 대체하기 위해 개발되었다. OSPF는 분산되고 중복된 데이터베이스를 유지하고 있는데 이 데이터베이스에는 도메인내에 있는 라우터 정보와 라우터간 연결 정보를 담고 있다. 라우터는 LSAs(Link State Advertisements)에 로컬 링크의 망 상태 정보를 기술하고 다른 라우터

와 망 상태 정보를 교환하는데 사용한다. 이 LSAs는 "reliable flooding" 방법으로 도메인내의 모든 OSPF 라우터에게 신뢰성 있게 전달되게 되며 이로 인해 각각의 라우터에서는 동일한 링크 상태 데이터베이스(Link State Database)가 유지된다. OSPF 라우터는 그림 1과 같이 링크 상태 데이터베이스를 바탕으로 각 노드에 대한 최단 경로를 Dijkstra 알고리즘을 사용하여 계산하고 있다[1],[2].

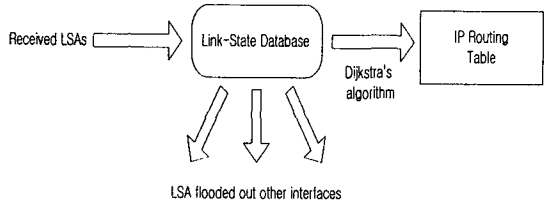

그림 1 OSPF 동작

2.2 OSPF 패킷

모든 OSPF 패킷은 24bytes의 헤더를 가지고 있으며 타입에 따라 5개로 분류가 된다.

① Hello 패킷
이웃 라우터와 연결을 설정, 유지하기 위해 주기적으로 전달하는 역할을 한다.

② Database Description 패킷
두 라우터 사이에 Adjacency를 설정하기 위해 필요한 패킷으로 링크 상태 데이터베이스의 요약 정보를 전달하는 역할을 한다.

③ Link State Request 패킷
두 라우터 사이에 Adjacency를 설정하기 위해 필요한 패킷으로 Database Description 패킷을 통해 받은 데이터베이스의 요약 정보 중에 필요한 LSA 정보에 대해서 상대 OSPF 라우터에 요구하는 역할을 한다.

④ Link State Update 패킷
링크 상태 정보인 LSA를 전달하는 역할을 한다. Adjacency 설정과정에서 Link State Request 패킷에 대한 응답으로써 보내지거나, 새로운 링크 정보를 알리는 기능을 수행한다.

⑤ Link State Ack 패킷
Link State Update 패킷을 통해 받은 LSA에 대한 Ack으로 신뢰성 있는 flooding을 보장하는 역할을 수행한다.

III. OSPF 패킷 처리 분석

3.1 패킷 분석을 위한 망 구조

OSPF 라우터에서 처리되는 패킷을 분석하기 위해서 임의의 망 구조를 두 가지 경우로 나누어 정의하였다. 첫째는 도메인 내의 모든 OSPF 라우터 사이에 Full Adjacency 관계가 성립되어 안정화된 망 상태를 가진 구조를 정의하였다. 백본망에서는 이런 안정화된 망상태가 대부분을 차지하므로 이에 대한 분석이 필요하다.

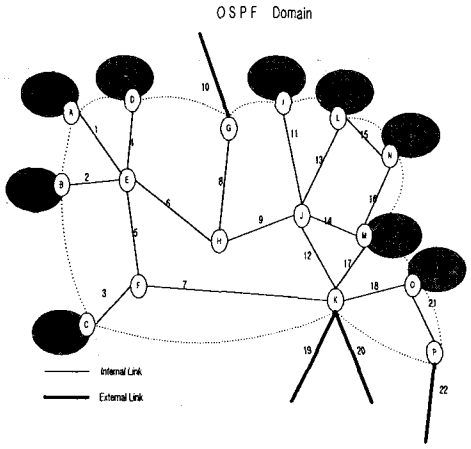

그림 2 OSPF 라우팅 도메인

그림 2에서 A부터 P까지, 모두 16개의 OSPF 백본 라우터로 구성되어 있는데 이 갯수는 백본에서 OSPF 라우터의 평균 라우터 수이다.[4]

패킷을 분석하기 위해 정의한 두 번째 망 구조는 백본의 특정 라우터에 새로운 OSPF 라우터와의 링크가 설정되었을 경우이다.

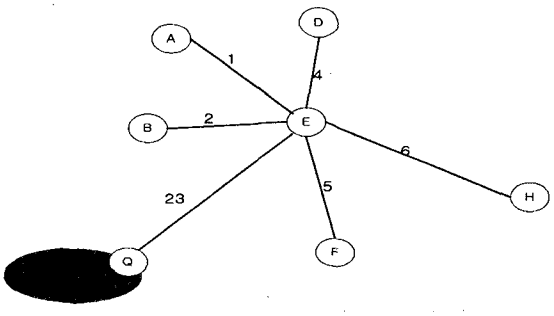

그림 3 새로 설정된 링크

그림 3는 그림 2에서 백본망의 일부를 나타낸 것으로, 라우터 E에 링크 23이 연결되어 라우터 E와 새로운 Adjacency를 성립하게 된다.

3.2 패킷 분석 방법

(1) 가정

그림 2에서 묘사된 OSPF 도메인에서 처리되는 패킷을 분석하기 위해 미리 가정할 사항들은 다음과 같다.[4],[5]

① 백본 영역에 속해 있는 특정 라우터에서 수신되는 OSPF 패킷을 분석한다.

② 라우터 사이에 연결된 링크는 이더넷 링크이다.(MTU크기는 1500bytes)

③ 링크 상태 데이터베이스의 대부분은 External-LSA이고 대략 그 개수는 48000개이다.

④ 망의 변화에 의해 발생되는 평균 LSA 수는 분당 100개이다.

⑤ Link State Update 패킷에 의해 전달되는 평균 Summary LSA수는 80개이다.

⑥ 백본 영역을 제외한 영역의 평균 OSPF 라우터 수는 160개이다.

⑦ Area Border Router(ABR)의 A,B,C,D,I,M,N,O는 각각 한 개의 Stub 영역을 가지고 있으며 Stub 영역은 총 9개이다.

⑧ Stub 영역에서 발생되는 Summary LSA의 수는 Aggregation을 수행하지 않았을 경우 160개이다.

⑨ 백본 영역의 OSPF 라우터에서 Router LSA는 발생 되지 않는다.

(2) 망상태가 안정화 되었을 경우의 패킷 분석

그림 2의 OSPF 도메인에서 라우터 E에서 처리되는 OSPF 패킷은 다음과 같이 계산될 수 있으며 그림 4에서는 패킷의 종류에 따라 수신되는 간격을 나타낸 것이다.

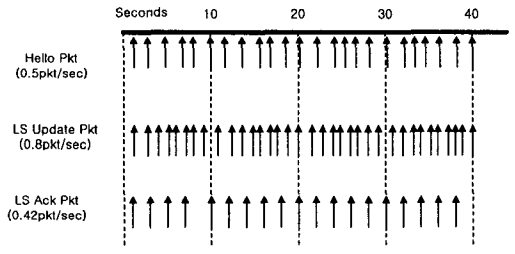

그림 4 망 상태가 안정화된 경우의 패킷 수신

① Hello 패킷

라우터 E는 모두 5개의 링크를 가지고 있고 Hello 패킷의 송신 간격은 10초이므로 5분 동안 모두 150개의 Hello 패킷을 수신하게 된다.

② 망변화에 위한 Link State Update 패킷(External LSA)

모든 링크를 통해서 분당 100개의 External LSA가 수신 되고 OSPF 패킷 한 개에 삽입될 수 있는 External LSA 수는 39개이므로 1분당 3개의 Link State Update 패킷이 수신된다.

③ 망 변화에 의한 Link State Update 패킷(Summary LSA)

백본이 아닌 다른 영역과 연결되어 ABR로부터 수신되는 Summary LSA의 수가 5분당 80개이고 OSPF패킷에 삽입되는 Summary LSA 수는 50개이다. 또한, Stub 영역의 개수가 9개이므로 5분 동안 모두 18개의 패킷이 수신된다.

④ Refresh 타이머에 위한 Link State Update 패킷(Router LSA)

Refresh 타이머의 시간 간격은 30분이므로 30분 동안 15개의 패킷을 수신하게 된다.

⑤ Refresh 타이머에 위한 Link State Update 패킷(Summary LSA)

Stub 영역이 9개이고 한 영역에서 발생되는 Summary LSA의 수는 160개 이므로 30분동안 36개의 패킷을 수신하게 된다.

⑥ Refresh 타이머에 위한 Link State Update 패킷(External LSA)

48,000개의 External LSA가 전달 되어야 하므로 30분 동안 1230개의 패킷이 수신된다.

⑦ Link State Ack 패킷

라우터 E가 30분 동안 이웃 라우터로 보낸 LSA는 54,063개이며 Ack 패킷으로 계산하면 772개의 패킷이 된다.

(3) 새로운 링크가 연결 되었을 경우의 패킷 분석

그림에서 라우터 E에 연결되는 링크는 다시 복구되는 링크가 아닌 새로 연결된 링크이다. 결국, 라우터E와 Q의 링크 상태 데이터베이스는 서로에 대한 LSA 정보를 가지고 있지 않은 상태로 가정한다.

① Hello 패킷

새로운 링크로부터 10초에 한 개 Hello 패킷이 수신된다.

② Database Description 패킷

라우터 Q에서 가지고 있는 링크 상태 데이터베이스의 요약 정보를 라우터 E에 전달하기 위해 이 패킷을 사용한다. 결국, 라우터 Q에 연결된 영역에 정보를 포함하고 있다. 3분 동안 3개의 Database Description 패킷이 라우터E로 수신된다.

③ Link State Request 패킷

Database Description 패킷을 통해 받은 요약 정보 중에 필요한 LSA에 대해 요구하기 위한 패킷이다. 라우

터 E에서 수신되는 패킷이므로 External LSA에 대한 요구를 표함하고 있다. 3분 동안 413 개의 패킷이 수신된다.

④ Link Sate Update 패킷

라우터 Q의 링크 상태 데이터베이스에 포함된 LSA로 3분 동안 3개의 패킷이 수신된다.

⑤ Link State Ack 패킷

라우터 Q가 라우터 E로부터 받은 LSA에 대한 Ack을 의미하며 3분동안 68개의 패킷이 수신된다.

(4) 새로운 링크가 연결된 경우와 망상태가 안정화된 경우를 모두 고려한 패킷 분석

그림 5는 새로운 링크와 Adjacency가 이루어지는 3분 동안에 패킷의 종류에 따라 수신되는 간격을 나타낸 그림이며, 그림 6은 Adjacency가 성립된 후(3분 이후), 패킷의 종류에 따라 수신되는 간격을 나타낸 그림이다.

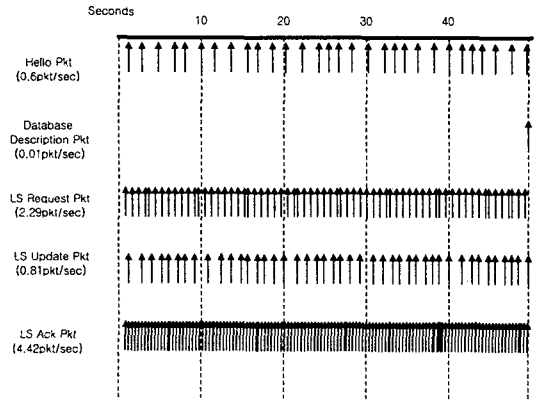

그림 5 Adjacency 설정 3분 동안의 패킷 수신

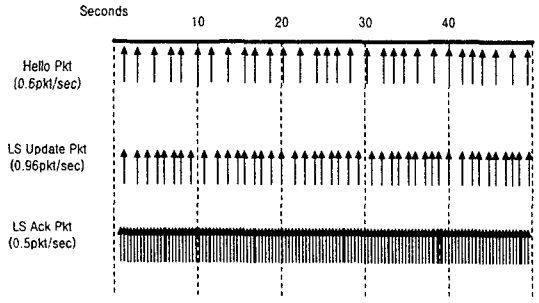

그림 6 Adjacency 완료 3분 이후의 패킷 수신

결국, 라우터 E에서 라우터 Q와 Adjacency를 설정하기 전에 5개의 이웃 라우터로부터 수신되는 패킷의 처리율은 1.7pkt/sec가 된다. 라우터 Q와 Adjacency를 이루는 3분 동안의 처리율은 8.1pkt/sec가 된다. Adjacency를 설정한, 3분 이후에는 2pkt/sec의 처리율을 가진다.

3.3 패킷 처리 분석의 이용

지금까지의 패킷 처리 분석을 통해서 OSPF 라우팅 프로토콜의 패킷을 제대로 처리 할 수 있는 CPU의 성능을 예측 할 수 있다. 한 패킷을 처리하는데 사용되는 명령어는 이미 구현된 OSPF 라우팅 프로토콜을 이용하여 구할 수 있다. OSPF 라우팅 프로토콜의 전체 코드가 C언어로 보통 4만5천 라인이고, 한 라인당 3개의 C 명령어가 포함될 경우, 13만6천개의 C 명령어가 된다. C 명령어 한 개는 어셈블리 명령어 3 ~ 5 개로 이루어지므로 한 패킷을 처리하는데 사용되는 어셈블리 명령어의 수는 4.8×10^6 개가 된다. OSPF 라우팅 프로토콜의 CPU utilization이 10%라고 가정할 경우, 분석에 따른 결과에서 OSPF 패킷이 가장 버스트(burst)하게 수신될 때의 처리율이 8.2pkt/sec이므로 1초 동안 OSPF 패킷을 처리하는데 사용되는 명령어의 수는 $(4.8\times8.2)\times10^6 = 4\times10^7$ 개가 된다. CPU utilization이 10%이므로 1초 동안 처리하는 CPU의 명령어 수는 4×10^8 되므로 OSPF 라우팅 프로토콜을 처리하기 위해 400Mhz 성능을 가지는 CPU가 필요하다는 것을 예측 할 수 있다.

Ⅳ. 결론

현재 OSPF는 대부분의 도메인에서 많이 사용하는 IGP로 대부분의 라우터에 탑재되어 운용되고 있다. OSPF 라우팅 프로토콜 망 구성에 따라 수신되는 제어 패킷의 수를 분석함으로써 최소한 필요한 CPU성능과 패킷을 처리하는데 사용되는 메모리 등을 계산할 수 있음을 보였다. 이러한 OSPF 패킷 처리 분석은 라우터 구조 설계와 라우팅 프로토콜 소프트웨어 구조설계에 유용한 자료가 된다.

참고문헌(또는 Reference)

[1] Christian Huitema, "Routing in the Internet" ,2nd Edithion, Prentice Hall, 1999.

[2] J. Moy, "OSPF Version2", RFC2328, April. 1998.

[3] J. Moy, "OSPF : Anatomy of an Internet Routing Protocol", Addison Wesley,1998.

[4] J. Moy, "OSPF Standardization Report", RFC2329, April. 1998.

[5] Internet Performance Measurement and Analysis Project, www.merit.edu/IPMA