
링크상태 알고리즘을 이용한 패킷스위칭의 트래픽분석과 링크효율에 관한 연구

황민호* · 고남영**

A study on Link-efficiency and Traffic analysis for Packet-switching
using the Link state algorithm

Min-ho Hwang* · Nam-young Ko**

이 논문은 2002년도 군산대학교 두뇌한국 21 사업에 의하여 일부 지원 되었음.

요 약

동적 라우팅은 최적경로를 선택하고 라우팅테이블을 업데이트 하기위해 라우팅 프로토콜을 사용한다. 가장 널리 사용되는 라우팅 프로토콜은 거리벡터 알고리즘을 이용한 라우팅인포메이션 프로토콜(RIP)이다. RIP는 최적경로서 최저 홉수의 경로를 취한다. 하지만 이 RIP는 매우 심각한 단점을 가지고 있다. 그것은 15 홉수 이상의 목적지에 대한 네트워크의 라우팅테이블을 유지할 수 없다는 것이다. 이를 극복하기 위해 TCP/IP 에서 개발된 링크상태 프로토콜인 OSPF가 사용된다. OSPF는 큰 네트워크에 적합하고 RIP가 갖은 단점들을 극복했다. 본 논문은 동일한 네트워크에서 메시지 전달과 지연, 링크 사용율, 메시지 전달갯수 같은 두 프로토콜사이의 트래픽과 링크효율을 분석하였다.

ABSTRACT

Dynamic routing uses routing protocols to select the best routes and to update the routing table. RIP (Routing Information Protocol) using a distance-vector algorithm becomes generally known a routing protocol on the network. RIP selects the route with the lowest "hop count" (metric) as the best route. but RIP has a serious shortcoming. a RIP router cannot maintain a complete routing table for a network that has destinations more than 15 hops away. To overcome this defect, It uses the OSPF (Open Shortest Path First) of link-state protocols developed for TCP/IP. It is suitable for very large networks and provides several advantages over RIP. This paper analyzes the traffic and the link efficiency between two protocols such as message delivery and delay, link utilization, message counts on the same network.

* 군산대학교 공과대학원 전자공학과 석사
접수일자: 2002. 2. 14

** 군산대학교 공과대학 전자정보공학부 교수

I. 서 론

일반적으로 라우팅 정보란 인터넷망에서 라우팅을 하는데 필요한 정보를 말한다. 이 정보는 최적의 경로를 선택하여 패킷을 전송하기 위한 필요 자원이자. 라우팅에서 경로의 결정은 여러 경로들 중 가장 적은 경비, 혹은 어떤 것이 최단경로인가 하는 식의 효율성을 근거로 이루어진다. 최적의 경로를 결정하기 위해서, 라우터는 다양한 정보를 수집하고 이를 근거로 최적의 경로 정보를 추출하여 라우팅테이블(Routing Table)에 이를 저장한다. 이것을 수행하기 위해 라우팅 프로토콜은 최적경로의 측정단위인 경로값(Metric)을 이용하며, 링크에 대한 비용(cost)을 정한다. 링크의 대역폭(bps), 지연(latency), 그리고 현재의 부하(load)를 고려한 링크 비용(cost)을 알아야만 정확한 라우팅이 이루어질 수 있다. 이러한 라우팅 알고리즘으로 구현되는 라우팅 프로토콜(Routing Protocol)에는 일반적으로 거리벡터 알고리즘(Distance Vector Algorithm)의 RIP, IGRP, EIGRP 등이 있으며, 링크상태 알고리즘(Link State Algorithm)에는 OSPF, NLSP, IS-IS 등이 있다. 이 홉(hop)라우팅에서 사용되는 알고리즘을 거리 벡터 알고리즘(distance vector algorithm)이라 한다. 이 알고리즘은 단일 라우터에 저장된 경로를 보통 15홉 이내로 제한하기 때문에, 이 제한을 극복하기 위해 사용하는 알고리즘이 바로 링크상태 알고리즘(link state algorithm)이다. 링크 스테이트 알고리즘은 현재 자신의 네트워크에 있는 라우팅 정보 등을 멀티캐스트(multicast)로 전체 네트워크에 알리고 Link State(접속정보)를 수신한 라우터는 이것을 바탕으로 네트워크 토폴로지 데이터 베이스를 작성하고 라우팅 테이블을 구성하여 최적의 경로를 선택해서 찾아가는 방법이다.

본 논문은 본론에서는 링크상태 알고리즘에 대해 살펴보고, RIP와 OSPF에 대해 논의하도록 한다. 3장에서는 모의실험을 통해 동일 네트워크 상에서 각각의 프로토콜을 사용했을 경우의 트래픽 분석과 링크의 효율에 대해 살펴보고, 그 결과 값을 산출하여 마지막으로 결론을 맺도록 한다.

II. 본 론

1. 제한된 링크상태 알고리즘

링크상태 알고리즘은 그래프 이론으로 정의되어진다. 노드가 자신이 받은 모든 LSP(Link state packet)를 갖고 네트워크의 그래프 표현을 만든다. 여기서 N 은 그래프에서 노드의 집합을 의미하며 $l(i, j)$ 는 노드 N 에 속하는 노드 i, j 사이의 간선에 부여된 음수가 아닌 비용(무게)을 나타낸다. i 와 j 사이에 간선 없으면 $l(i, j) = \infty$ 로 한다. s 는 N 에 속하는 다른 모든 노드로의 최단 경로를 찾기 위해 알고리즘을 수행하는 노드를 나타낸다. 또한 알고리즘은 다음과 같은 두 개의 변수를 유지한다. M 은 이 알고리즘이 현재까지 포함시킨 노드의 집합을 나타내며, $C(n)$ 는 s 로부터 n 까지의 비용을 나타낸다. 이와 같은 정의가 주어졌을 때, 알고리즘은 다음과 같이 정의된다[1,2].

$$M = \{s\}$$

for each n in $N - \{s\}$

$$C(n) = l(s, n)$$

while ($N \neq M$)

$$M = M \cup \{w\} \text{ such that } C(w) \text{ is}$$

the minimum for all w in $(N-M)$

for each n in $(N - M)$

$$C(n) = \text{MIN}(C(n), C(w) + l(w, n))$$

2. RIP (Routing Information Protocol)

라우팅 프로토콜인 RIP 가장 일반적으로 사용되는 거리벡터 알고리즘의 프로토콜이다. 라우팅 테이블은 송신지 와 수신지간의 거리는 패킷이 경유하는 라우터의 갯수에 해당하는 홉(hop)수로 표시한다. 다음 그림 1은 RIP의 매트릭스에 대한 설명을 보여주고 있다[7].

RIP에서는 최대 홉(hop)을 16으로 제한한다. 16은 라우터에서 특별한 용도로 사용하므로 실제로 패킷이 전달될 수 있는 네트워크의 홉(hop) 수는 15로 제한된다. 이로 인하여 전체 네트워크의 규모가 제한되어 대규모 네트워킹에서는 RIP을 적용할 수 없

게 된다. 또한 RIP에서 사용하는 거리벡터 알고리즘은 매 30초 이내에 새로운 라우팅 정보를 방송하며, 만약 180초 이내에 새로운 라우팅 정보가 수신되지 않으면 해당 경로를 이상상태로 간주한다. 이처럼 네트워크의 고장 또는 변화가 일어난 이후에 이 사실이 전체 네트워크에 전달되어 안정화되는데 까지 많은 시간이 소요된다. 따라서 RIP에서는 잘못된 라우팅 정보가 전달될 가능성이 존재한다[3,4,5,7].

$$\text{Cost} = \text{Hop_Count} \quad (\text{but, Hop_Count} < 16)$$

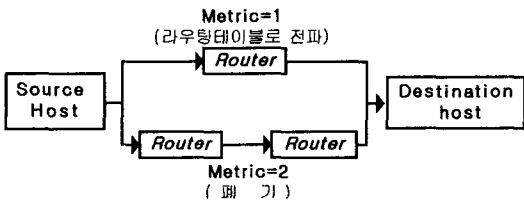


그림 1. RIP의 메트릭스
Fig 1. RIP Metric

3.OSPF(Open Shortest Path First)

OSPF(Open Shortest Path First)프로토콜은 다익스트라 알고리즘으로 알려진 링크상태라우팅 알고리즘을 사용한다. 이 알고리즘을 사용해 모든 라우터는 토폴로지에 관한 모든 정보를 완벽히 보유할 수 있다. OSPF는 사용자에 의한 경로의 설정, 경제적인 경로와 다중경로의 선정 등의 기능을 제공하며, 변화 발생시 정보가 RIP에 비해 빨리 전파된다. 라우팅패킷을 인접한 라우터에 모두 브로드캐스트하는 플러딩 방식을 사용하므로 토폴로지에 관한 정보가 전체 네트워크에 존재하는 모든 라우터에서 동일하게 유지된다.

각 라우터는 자신(root)을 네트워크의 중심점으로 간주하여 최단 경로의 트리(tree)를 구성한다. 또한 IP 주소와 IP에서 제공하는 서비스만을 사용한다. 여러 종류의 서비스를 제공하기 위하여 분리된 트리를 사용한다. 동일한 비용을 갖는 모든 경로에 트래픽을 분산시켜 전송한다. OSPF 경로 선정은 OSPF 메트릭 값 조정(Tuning), 지역 간 트래픽 제어(Control), OSPF 인터넷워크에서의 로드 밸런싱 등과 같은 사항을 고려해야 한다. OSPF 메트릭 값 조정(Tuning)은 OSPF 메트릭스의 기본 대역폭을 근거로 산출되어

진다. 지역간 트래픽 제어(Control)는 현대의 지역 경계 라우터만이 존재하는 경우, 동일 지역에 속하지 않는 모든 트래픽은 지역 경계 라우터로 송신되어지고, 여러 대의 지역 경계 라우터가 있는 경우에는 트래픽을 생성한 노드에서 가장 가까이 있는 지역 경계 라우터를 이용해 송신하거나 트래픽의 목적지에서 가장 가까이 있는 지역 경계 라우터를 이용해 송신등 2가지 중 한가지 방식으로 트래픽이 송신된다.

그림 2는 라우팅 정보교환에 대한 OSPF의 패킷형식을 보여주고 있다. 그림 2에 나타낸 것처럼 모든 타입은 동일한 헤더로 시작한다. 현재 버전(Version)필드는 2로 고정되어 있고, 타입(Type)필드는 1에서 5 사이의 값으로 이루어질 수 있다. 소스어드레스는 메시지의 송신자를 지정하고 Areald는 노드가 위치한 지역의 32비트 식별자이다. 인증타입(Authentication type)은 0이나 1이 될수 있으며, 1인 경우 다음의 8바이트는 패스워드를 포함하고 있다는 의미이다. 5가지 OSPF 메시지 타입중 타입 1은 헬로(hello)메시지이며, 이것은 노드의 이웃 노드가 살아 있고 도달 가능하다는 것을 알리기 위해 사용된다. 라우터가 일정 시간 동안 이웃노드로부터 메시지를 받을 수 없다면, 라우터는 그 노드로 더 이상 직접 도달할 수 없다고 판단하고 자신의 링크 상태 정보를 갱신한다. 나머지 타입은 링크 상태 메시지의 요구(request), 송신(send), 그리고 긍정응답(acknowledge)하는데 사용된다 [3,4,5].

0	8	16	31
Version(2)	Type(1~5)	Message length	
Source Address			
Areald			
Checksum		Authentication type(0 or 1)	
Authentication			

그림2. 라우팅 정보교환에 대한 OSPF 패킷형식
Fig 2. OSPF packet format for exchanging routing information

III. 시뮬레이션 및 결과

링크상태 알고리즘을 이용한 프로토콜인 OSPF와

거리벡터 알고리즘을 이용한 프로토콜인 RIP가 실제 네트워크에서 발생하는 트래픽과 링크의 효율을 분석하기 위해, Comnet 3 시뮬레이터를 이용 가상네트워크를 구성하고, 이 두 프로토콜의 응답시간과 지연 시간 등을 측정하였다[6]. 이 가상 네트워크는 3곳의 LAN 환경으로 구성되어 있으며, 2개의 토큰링(802.5 16Mbps)과 한 개의 이더넷(802.3 10Mbps)으로 구성하였으며, 각 LAN은 Cisco 7010sp 라우터에 접속되어 있고, 라우터들 사이에는 Point-to-Point link로 연결되어 있다. 이 링크는 삼각형 형태로 되어 있으며, 라우터 B에서 C의 링크의 대역폭은 9.6Kbps로 설정하였으며, 그 외 라우터A와 B, 라우터A와 C는 2Mbps의 속도를 처리할 수 있는 대역폭을 가지고 있다. 이 경우 OSPF의 비용은(Weight)은 $2048\text{Kbps}/2048\text{Kbps}=1$ 이 되고, C링크의 경우 OSPF Weight은 $2048\text{Kbps}/9.6\text{Kbps} = 213.3$ 이된다. 각 그룹노드는 0.5초의 트래픽 생성기의 평균 내부도착시간을 사용하여 1분당 120개의 메시지가 생성되도록 설정하였다. Computer group B의 메시지를 Processing node C로 전송하여 이 메시지가 진행되는 경로와 지연 시간, 응답시간, 링크 사용 효율 등을 측정하였다. 시뮬레이션 시간은 120초로 설정하여 측정하였다.

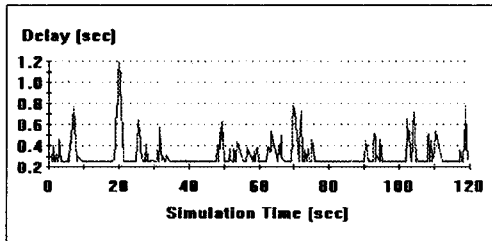


그림3. OSPF의 응답시간
Fig 3. Responding time of OSPF

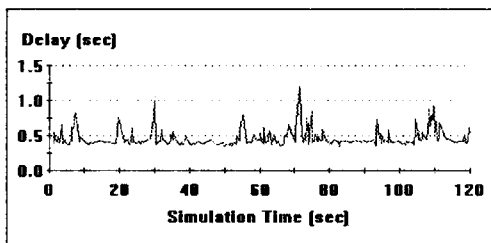


그림4. RIP의 응답시간
Fig 4. Responding time of RIP

이를 측정된 결과, OSPF의 경우 Computer group B에서 Processing Node까지의 평균 전달시간은 92.588 ms이었으며, RIP프로토콜을 이용한 경우는 166.194 ms로 OSPF가 동등한 환경에서 약 1.7배 더 빠른 전달시간을 갖는 것으로 나타났다. 그림3과 그림4는 OSPF의 응답시간과 RIP의 응답시간의 결과 값에 대한 출력 그래프이다.

또한 RIP는 속도와 링크환경과는 상관없이 최저 홉수(16)를 기반으로 패킷을 전송하기 때문에 RIP 프로토콜의 경우 요구(request) 메시지에서 응답(response) 메시지까지의 경로는 저속 대역폭 9.6kbps인 Link-C로 트래픽이 전송되는 것을 볼 수 있다. 반면 링크상태 알고리즘을 이용하는 OSPF의 경우, 대역폭이 9.6Kbps인 Link-C가 아닌 대역폭이 2Mbps링크를 통해서 패킷이 전송되는 실험 결과 값을 얻게되었다. 이는 OSPF의 특징인 OSPF 매트릭스 즉, 기본 값은 대역폭을 근거로 경로를 산출하기 때문이다.

표1. RIP 링크 사용률
Table 1. The rate of Link utilization for RIP

RIP 링크		사용률(%)
Link-A	from Router A	0
	from Router B	0
Link-B	from Router C	0
	from Router A	0
Link-C	from Router B	14.43
	from Router C	14.32
Ethernet B		0.0332
Token Ring C		0.0221

표2. OSPF 링크 사용률
Table 2. The rate of Link utilization for OSPF

OSPF 링크		사용률(%)
Link-A	from Router A	0.0679
	from Router B	0.0686
Link-B	from Router C	0.0679
	from Router A	0.0686
Link-C	from Router B	0
	from Router C	0
Ethernet B		0.0336
Token Ring C		0.0224

표 1과 표 2는 OSPF와 RIP의 링크 사용 효율에 대한 결과를 보여주고 있다. RIP과 OSPF의 표 1과 표 2에서 보듯이 Ethernet B와 Token Ring C에서의 링크 사용효율은 거의 비슷했다. 하지만 OSPF에서는 Link-A와 Link-B사이의 사용율이 0.06%인데 비해, RIP의 경우 Link-C의 사용율이 14.3%로 큰 차이를 보임을 알 수 있었다. 이 네트워크의 링크효율을 구해보면 링크 처리하는 양으로 연결될 수 있다. 링크의 처리용량은 전송크기를 전송시간으로 나눈 값에 의해 나누어지는데, 본 네트워크의 전송크기는 20Byte로 고정되어 있으며, 전송시간의 경우 OSPF는 92.588ms, RIP의 경우 166.194ms의 결과를 구할 수 있었다. 그러므로 OSPF와 RIP의 링크처리량(T)은 전송크기를 전송속도로 나눈 값이므로[5], OSPF의 링크처리량(T)=120B/92.588ms=1296Bbps=10,368bps(10.3Kbps)를 얻었고, RIP의 경우 링크처리량(T)=120B/166.194ms=722Bbps=5,776bps(약 5.78Kbps)의 산출결과를 얻을 수 있다. 이를 효율로 계산하면 동일한 네트워크 환경에서 OSPF가 RIP보다 약 55.67%의 링크 처리효율이 좋은 결론을 얻었다. 이로써 링크상태 알고리즘을 사용하는 OSPF나 IS-IS 프로토콜을 이용하면 메시지의 빠른 전달과 각 링크에 걸리는 과부하를 줄일 수 있고, 로드밸런싱과 최적의 라우팅을 구성할 수 있음을 알 수 있다.

N. 결 론

링크상태 알고리즘은 자신을 중심으로 한 전체 네트워크의 토폴로지를 그릴 수 있는 복잡한 토폴로지 정보 DB를 가진다. 이 정보 DB를 이용하여 SPF 알고리즘을 통해 SPF 트리를 만들어 내고, 이 트리를 가지고 라우팅 테이블을 유지 관리하며 패킷에 대한 스위칭을 수행한다.

본 논문은 IP 라우팅과 링크상태 알고리즘에 대해서 살펴보았다. 거리벡터 알고리즘을 이용하는 RIP와 링크상태 알고리즘을 이용하는 OSPF를 비교하여, 동일한 네트워크 상에서 최적 프로토콜을 구현 및 실현하기 위한 패킷의 흐름을 분석하고 그 효율을 측정해보았다. 향후 연구에서는 링크상태 알고리즘의 단점인 각 라우터의 라우팅 테이블의 DB 크기

들 문제와 트래픽에 대한 오버헤드의 분석 및 처리에 대한 연구와 IP QoS등 다양한 라우팅에 대한 심층적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 이재규, "C로 배우는 알고리즘", 세화, pp.824 1. 2001
- [2] 김한규, 박동선, 이재광, "데이터통신과 네트워킹", 교보문고, pp.530-550, 2.2001
- [3] http://www.ece.nwu.edu/~guanghui/Transportation/spt/section3_2.html
- [4] http://telcom.semyung.ac.kr/~shikm/lectures/computernetwork/199802/lecture4_2.htm
- [5] 에릴휴, "Internet Core Protocols", O'Reilly, pp.54-401, 10.2000
- [6] Craig Hunt, "TCP/IP Network Administration", O'Reilly, pp.20-68, 3.1999
- [7] Sun microsystems, "Solaris Operating Environment TCP/IP Network Administration", Sun education center, pp.6:1-6:88, 11.2000
- [8] CACI, "ComnetIII Reference guide", CACI, 11. 1999

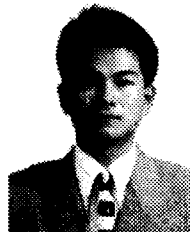
저자소개

황민호(Min-ho Hwang)

1998년 2월 : 군산대학교 전파공학과 공학사

2000년~2002년 : 군산대학교 전자정보공학부 공학석사

2002년~ 현재 : 기상청근무



※주관심분야 : 컴퓨터 네트워크, Unix system, 무선통신, 남북통신



고남영 (Nam-young Ko)

1973년 2월 : 광운대학교 무선

통신공학과 공학사

1980년 2월 : 건국대학교 통신

행정학 공학석사

1995년 2월 : 국민대학교 통신

행정학 박사

1996년 8월 : Pacific Western Univ.-Communication
(Ph.D Com_)

1992년 7월 ~ 현재 : 군산대학교 전자정보공학부교수

2001년 2월 ~ 현재 : 군산대학교 공과대학장

※관심분야 : 무선통신, 통신정책, 남북통신