

# 트래픽 변화를 고려한 링크 상태 업데이트 알고리즘의 성능 분석

최승혁\*, 정명희\*, 정민영\*, 양미정\*\*, 김태일\*\*, 박재형\*\*\*

Performance evaluations of a link state update mechanism considering  
traffic variation

Seung-hyuk Choi\*, Myoung Hee Jung\*, Min Young Chung\*, Mijeong Yang\*\*, Tae Il Kim\*\*, Jaehyung Park\*\*\*

## Abstract

Routers determine routing path considering network topology and link state information for providing QoS (quality of service) guarantee. Therefore, it is important that routers know link state information to calculate routing path. However, if routers generate link state update messages inordinately, their router performance are reduced due to the process of link state update messages. On the other side, in case that link state information is not updated appropriately, route setup requests can be rejected even though there exist routes. In this paper, we propose an algorithm to improve router performance and evaluate the proposed algorithm performance compare with conventional algorithm by simulations.

**Key Words:** QoS routing, link state update, update message trigger

\* 성균관대학교 정보통신공학부

\*\* 한국전자통신연구원 광대역통합망연구단

\*\*\* 전남대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

## 1. 서론

현재 인터넷의 확장과 함께 실시간 서비스에 대한 요구가 증가하고 있다. 이를 적절히 처리하기 위해서는 대역폭, 지연, 지연분산, 패킷손실과 같은 서비스 품질 (QoS : quality of service)의 측정자 (measure)에 대한 제어가 필요하다 [1]. 그러나 IP 프로토콜은 기본적으로 최선형 (best effort) 서비스의 특성을 갖기 때문에 서비스의 품질을 지원하기 위해서는 QoS 보장을 위한 다양한 프로토콜이 적용되어야 한다 [2].

라우터는 서비스의 품질(QoS : quality of service) 보장 지원을 위해 망 구성 정보 외에 링크 상태 정보를 기반으로 라우팅 경로를 설정한다. 따라서 라우터가 정확한 링크 상태를 파악하는 것은 최적의 라우팅 경로를 설정하는 데 있어 매우 중요하다. 그러나 라우터가 링크 상태 정보를 다른 라우터에게 알리기 위해 링크 상태 업데이트 메시지를 필요 이상으로 전송할 경우, 이들 메시지의 생성, 처리, 전달 등에 기인한 라우터 시스템 자원의 낭비로 성능 저하가 야기 된다 [3]. 반면에 링크 상태 정보가 적절한 때에 업데이트되지 않는 경우, 실제 수용 가능한 서비스 요구가 거절될 수 있다. 본 논문에서는 업데이트 메시지를 줄이면서 라우팅 성능을 향상 시키는 알고리즘을 제안하고, 시뮬레이션을 통하여 기존의 알고리즘과 비교해 성능 개선의 정도를 평가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기 연구된 링크상태 업데이트 알고리즘을 분석하고, 3장에서는 네트워크 성능개선을 위한 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 제안한 알고리즘의 성능을 분석하고 5장에서 결론을 맺는

다.

## 2. 관련연구

QoS 라우팅에서 경로 계산을 하기 위해서는 망 구성 정보 외에도 링크상태에 대한 정보가 필요하다. 링크상태 정보는 사용 가능한 대역폭, 지연, 지연 분산 등 몇 개의 제약조건 (constraint)의 정보로써 전달되며 [4], 이 정보는 각 라우터에 의해 취합되어 경로계산에 이용된다. 본 논문에서는 사용가능한 대역폭만을 고려하기로 한다. 사용가능한 대역폭에 대한 정보를 기반으로 전송 시점을 결정하는 대표적인 알고리즘 4가지는 다음과 같다.

### 2.1 주기적 업데이트 알고리즘

주기적 업데이트 방법은 정해진 시간이 지날 때 마다 각 라우터가 업데이트 정보 메시지를 다른 라우터에게 전송하는 방법이다. 주기적 업데이트 방법은 구현이 간단하다는 장점이 있지만 급격한 네트워크 상황 변화 정보를 적시에 다른 라우터에게 전달하지 못한다는 단점을 갖게 되며 이로 인해 정확한 경로 계산을 보장할 수 없다 [5]. 이 점을 해결하기 위해서는 전송 주기를 짧게 해야 하는데, 이 경우 잦은 업데이트 메시지 전송으로 인해 라우터 시스템 자원의 낭비가 발생한다.

### 2.2 임계값 업데이트 알고리즘

임계값 업데이트 알고리즘에서는 상수 임계값( $th$ )을 정하고 이에 해당하는 제약조건 변화가 이 값을 초과하는 경우 업데이트 메시지를 전송한다. 예를 들어 현재 링크의 대역폭을  $BW_c$ 라하고 가장 최근에 업데이트된 링크의 대역폭을  $BW_0$ 라 하면

$|BW_0 - BW_c|/BW_c > th$  (단,  $BW_0 > 0$ ) 인 경우 업데이트 메시지를 전송 한다. 이 알고리즘은 주기적인 업데이트 보다 효과적인 방법이나 고정된 임계값을 사용하므로 링크상태를 정확하게 반영하지 못한다는 단점이 있다.

### 2.3 균일 등급 업데이트 알고리즘

균일 등급 업데이트 알고리즘은 사용가능한 대역폭 구간을 나타내는 상수  $B$ 를 이용한다. 링크를  $(0, B)$ ,  $(0, 2B)$ ,  $(0, 3B)$ , ... 의 형태로 균일한 등급으로 나누고 현재 링크의 사용 가능한 대역폭 값의 등급이 바뀔 경우 업데이트 하는 방식이다 [6]. 이 알고리즘은 모든 등급이 링크 상태와 무관하게 균일한 비중을 갖기 때문에 링크상태를 정확하게 반영하지 못하며 등급의 경계 값에서 사용가능한 대역폭이 빈번하게 변화 할 경우 과도한 업데이트 메시지로 인한 라우터 시스템 자원 낭비가 증가한다.

### 2.4 비 균일 등급 업데이트 알고리즘

비 균일 등급 업데이트 알고리즘은 2개의 상수  $B$ 와  $f$ 에 의해 동작한다.  $B$ 는 링크의 사용 가능한 대역폭을 나타내고,  $f$ 는 등급의 범위를 정해주는 인수이다. 등급은  $(0, B)$ ,  $(B, (f+1)B)$ ,  $((f+1)B, (f^2+f+1)B)$ , ... 로 등비수열 합 의 형태로 증가한다. 사용 가능 대역폭의 범위가 클 경우 등급의 개수는 적고 등급의 범위가 커지며, 사용 가능 대역폭의 범위가 큰 경우 등급의 개수가 많고 등급의 범위는 작아진다. 결론적으로 이 알고리즘은 균일 등급 업데이트에 비해 대역폭이 조금 남은 경우 좀 더 세부적이고 정확한 업데이트를 제공한다는 장점이 있으나 고정된 상수 값을 사용하기 때문에 균일 알고리즘이 갖는 단점을 완벽하게 보완

할 수 없다.

## 3. 트래픽 변화를 고려한 링크상태 업데이트 알고리즘

기존 업데이트 메시지 전송 알고리즘의 단점은 업데이트 메시지 전송의 결정을 단순히 고정된 상수 값을 이용하는 것에 기인한다. 본 논문에서는 상수 값을 이용하지 않고 링크 상태를 반영하는 변수 값을 이용하는 링크상태 업데이트 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘에서 링크 상태 업데이트 메시지는 (식 1)의 조건을 만족하는 경우에 전송된다.

$$|B_{n-1} - B_n| > \frac{B_n}{N} \quad (\text{식 1})$$

이때,  $B_n$ 은  $n$ 번째 링크 변화가 발생 했을 때 사용가능한 대역폭을 나타내고,  $N$ 은 현재 링크를 점유하고 있는 서비스의 개수이다.

(식 1)의 좌변  $B_{n-1} - B_n$ 을 분석하면 아래와 같다.

$$\begin{aligned} B_{n-1} - B_n &= (C - U_{n-1}) - (C - U_n) \\ &= U_n - U_{n-1} \\ &= (U_n - U_{n-1})/1 \quad (\text{식 2}) \end{aligned}$$

여기서  $U_n$ 은 링크 변화가  $n$ 번째 발생 했을 때 사용 중인 대역폭을 나타낸다. 따라서 (식 2)는 서비스 1개 당 사용 대역폭의 변화량을 나타낸다.

(식 1)의 우변에 대한 분석은 다음과 같다.

$$\frac{B_n}{N} = \frac{C - U_n}{N} = \frac{C}{N} - \frac{U_n}{N} \quad (\text{식 } 3)$$

이때,  $C/N$ 은 서비스 하나에 할당된 대역폭을 나타내고,  $U_n/N$ 은 서비스 하나의 평균 사용 대역폭을 나타낸다. 따라서 (식 3)은 서비스 하나의 사용 가능한 대역폭을 나타낸다.

결론적으로 본 논문에서 제안하는 알고리즘에서는 서비스 1개의 대역폭의 변화 정도가 서비스 하나에 대한 사용가능한 대역폭의 범위보다 클 경우 링크 상태 업데이트 메시지를 전송 한다. 이는 고정적인 상수 값에 의한 알고리즘과는 달리 링크 상태에 따른 변수 값에 의해 전송을 결정하기 때문에 기존의 알고리즘에 비해 비교적 정확하게 링크 상태를 업데이트 할 수 있다.

#### 4. 성능평가

본 논문에서는 입력률의 변화에 따른 링크 상태 업데이트 메시지 전송횟수와 경로 설정 실패확률, 유효 업데이트 수로 성능을 평가했다.

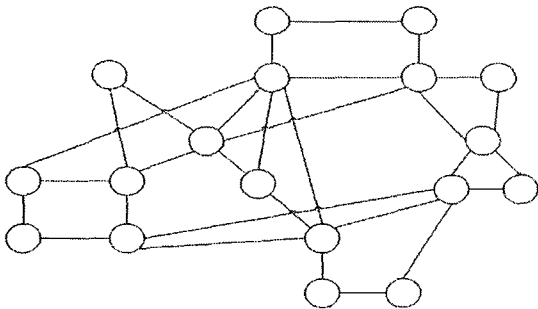


그림 1. 시뮬레이션에 사용된 네트워크 망 구성

그림 1은 시뮬레이션을 위해 가정한 망 구성을 나타내고 있다. 코어 라우터(core router)의 개수는 18개이고, 링크의 개수는 30개이다.

링크는 양방향 링크를 가정했으며 단방향으로 각각 45Mbps의 용량(capacity)을 갖는다. 트래픽은 각 코어라우터에서 (1, 5)Mbps 범위를 갖고 랜덤하게 생성되며, 입력 트래픽 특성은 프아송 프로세스(Poisson process)를 가정했다.

제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 그림 2에 입력률의 변화에 따른 업데이트 횟수의 변화를 나타냈다. 성능의 개선정도를 알아보기 위해 기존 알고리즘 중 가장 우수한 성능을 보인 임계값 업데이트 알고리즘과 비교했다. 입력률이 작을수록 적은 메시지를 전송했고, 입력률이 증가함에 따라 개선의 정도가 줄어들었다.

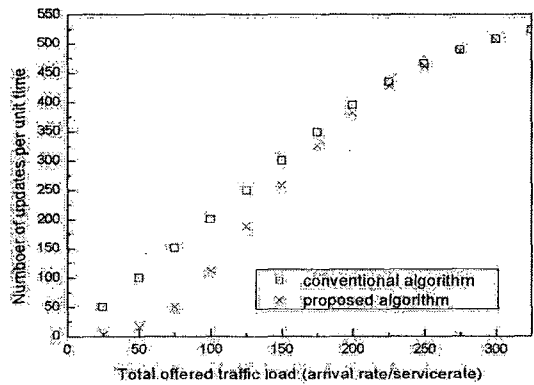


그림 2. 입력률에 따른 단위 시간당 링크상태 업데이트 횟수

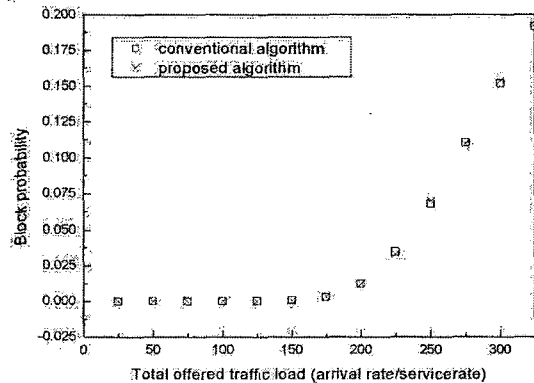


그림 3. 입력률에 따른  $P_{block}$

그림 3은 입력률에 따른 경로설정 실패확률을 보여주고 있다. 경로설정 실패확률은 (식 4)와 같이 구한다.

$$P_{block} = \frac{N_{block}}{N_{total\ request}} \quad (식\ 4)$$

이 때,  $N_{block}$ 는 경로설정에 실패한 요청의 횟수이고,  $N_{total\ request}$ 는 전체 경로설정 요청 횟수이다. 그림 2에서 단위시간당 링크상태 업데이트 수는 줄어들었지만, 그림 3에서  $P_{block}$ 은 기존 알고리즘과 거의 같은 결과를 보였다.

유효업데이트 비율은 경로설정 성공 횟수에 대한 업데이트 수의 비율로 나타낸다.

$$R_{effectiveupdates} = \frac{N_{updates}}{N_{success}} \quad (식\ 5)$$

(식 5)에서  $N_{updates}$ 는 전송된 링크상태 업데이트 메시지 횟수이고,  $N_{success}$ 는 경로 설정에 성공한 횟수이다. 그림 4는 입력률에 따른 유효 업데이트 비율을 나타내고 있다. 입력률이 작을 경우 제안한 알고리즘은 기존 알고리즘에 비해 현격하게 작은 유효 업데이트 비율

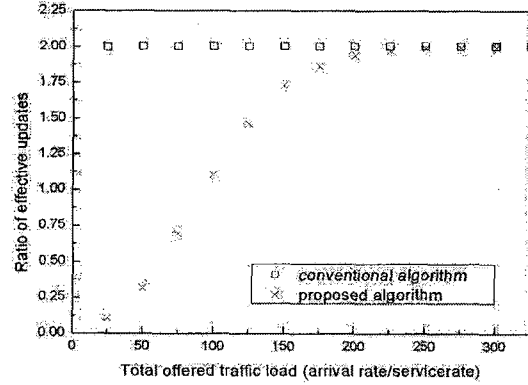


그림 4. 입력률에 따른 유효 업데이트 비율

을 보이며 입력률이 증가 할수록 차이는 점차 줄어들는다. 이것은 제안한 알고리즘에서 입력률이 증가함에 따라 진행 중인 서비스 수가 증가하게 되고 이로 인해 링크 상태 업데이트 전송을 결정하는 임계값이 줄어들기 때문이다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 기존 링크 상태 업데이트 알고리즘을 분석하고 링크상태를 반영한 변수를 이용하여 기존 알고리즘을 개선한 전송 알고리즘을 제안, 평가하였다.

기존 알고리즘은 고정된 상수 값에 의해 링크 상태 업데이트 메시지 전송 여부를 결정한다. 반면 제안한 알고리즘은 링크 상태를 반영한 변수를 이용하였다. 제안한 알고리즘은 기존 알고리즘 보다 적게 업데이트 메시지를 전송하면서도 기존 알고리즘과 같은 경로 설정 성공 확률을 갖는다.

본 논문에서는 대역폭만을 제약조건으로 고려하여 시뮬레이션 하였으나 보다 다양한 QoS를 고려하기 위해서 다른 제약조건에 대한 연구와 시뮬레이션이 요구된다.

참고문헌

- [1] F. A. Kuipers, P. F. A. Van Mieghem, "Conditions That Impact the Complexity of QoS Routing," *IEEE/ACM Networking TRANS*, August, 2005, Vol. 13, pp. 717-730
- [2] G. Apostolopoulos, R. Guering, S. Kamat, A. Orda, and S. K. Tripathi, "Intradomain QoS Routing in IP Networks: A Feasibility and Cost/Benefit Analysis," *IEEE Network*, September, 1999, Vol. 13, pp. 42-54
- [3] G. Apostolopoulos, R. Guerin, and S. Kamat, "Implementation and Performance Measurements of QoS Routing Extensions to OSPF," *IEEE Network*, August, 1999, Vol. 2, pp. 680-688
- [4] Y. Jia, I. Nikolaidis, and P. Gburzynski, "Multiple path routing in networks with inaccurate link state information," *Proceedings of IEEE International Conference on Communications*, Helsinki, Finland, June 11-15, 2001, Vol. 8, pp. 2583-2587
- [5] Z. Ma, P. Zhang, and R. Kantola, "Influence of link state updating on the performance and cost of QoS routing in an intranet," in *Proc. the IEEE Workshop on High Performance Switching and Routing 2001*, Dallas, Texas, USA, May 29-31, 2001, pp. 275-279
- [6] G. Apostolopoulos, R. Guerin, S. Kamat and S. Tripathi, "Improving QoS routing performance under inaccurate link state information," in *Proc. the 16th international Teletraffic Congress (ITC' 16)*, Edinburgh, United Kingdom, Jun 7-11, 1999