

트래픽 변화를 고려한 링크 상태 업데이트 알고리즘의 성능 분석

최승혁^{1*} · 정명희¹ · 정민영¹ · 양미정² · 김태일² · 박재형³

Performance evaluations of a link state update mechanism considering traffic variation

Seung-hyuk Choi · Myoung Hee Jung · Min Young Chung
Mijeong Yang · Taell Kim · Jaehyung Park

ABSTRACT

To guarantee QoS (Quality of Service), routers should determine routing paths satisfying service requirements, based on link state information as well as network topology. Link status database (LSD) in routers should be efficiently managed to effectively reflect the current state of all links. However, there is a trade off between the exact reflection of the current link status and its update cost. For exactly reflecting the current link status, each router immediately notifies its neighbors that link state information is changed. This may degrade performance of the router due to the processing of link state update messages. On the other side, if the current link state information is not updated appropriately, a route setup request can be rejected because of the discrepancy between the current link state information and previously updated link state information in LSD. In this paper, we propose a traffic variation based link state update algorithm for adaptively controlling the generation of link state update messages and compare its performance with those of four existing algorithms by intensive simulations.

Key words : link state update, link state update message transmission, link status database, QoS routing, routing protocol

요약

서비스의 품질(QoS : quality of service) 보장 지원을 위해 라우터는 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 의한 라우터 시스템 자원의 낭비에 기인한 성능 저하가 야기되며, 이와는 반대로 링크 상태 정보가 적절한 때에 업데이트 되지 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.

주요어 : 링크 상태 갱신, 링크 상태 갱신 메시지 전송, 링크 상태 데이터베이스, QoS 라우팅, 라우팅 프로토콜

1. 서론

인터넷이 개인 컴퓨터의 빠른 보급과 함께 양적으로 성

장함에 따라 실시간 서비스 구현에 대한 다양한 연구가 진행되어 왔다. 인터넷은 최선형 서비스 특성을 갖고 있기 때문에 실시간 서비스를 인터넷을 통해 적절히 제공하기 위해서는 대역폭이나 지연, 지연분산, 패킷손실과 같은 서비스의 품질 제약조건이 적절하게 제어 되어야 한다^[1,2]. 서비스의 품질 보장에 관한 연구 중 가장 핵심이 되는 연구는 서비스의 품질 보장에 대한 라우팅 프로토콜 연구이다^[3].

서비스의 품질을 보장하기 위해, 라우터는 네트워크 망 구성 정보와 링크 상태 정보에 기반 하여 서비스의 요구를 만족하는 라우팅 경로를 설정해야만 한다. 라우터 내 링크 상태 데이터베이스(link state database : LSD) 는

* 본 논문은 서울시가 시행하고 서울시립대학교 “스마트(유비쿼터스) 시티 사업단”이 주관하는 “스마트시티를 위한 지능형 도시정보 컨버전스 시스템 개발”사업에서 일부 지원을 받았습니다.

2005년 12월 27일 접수, 2006년 3월 14일 채택

¹⁾ 성균관대학교 정보통신공학부

²⁾ 한국전자통신연구원 광대역통합망연구단

³⁾ 전남대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

주 저 자 : 최승혁

교신저자 : 정민영

E-mail; mychung@ece.skku.ac.kr

모든 링크의 현재 상태를 효과적으로 반영하기 위해 효율적으로 관리 되어야 한다. 그러나 정확한 링크 상태 반영과 업데이트 비용 간에는 상충(trade off) 관계가 있다.^[4] 정확하게 현재 링크 상태를 반영하기 위해서 각 라우터는 링크 상태의 변화를 감지하는 즉시 이웃 라우터에게 이 정보를 알려주어야 한다. 하지만 이는 링크 상태 업데이트(link state update : LSU) 메시지의 처리로 인한 라우터 성능의 감소를 야기할 수 있다.^[5] 반면에 현재 링크 상태 정보가 적절하게 업데이트 되지 않는 경우, 현재링크 상태와 이전에 갱신된 링크 상태 정보간의 불일치로 인해 경로 설정 요구가 거부될 수 있다.

본 논문에서는 링크 상태 업데이트 메시지의 발생을 간단하면서도 효과적으로 제어하는 LSU 알고리즘을 제안하고 모의실험을 통하여 기존의 알고리즘과 성능을 비교한다. 제안된 알고리즘은 노드/링크 장애 시 관련된 모든 링크의 링크비용을 LSU 메시지 내에 무한대 값으로 설정하여 라우터에게 전송하고 이 LSU 메시지를 수신한 각 라우터는 LSD 정보를 갱신함으로 노드/링크 장애 상황을 반영할 수 있다. 2장에서는 기존의 LSU 알고리즘을 소개하고, 3장에서는 기존의 LSU 알고리즘 보다 간단하면서도 우수한 성능을 보이는 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해 기존의 알고리즘과 비교하여 성능을 평가하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

QoS 라우팅을 위한 경로 계산은 네트워크 망구성 정보 및 링크 상태 정보에 기반 하여 수행되어야 한다. LSD의 갱신은 LSU 메시지에 의해 이루어지며 LSU 메시지 전송시점을 결정하는 여러 알고리즘이 존재한다. 기존에 연구된 LSU 알고리즘은 크게 불변형 LSU 알고리즘과 준 적응형 LSU 알고리즘으로 나눌 수 있다. 불변형 LSU 알고리즘은 주기적 LSU 알고리즘과 임계값 기반 LSU 알고리즘, 균일 등급 LSU 알고리즘 및 비균일 등급 LSU 알고리즘이 있으며,^[6,7] 준 적응형 LSU 알고리즘에는 동적 임계값 기반 LSU 알고리즘^[8]과 이차 모멘트 기반 LSU 알고리즘이 있다.^[9]

2.1 불변형 LSU 알고리즘

주기적 LSU 알고리즘에서 모든 LSD는 주기적으로 갱신된다. 이를 위해 라우터는 미리 정의된 일정 시간이 경과한 경우 현재 모든 링크 정보를 포함한 LSU 메시지를 전송한다. 이 알고리즘은 구현이 쉽다는 장점이 있으나,

중요한 링크 변화에 대한 업데이트를 적시에 제공할 수 없다는 단점이 있다.

임계값 기반 LSU 알고리즘은 특정 제약조건에 대한 임계값을 정의하고, 이 제약조건이 변화가 정의한 임계값보다 큰 경우, LSU 메시지를 전송한다. 한 링크를 i 라 하고, bw_i^0 를 가장 최근에 갱신된 사용 대역폭 값, bw_i^c 을 현재 사용 대역폭 값, th 를 임계값이라 가장하면 LSU 메시지는 $\frac{|bw_i^0 - bw_i^c|}{bw_i^c} > th$ 인 경우 전송된다. 이 알고리즘은 주기적 LSU 알고리즘 보다 중요한 링크 변화에 대해 효과적인 업데이트가 가능하다.

균일등급 LSU 알고리즘은 경로 계산을 위해 링크의 영역을 상수 파라미터 B 를 이용하여 n 개의 균일한 등급: $(0, B), (B, 2B), (2B, 3B), \dots, ((n-1)B, C)$ 으로 나눈다. 라우터는 사용 가능한 대역폭이 이전에 갱신했던 링크의 등급과 다른 범위의 등급으로 변화했을 때 LSU 메시지를 전송한다. 이 알고리즘은 모든 사용가능한 대역폭의 등급에 균일한 가중치를 둔다.

비 균일 등급 업데이트 알고리즘은 균일 등급 LSU 알고리즘과 유사하다. 그러나 이 알고리즘은 추가적으로 상수 파라미터 f 를 사용한다. 링크의 등급은 두 파라미터 B 와 f 에 의해 등비수열의 합 형태 인 $(0, B), (B, (f+1)B), ((f+1)B, (f^2 + f + 1)B), \dots, ((f^{n-1} + \dots + f + 1)B, C)$ 로 분할되며, LSU 메시지는 균일 등급 업데이트와 같은 조건에서 전송된다. 이 알고리즘은 큰 사용가능 대역폭이 남아 있는 조건에서는 적은 수의 등급을 갖게 되며, 사용가능 대역폭이 작은 조건에서는 보다 범위가 작은 등급을 많이 갖게 된다. 이것은 사용가능 대역폭이 작은 경우에 보다 자세하고 정확한 링크 상태 업데이트를 가능하게 해준다.

2.2 준 적응형 LSU 알고리즘

동적 임계값 기반 LSU 알고리즘은 임계값 기반 LSU 알고리즘과 유사하다. 그러나 임계값 기반 LSU 알고리즘의 임계값 (th)이 고정적인데 반해, 동적 임계값 기반 LSU 알고리즘의 임계값 (th_k)은 주기적으로 조정된다. 임계값 조정에 대한 식은 다음과 같다.

$$th_k = \begin{cases} th_{k-1} + \Delta th, & \text{if } \tilde{R}_k \leq R_0 \\ th_{k-1} + \Delta th, & \text{if } \tilde{R}_k \geq R_0 \end{cases}$$

이때, th_k 는 k 번째 구간 T 에서 사용될 임계값이고, \tilde{R}_k

는 k -1번째의 추정구간 T 동안 $\tilde{R}_k = \frac{(n_k \cdot T - n_{(k-1)} \cdot T)}{T}$ 에 의해 계산된 단위시간당 업데이트 발생률이다. $n_k \cdot T$ 는 k -1번째 구간 동안 발생한 LSU 메시지의 개수이고 T 와 R_0 는 고정값을 이용한다.

이차 모멘트 기반 LSU 알고리즘은 안정성 기반 QoS 라우팅 알고리즘의 한 부분이다. 안정성 기반 QoS 라우팅 알고리즘은 크게 두 부분으로 나누어진다. 첫 번째는 이차 모멘트 기반 LSU 알고리즘이고, 나머지는 안정성 기반 라우팅 알고리즘이다. 본 논문에서는 LSU 알고리즘에 대한 부분만을 고려하므로 이차 모멘트 기반 LSU 알고리즘만을 소개한다. 이차 모멘트 기반 LSU 알고리즘에서는 LSU 메시지가 다음 조건을 만족하는 경우 전송된다.

$$F(\mu - \sigma^2) = \frac{\sigma^2}{(C - \mu)C} \geq th$$

여기서 μ 와 σ^2 은 사용대역폭에 대한 평균과 분산이며, C 는 한 링크의 전체 용량이다.

3. 트래픽 변화를 고려한 링크상태 업데이트 알고리즘

기존 업데이트 메시지 전송 알고리즘의 단점은 업데이트 메시지 전송이 고정된 상수값에 의해 결정되는 것에 기인한다. 주기적 LSU 알고리즘은 적절한 순간에 링크를 업데이트를 하는 것이 아니라 주기적으로 업데이트를 하기 때문에 경로 계산을 위한 정확한 정보를 적시에 제공하지 못한다. 이 문제를 해결하기 위해서는 LSU 메시지를 자주 전송해야 하나 이 경우 과도한 메시지 전송으로 인한 라우터 시스템 자원의 낭비를 초래한다. 임계값 기반 LSU 알고리즘에서는 임계값이 단순히 하나의 상수값에 의해 결정되므로 LSU 메시지가 적절하게 전송되지 못한다. 등급에 의한 LSU 알고리즘 역시 상수 B 와 f 를 사용하기 때문에 사용 가능한 대역폭이 등급의 경계에서 빈번하게 변화할 경우 불필요한 LSU 메시지가 발생한다.

준 적응형 LSU 알고리즘은 불변형 LSU 알고리즘에 비해 보다 효과적인 링크 상태 업데이트를 제공한다. 그러나 이 알고리즘들 역시 고정된 상수값을 사용하기 때문에 라우터 시스템이 가장 좋은 성능을 보이기 위해서는 이들 상수값에 대한 최적값을 알아야만 한다는 단점이 있다. 또한 네트워크 상황이 변화한 경우 이에 따라 최적값

도 변화하게 되어 이에 대한 값을 다시 추정해야 되는 문제점을 갖고 있다. 따라서 다양한 네트워크 시스템에 LSU 알고리즘을 적용하기 위해서는 모든 파라미터 값이 네트워크 상황 변화에 따른 변수가 되어야 한다.

이에 본 논문에서는 간단하면서도 효과적인 트래픽 변화를 고려한 LSU 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘의 모든 파라미터는 링크상태를 반영하여 변화하기 때문에 각 라우터는 최적값을 추정할 필요가 없다. 또한 단순히 링크 상태의 최근 정보만을 필요로 하기 때문에 매우 단순한 데이터베이스만을 필요로 한다. 이것을 실제 QoS 라우터를 구현함에 있어 복잡도를 크게 감소시킬 수 있다.

제안하는 알고리즘에서 LSU 메시지의 전송 여부를 결정하기 위해서 라우터는 자신과 연결된 링크의 사용가능 대역폭과 각 링크의 서비스 개수를 관찰한다. 그리고 라우터는 LSD의 가장 최근 사용가능 대역폭의 값에 대한 정보를 유지하며 이 3가지 파라미터를 이용하여 LSU 메시지 전송을 결정한다.

$$|B_n - \tilde{B}(t)| > \frac{\tilde{B}(t)}{N(t)} \quad (식1)$$

이때, B_n 은 n 번째로 LSD를 갱신했을 때의 사용가능 대역폭에 대한 값이고 이 값은 가장 최근의 사용가능 대역폭 값을 나타낸다. $\tilde{B}(t)$ 와 $N(t)$ 는 특정 링크에 대한 LSU 메시지 전송여부를 결정하는 순간의 사용가능 대역폭과 그 링크의 서비스 개수이다. (식 1)의 좌변 $B_{n-1} - B_n$ 을 분석하면 아래와 같다.

$$\begin{aligned} B_{n-1} - B_n &= (C - U_n) - (C - \tilde{U}(t)) \\ &= \tilde{U}(t) - U_n \\ &= (\tilde{U}(t) - U_n) / 1 \end{aligned} \quad (식2)$$

여기서 C 은 한 링크의 전체 용량이고, U_n 은 n 번째로 LSD를 갱신했을 때의 사용대역폭 값이다. 그리고 $\tilde{U}(t)$ 는 LSU 메시지 전송을 결정할 때의 사용대역폭 값이다. 따라서 (식 2)는 서비스 하나당 사용 대역폭의 변화 정도를 나타낸다. (식 1)의 우변에 대한 분석은 다음과 같다.

$$\frac{\tilde{B}(t)}{N(t)} = \frac{C - \tilde{U}(t)}{N(t)} \quad (식3)$$

이때, $C/N(t)$ 은 서비스 하나에 할당된 대역폭을 나타

내고, $\tilde{U}(t)/M(t)$ 는 서비스 하나의 평균 사용 대역폭을 나타낸다. 따라서 (식 3)은 시간 t 이후에 기대되는 서비스 하나에 대한 사용가능 대역폭을 나타낸다.

결론적으로 본 논문에서 제안하는 알고리즘에서는 서비스 1개의 대역폭의 변화 정도가 서비스 하나에 대한 사용가능한 대역폭의 범위보다 클 경우 링크 상태 업데이트 메시지를 전송한다. 제안하는 LSU 알고리즘은 링크 상태에 따른 변수값에 의해 전송을 결정하기 때문에 기존의 LSU 알고리즘과는 달리 링크상태를 반영한 링크상태 업데이트가 가능하다.

4. 성능평가

4.1 시뮬레이션을 위한 가정

제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 MCI 망 구성을 가정하고 시뮬레이션을 수행하였다. 노드의 개수는 18개이고 링크의 개수는 30개이다. 링크는 양방향을 가정했으며, 단방향 용량을 T3(45 Mbits/sec)로 가정하였다. 그림 1은 망구성에 대한 그림이다.

송신 노드와 수신 노드는 두 노드가 같은 경우를 제외하고 균일한 확률로 랜덤하게 선택되도록 하였다. 트래픽 소스는 각 노드에서(1,5) Mbits/sec 범위를 갖고 랜덤하게 생성되며, 도착률이 λ 인 푸아송 프로세스(Poisson process)를 가정하고 서비스 유지는 평균값이 μ 인 지수분포 특성을 갖도록 하였다. 또한, 트래픽 부하의 변화에 따른 성능을 평가하기 위해 트래픽 부하를 (3,7) Mbits/sec로 변화시켜 성능을 평가하였다.

4.2 성능 평가 기준의 정의

LSU 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 평가 기준으로써 막힘확률과 단위시간당 업데이트 수를 정의 하였다. 경로 설정 요구는 다음의 2가지 경우에 수용할 수 없게

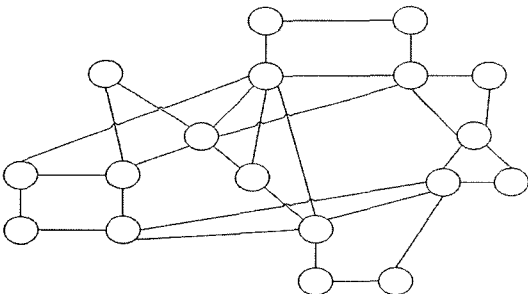


그림 1. 모의실험에 사용된 네트워크 망 구성

된다. 첫 번째 경우는 LSD에 기반 하여 경로를 설정하였으나 실제 링크에서 요구를 수용할 수 없는 경우이다. 이 막힘을 Type-1 막힘으로 정의한다. 두 번째는 링크 상태 데이터베이스의 정보를 바탕으로 경로를 계산한 결과 요구를 수용하지 못하는 경우이다. 이 종류의 막힘은 Type-2 막힘으로 정의한다. 막힘확률은 다음과 같이 계산된다.

$$P_{block} = \frac{N_{block}}{N} \tag{식4}$$

여기서 N 은 전체 경로 설정 요구 횟수이고, N_{block} 은 Type-1과 Type-2의 경로 막힘 횟수의 합으로 구한다. 단위 시간당 업데이트 수는 전체 모의실험 동안 발생한 LSU 메시지 개수를 전체 모의실험 시간으로 나눈 값이다.

4.3 결과

그림 2는 트래픽 부하의 변화에 따른 막힘확률을 나타낸다. 경로설정 막힘확률은 트래픽 부하가 증가함에 따라 증가한다. 기본(basic) LSU 알고리즘은 링크 상태가 변화할 때 마다 링크 상태 데이터베이스를 갱신하기 때문에 막힘확률에 대한 경계값을 제공한다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 기본 LSU 알고리즘의 막힘확률과 유사한 값을 보이며, 나머지 LSU 알고리즘들도 최적의 값을 선택했을 경우, 기본 LSU 알고리즘과 유사한 막힘확률을 보인다.

그림 3은 트래픽 부하에 따른 각 LSU 알고리즘의 단위시간당 업데이트 수를 나타낸다. 준 적응형 LSU 알고리즘에서 임계값은 상수값이거나, 상수 파라미터에 의해

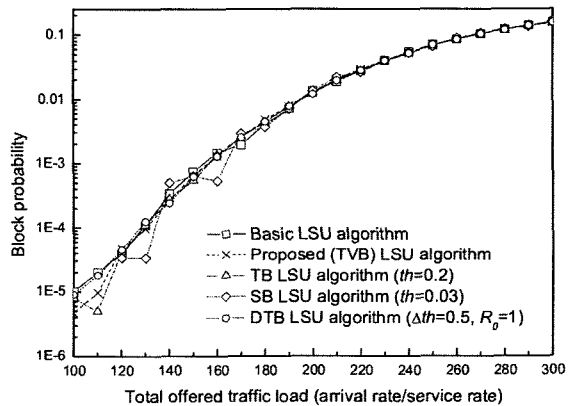


그림 2. 경로 설정 요구 대역폭이 (1,5)Mbits/s 인 경우, 입력률에 따른 P_{block}

계산된다. 반면에 제안하는 알고리즘은 LSU 메시지 전송을 결정하는 값이 트래픽 특성을 고려하여 추정되므로 라우터는 임계값 기반 LSU 알고리즘을 제외한 나머지 LSU 알고리즘에 비해 상대적으로 적은 LSU 메시지를 전송한다.

그림 2와 그림 3에 나타난 기존 LSU 알고리즘의 파라미터 값들은 요청 대역폭이(1,5) Mbits/sec 인 경우에 최적화 된 값이다. 그림 4는 이 값을 그대로 유지하면서 요청 대역폭을(3,7) Mbits/sec로 변화시킨 경우에 대한 막힘 확률을 나타낸다. LSU 메시지 전송을 결정하기 위해 준 적응형 LSU 알고리즘은 상수값을 사용하기 때문에 네트워크 상황이 변화함에 따라 적절하게 파라미터 값을 결정하기가 어렵다. 비록 모든 LSU 알고리즘이 유사한 막힘 확률을 보였으나 요청 대역폭의 범위가(1,5) Mbits/sec에서(3,7) Mbits/sec로 변화함에 따라 링크의 대역폭 변화의 정도가 더 커지게 되고, 이는 요청 대역폭이(1,5) Mbits/sec일 때의 최적값을 사용하는 준 적응형 LSU 알고리즘에서는 불필요한 업데이트 메시지 전송을 야기하므로 경로설정 요청 대역폭의 범위 (1,5) Mbits/sec의 최적값이 (3,7) Mbits/s에서는 더 이상 최적값이 아니다.

그림 5는 경로설정 요청 대역폭의 범위가(3,7) Mbits/sec인 경우에 대한 단위시간당 업데이트 수를 나타낸다. 이 경우 제안한 알고리즘이 가장 적은 업데이트 수를 나타낸다. 경로설정 요청 대역폭의 범위가(1,5) Mbits/sec인 경우, 임계값이 0.2 인 임계값 기반 LSU 알고리즘이 가장 우수한 성능을 보였으나 경로설정 요청 대역폭의 범위가 (3,7) Mbits/sec로 변화함에 따라 제안한 알고리즘이 가장 우수한 성능을 보였다. 임계값 기반 LSU 알고리즘이 보다 우수한 성능을 보이기위해선 임계값을 다시 갱신해야

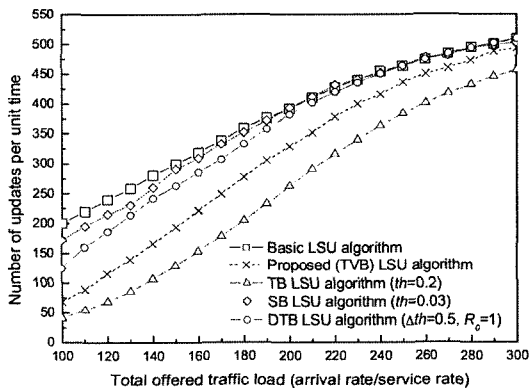


그림 3. 경로 설정 요구 대역폭이 (1, 5)Mbits/s 인 경우 단위 시간당 업데이트 수

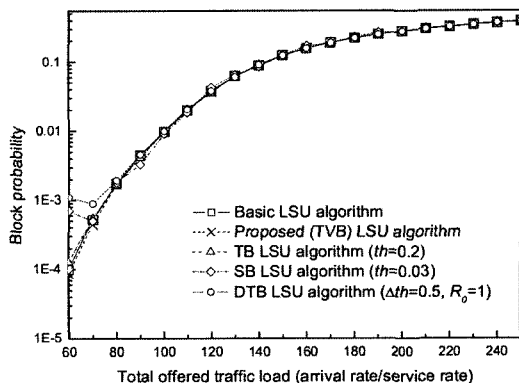


그림 4. 경로 설정 요구 대역폭이 (3, 7)Mbits/s 인 경우, 입력률에 따른 P_{block}

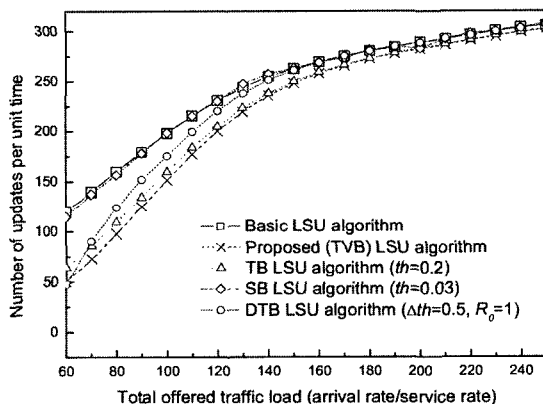


그림 5. 경로 설정 요구 대역폭이 (3, 7)Mbits/s 인 경우 단위 시간당 업데이트 수

하나 실제 네트워크에서 이 값을 네트워크 상황을 고려하여 다시 추정하는 것은 어렵다.

6. 결 론

본 논문에서는 기존 LSU 알고리즘을 분석하고 이를 개선한 LSU 알고리즘을 제안하였다. 그리고 모의실험을 통하여 이 알고리즘들을 평가하였다. 기존의 LSU 알고리즘은 LSU 메시지 전송을 상수 파라미터에 의해 결정한다. 그러므로 이 알고리즘을 네트워크에 적용할 경우 네트워크 상황이 변화 할 때마다 이 상수 파라미터에 대한 최적값을 다시 결정해야만 한다. 그러나 제안한 알고리즘에서는 LSU 메시지 전송여부가 링크의 트래픽 특성을 고려하여 결정되므로 최적값을 결정할 필요가 없다. 또한

제안한 알고리즘은 기존 LSU 알고리즘과 유사한 막힘확률을 갖으면서도 기존의 LSU 알고리즘 보다 적은 업데이트 메시지 전송률을 보이며, 전송여부를 결정하는 파라미터가 매우 단순하고 계산이 간단하기 때문에 QoS 라우터에 쉽게 적용할 수 있다.

본 논문에서 제안한 알고리즘이 기존의 LSU 알고리즘보다 우수한 성능을 보였으나 QoS 제약 조건으로 요구대역폭에만 중점을 두었고, 모의실험의 환경이 MCI 망구성과 프아송 프로세스만을 고려한 제한적인 환경이므로 보다 정확한 성능 분석을 위해 다양한 트래픽 특성과 망구성에 대한 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

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. Guerin, 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. F. Kuipers, P. Van Mieghem, T. Korkmaz, M. Krunz, "An overview of constraint-based path selection algorithms for QoS routing," *IEEE, Communications Magazine*, December, 2002, Vol 40, pp. 50-55.
4. 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.
5. 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.
6. M. Zhao, H. Zhu, V. O. K. Li, and Zhengxin Ma, "A stability-based link state updating mechanism for QoS routing," *IEEE International Conference on Communications*, ICC, May, 2005, Vol 1, pp. 33-37.
7. 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.
8. A. Ariza, E. Casilari and F. Sandoval, "QoS routing with adaptive updating of link states," *Electronics Letters*, Vol 37, April, 2001, pp. 604-606.



최 승 혁 (zealion@ece.skku.ac.kr)

1998~2005 성균관대학교 정보통신공학부 학사
2005~현재 성균관대학교 전자공학과 석사

관심분야 : QoS 라우팅, 유무선 홈 네트워크, WLAN



정 명 희 (aodgl@ece.skku.ac.kr)

2000~2004 성균관대학교 정보통신공학부 학사
2004~2005 성균관대학교 전자공학과 석사
2006~현재 삼성전자 정보통신총괄

관심분야 : 전력선 통신, WLAN, QoS 라우팅



정 민 영 (mychung@ece.skku.ac.kr)

1986~1990 KAIST 전기 및 전자공학과 학사
1992~1994 KAIST 전기 및 전자공학과 석사
1994~1999 KAIST 전기 및 전자공학과 박사
1999~2002 ETRI 네트워크 연구소 선임 연구원
2002~현재 성균관대학교 정보통신공학부 조교수

관심분야 : 차세대 인터넷, 광/홈/Ad hoc 네트워크, 이동통신망 성능 및 신뢰성 분석



양 미 정 (mjyang@etri.re.kr)

1987~1991 부산대학교 전산통계학과 학사
1999~2001 충남대학교 컴퓨터과학과 석사
2001~현재 한국전자통신연구원 라우터S/W기술팀 선임연구원

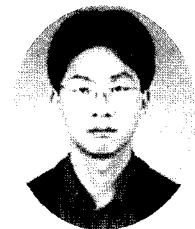
관심분야 : 인터넷 QoS, 라우팅 프로토콜, IPv6



김 태 일 (tikim@etri.re.kr)

1979~ 1983 숭실대학교 전산학과 학사
2001~ 현재 충남대학교 컴퓨터과학과 박사과정
1992 정보처리기술사 취득
1983~현재 ETRI 광대역통합망연구단 라우터S/W기술팀장

관심분야 : 라우터 시스템, 차세대 인터넷, 인터넷 프로토콜, 이동 네트워크 및 프로토콜



박 재 형 (hyeoung@chonnam.ac.kr)

1987~1991 연세대학교 전산학과 학사
1991~1993 KAIST 전산학과 석사
1993~1997 KAIST 전산학과 박사
1997~1998 KAIST 인공지능연구센터 Post-Doc 연수연구원
1998~2002 ETRI 네트워크 연구소 선임 연구원
2002~현재 전남대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 조교수

관심분야 : MPLS 네트워크, 인터넷 프로토콜/시스템, 라우터 구조, 멀티캐스트 알고리즘, 이동 애드혹 네트워크