

## LSU 메시지 수를 제어 가능한 QoS 라우팅 링크 상태 갱신 알고리즘

조강홍\*, 김남훈\*

### LSU Message Count Controlled Link State Update Algorithm in QoS Routing

Kang Hong Cho\*, Nam-Hoon Kim\*

#### 요약

본 논문에서는 QoS 라우팅 알고리즘의 성능을 유지하면서 LSU(Link State Update) 메시지의 수를 제어할 수 있는 QoS 라우팅 링크 상태 갱신 알고리즘을 제안하였다. 기존에 제시된 대부분의 LSU 알고리즘은 QoS 라우팅의 성능을 향상시키는데 중점을 두고 있기 때문에 LSU 메시지의 수가 늘어나더라도 제어할 수 있는 메커니즘을 가지고 있지 않다. 특히 트래픽 통계에 근거한 적응형 알고리즘의 경우 더욱더 그러하며 트래픽이 과도하거나 변화가 심할 경우 이와 비례해서 LSU 메시지 수도 증가하여 과도한 LSU 메시지가 성능을 오히려 좋지 않게 한다. 제시하는 알고리즘은 QoS 라우팅 성능과 상충관계에 있는 과도한 LSU 메시지의 수를 제어하기 위해 요구 대역폭이 가용대역폭에 미치는 영향에 따라 LSU 메시지의 중요도를 구분하고 중요도와 단위시간 당 업데이트 비율  $\gamma$  에 따라 LSU 메시지의 전송 여부를 결정하여 LSU 메시지 수를 제어한다. 성능 평가를 위해 기존에 제시된 다양한 LSU 알고리즘과 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 MCI 네트워크상에서 라우팅 Blocking 확률과 링크 당 평균 LSU 메시지의 개수 등을 성능 평가 항목으로 하여 시뮬레이션을 수행하였고 제안하는 알고리즘의 우수성을 확인하였다.

▶ Keyword : 링크 상태 갱신 알고리즘, QoS 라우팅, 트래픽, 대역폭

#### Abstract

This paper has proposed Message Count Control Mechanism based Link State Update(LSU) Algorithm that has not had a strong influence on the depreciation of QoS routing performance. Most existing LSU algorithms have the limit that cannot control the count of LSU message.

• 제1저자 : 조강홍 • 교신저자 : 김남훈

• 투고일 : 2012. 03. 27, 심사일 : 2012. 04. 19, 게재확정일 : 2012. 04. 23.

\* 동양미래대학 인터넷정보과 (Dept. of Internet Information, Dongyang Mirae University)

\* 본 연구는 동양미래대학 학술연구과제의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

Especially, adaptive algorithms have a bad performance when traffic are excessive and fickle. We classify as the importance of LSU message that have a influence on available bandwidth and determine the transmission of the message according to update rate per a unit of time. We have evaluated the performance of the proposed model and the existing algorithms on MCI simulation network using the performance metric as the QoS routing blocking rate and the mean update rate per link , it thus appears that we have verified the performance of this algorithm.

▶ Keyword : Link State Update(LSU), QoS Routing, Traffic, Bandwidth

## I. 서 론

QoS 라우팅이란 최적의 경로를 동적으로 결정하는 라우팅이라고 정의할 수 있으며 여기서 최적의 경로란 사용자의 서비스가 요구하는 QoS 요구사항을 최소의 비용으로 만족시킬 수 있으면서 서비스 제공자나 경로 사용 비용 등과 같은 정책 제약에 위반되지 않는 경로를 의미한다. QoS 라우팅은 QoS 를 요구하는 서비스에 대하여 이러한 최적의 경로를 찾아주되 네트워크의 자원 활용률을 극대화하고 네트워크 엔지니어링 과 네트워크에 발생되는 트래픽 부하 간에 일시적인 불일치가 발생하는 경우의 성능 저하를 최소화 하는 것을 목적으로 한다. 즉 사용자의 서비스의 QoS 요구를 만족시킬 수 있는 경로를 선택하되 그 서비스에 의해 소모되는 네트워크 자원의 양을 절감하고 네트워크상의 부하 분포를 균등하도록 조절함으로써 비용은 최소로 하고 네트워크 자원 활용률은 극대화해야한다. 따라서 라우팅 시 고려되어야 할 가장 중요한 내용은 사용자의 QoS 요구 사항에 대한 최적 경로를 선택하는 것과 네트워크 자원을 고르게 활용하여 차후의 라우팅에도 그 성능을 극대화하는 것이다. 이와 같이 인터넷을 통해 사용자의 QoS 요구 사항에 대한 최적의 적정 경로를 찾는 것이 QoS 라우팅의 가장 큰 이슈이며 쉽지 않은 문제로 계속 연구되어 왔다.[1, 3-5].

QoS 라우팅의 요구 조건을 만족시키며 네트워크의 부하를 최소화하는 최적 경로를 찾기 위해서 네트워크를 구성하는 라우터는 네트워크를 구성하는 노드와 링크에 대한 정적인 정보 뿐만 아니라 수시로 변하는 링크의 가용대역폭과 트래픽 패턴 등과 같은 상태 정보를 정확히 파악하고 있어야 이를 바탕으로 최적 경로를 파악할 수 있다. 이와 같이 정확한 링크 상태를 반영하기 위해서는 링크의 상태가 변할 때마다 이웃 라우터에게 링크 상태 갱신 (Link State Update: LSU) 메시지를 전송하여 링크의 현재 상태를 알려야한다. 그러나 정확한

상태 정보 유지를 위한 과도한 LSU 메시지의 발생은 네트워크 자원을 낭비하고 트래픽 부하가 심할 경우에는 트래픽 혼잡이 원인이 될 수 있다. 반대로 LSU 메시지의 전송이 효율적이지 못하면 각 라우터에서는 정확한 링크 상태 정보를 알지 못하고 이전에 받았던 LSU의 상태 정보를 기준으로 해 최적 경로를 선택하기 때문에 라우팅의 성능이 떨어지게 된다. 즉 정확한 링크의 상태 반영과 업데이트 비용 간에는 상충 관계가 존재한다. 이와 같이 LSU 메시지의 전송을 최소화하면서 QoS 라우팅의 성능을 높이고자 하는 링크 상태 갱신 알고리즘에 대한 연구 또한 QoS 라우팅의 중요한 부분으로 계속 연구되었다[2,5-10].

본 논문에서는 링크 상태 갱신 알고리즘에 대한 연구로 기존에 제시되었던 알고리즘들이 제공하지 못했던 과도한 LSU 메시지 수를 제어할 수 있는 링크 상태 갱신 알고리즘을 새로운 기법을 제시한다. 제 2 장에서는 기존에 연구되었던 링크 상태 갱신 알고리즘에 대해 소개하고 제3장에서는 제안하는 알고리즘에 대해 상세히 설명한다. 제4장에서는 시뮬레이션을 통해 기존의 기법들과 성능 평가 및 성능 비교를 수행하여 제안하는 기법의 우수성을 확인하고 제5장 결론에서는 제안하는 새로운 알고리즘의 의미와 앞으로의 연구 방향에 대해 설명한다.

## II. 관련 연구

QoS 라우팅에서 최적의 경로를 선택하기 위해서는 정확한 링크 상태 정보를 기반으로 해야 한다. 정확한 링크 상태 정보를 유지하기 위해 다양한 형태의 링크 상태 갱신 알고리즘이 제안되어 왔다.

Period Based(PB) LSU 알고리즘은 일반적인 라우팅에서 사용되는 기본 방식으로 네트워크를 구성하는 라우터들이 정해진 시간마다 주기적으로 LSU 메시지를 서로 주고받아 네트워크 상태 정보를 유지한다. PB LSU 알고리즘은 LSU

메시지의 트래픽을 정확히 조절할 수 있고 쉽게 적용 가능하지만 각 링크의 네트워크 상태의 변화를 중요한 시점에 알려주지 못하기 때문에 그 성능이 좋지 않다[5].

Threshold Based(TB) LSU 알고리즘은 사용 가능한 대역폭의 양이 정해진 임계값 이상으로 변화할 경우 LSU 메시지를 전송한다. 한 라우터의 링크  $i$ 에 대한 최근 사용 대역폭이  $bw_i^o$  이고 현재 사용 대역폭의 값은  $bw_i^c$  그리고 임계값이  $th$  일 경우,  $|bw_i^o - bw_i^c|/bw_i^c > th, (bw_i^o > 0)$  조건에서 LSU 메시지가 발생된다. 이 알고리즘은 최적의 임계값을 설정할 경우 좋은 성능을 보이지만 적절한 임계값을 찾기 어렵고 트래픽 부하가 클수록 LSU 메시지가 많이 발생되는 문제점을 가진다. 또한 고정된 임계값은 트래픽의 특성이 변했을 경우 그 특성을 반영할 수 없다[6].

Equal Class Based(ECB) LSU 알고리즘은 사용 가능한 대역폭을 상수값  $B$ 에 의해  $(0, B), (B, 2B), (2B, 3B), \dots$ , 등으로 동일한 크기의 클래스로 나눈 후 만약 사용 가능한 대역폭이 이전과 다른 클래스로 변화될 경우 LSU 메시지를 전송한다. 역시 적절한 상수값  $B$ 를 찾기 어렵고 트래픽의 특성을 반영하기 어렵다.

Unequal Class Based(UCB) LSU 알고리즘은 ECB 알고리즘과 유사하게 클래스를 구분하는데, 이 때 상수값  $B$ 와 인자  $f$ 에 의한 등비수열 값으로  $(0, (f+1)B), ((f+1)B, (f^2+f+1)B), \dots$ ,와 같이 클래스를 나누어 사용한다. UCB는 ECB에 비해 클래스 사이에 서로 다른 가중치를 두어 좀 더 자세한 링크 상태의 변화를 가능하게 한다.

Dynamic Threshold Based(DTB) LSU 알고리즘은 고정된 임계값 대신에 정해진 주기  $T$  동안에 발생된 LSU 메시지의 수에 따라 임계값을 변화시킨다.  $R_0$ 가 초기의 업데이트 비율,  $\tilde{R}_k$ 가 마지막  $T$  주기에서의 업데이트 비율이라고 할 때,  $k$  구간에서 사용될 임계값  $th_k$  는

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

에 의해 결정된다. 이와 같이 업데이트 비율에 따라 임계값을 동적으로 변화할 수 있지만 업데이트 비율에만 근거해 임계값을 변화시키기 때문에 적절한 임계값을 찾기 어렵고 따라서 라우팅 성능이 좋지 않다.

Second-moment Based(SB) LSU 알고리즘은 대역폭  $C$ , 사용 중인 대역폭에 대한 평균값  $\mu$ 와 분산  $\sigma^2$ 을 이용한

stability function  $F(\mu, \sigma^2) = \frac{\sigma^2}{(C-\mu)C}$  의 값이 임계

값( $th$ )보다 클 경우에 LSU 메시지를 전송하는 트래픽 특성을 반영한 알고리즘이다. SB 알고리즘은 통계값을 이용하여 네트워크 트래픽 특성을 적절히 반영하여 안전성을 갖추었으나 역시 고정된 임계값을 사용한다는 단점을 가진다[8].

Simple-Adaptive(SA) LSU 알고리즘은 LSDB에 저장되어 있는 사용 가능한 대역폭  $B_n$ , 링크의 실제 사용 가능한 대역폭  $\tilde{B}(t)$ , LSU 메시지 전송 시점의 링크에서 제공 중인 서비스 개수  $\tilde{N}(t)$  라고 할 때

$$|B_n - \tilde{B}(t)| \geq \frac{\tilde{B}(t)}{\tilde{N}(t)}$$

조건을 만족하면 LSU 메시지를 전송하는 적응형 알고리즘이지만 트래픽의 변화가 심할 경우 LSU 메시지의 수를 제어할 수 없다[10].

Statistical Threshold(ST) LSU 알고리즘은 해당 링크를 통해 제공되고 있는 경로 설정 요구의 사용 대역폭들의 통계값을 바탕으로 임계값을 계산하는 방식으로 현재 링크의 경로 설정 요구 대역폭들의 평균을  $\tilde{m}$ , 요청 대역폭들의 표본 분산을  $\alpha$ , 대역폭 보장 변수를  $\beta$ , 제공되고 있는 서비스의 요청 대역폭들 중 최대값을  $r_{max}$  라고 할 경우 임계값은  $th = \max(\tilde{m} + \beta\alpha, r_{max})$  에 의해 결정된다[2]. ST 알고리즘은 임계값을 현재 링크에서 사용 가능한 통계값을 이용하여 다양한 네트워크 환경의 특성에 따라 임계값이 결정되는 장점을 가지고 있지만 실제 가용대역폭과 DB의 차이를 반영하지 않기 때문에 요청된 서비스를 설정하지 못하는 경우가 발생하며 마찬가지로 LSU 메시지의 수를 조절할 수 없다.

표 1. 기존 LSU 알고리즘의 비교 분석  
Table 1. The comparison of existing Algorithms

| 기존 알고리즘            | 장점                                       | 단점                                     |
|--------------------|--|--|
| Period Based LSU   | 트래픽 조절이 용이하며 쉽게 적용                       | 주기적 전송으로 중요한 상태정보를 제공하지 못해 성능이 낮음      |
| Threshold LSU      | 간단하며 적절한 임계값을 찾았을 경우 좋은 성능을 보임           | 네트워크 상태가 항상 변하기 때문에 적절한 임계값을 찾기가 어려움   |
| ECB LSU<br>UCB LSU | 임계값 대신 동일한 형태의 클래스로 나누어 좀 더 자세한 상태 변화 확인 | 변화하는 네트워크 트래픽 상태를 동일한 클래스로 적절히 나누기 어려움 |
| DTB LSU            | 업데이트 비율에 따라 임계값을 동적으로                    | 업데이트 비율에만 근거해 임계값을 변화시키기               |

|        | 변화시킬 수 있음                                  | 때문에 성능에 문제가 있음                                 |
|--------|--|--|
| SB LSU | 트래픽 통계값을 이용해 트래픽 특성을 적절히 반영                | 고정된 임계값만을 사용함                                  |
| SA LSU | 트래픽 통계 정보를 이용하여 트래픽의 변화를 메시지 전송에 적용        | 트래픽의 변화가 심할 경우 LSU 메시지의 수를 제어할 수 없음            |
| ST LSU | 트래픽 통계 정보를 이용해 트래픽 특성에 따라 임계값이 변화하여 메시지 전송 | 실제와 DB의 가용대역폭 차이를 반영하지 않고 LSU 메시지의 수를 제어할 수 없음 |

### III. 제안하는 링크 상태 갱신 알고리즘

일반적으로 LSU 메시지를 많이 전송하게 되면 데이터베이스에 정확한 라우팅 정보를 가지기 때문에 라우팅 성능이 좋아지지만 과도한 LSU 메시지로 인한 낭비가 늘어나 라우팅 비용이 늘어나게 된다.

기존에 제안된 알고리즘들은 대부분 링크의 가용 대역폭을 기준으로 하여 임계값을 넘었을 경우 LSU 메시지를 전송하도록 되어 있어서 링크의 상태가 임계값을 넘을 때마다 LSU 메시지를 전송하게 된다. 바꾸어 말하면 네트워크 트래픽의 특성에 따라 링크의 상태가 자주 변하게 되면 LSU 메시지 발생이 크게 증가할 수 있으며 LSU 메시지가 많이 발생하더라도 이를 제어하는 메커니즘이 없어 조절하는 것이 불가능해진다. LSU 메시지가 많아지면 그만큼 낭비되는 대역폭이 커지는 것이며 QoS 라우팅의 성능도 좋지 않게 된다. 따라서 기존의 LSU 알고리즘과 유사한 라우팅 성능을 가지며 더불어 LSU 메시지의 중요도를 기준으로 메시지의 수를 줄일 수 있는 방법을 가지는 알고리즘을 제안하고자 한다. LSU 메시지의 중요도를 구분하기 위해 현재 트래픽 통계정보를 기반으로 요구 대역폭이 가용대역폭에 미치는 영향에 따라 LSU 메시지의 중요도를 구분하였고 복잡성을 최소화하기 위해 단순화하였다. 제안하는 알고리즘은 다음의 단계에 따라서 진행된다.

현재 시점  $t$  에서 링크  $e_l$  을 사용하여 서비스 되고 있는 플로우들을  $flows_i^{e_l}(t)$  ( $i \in 1, 2, \dots, n$ ) 이라고 정의하고 플로우들의 요구 대역폭들의 집합을  $\theta_i^{e_l}(t)$  ( $i \in 1, 2, \dots, n$ ) 라고 정의한다.

#### 1. LSU 메시지의 중요도 분류

현재 서비스 되는  $flows_i^{e_l}(t)$  ( $i \in 1, 2, \dots, n$ ) 의 요구 대역폭  $\theta_i^{e_l}(t)$  ( $i \in 1, 2, \dots, n$ ) 이 정규분포를 따른다고 가정할 때 해당 링크를 통해 제공되고 있는 사용 대역폭의 평균을  $\mu^{e_l}(t)$ , 표준편차를  $\sigma^{e_l}(t)$  이라고 하면 이후에 요청되는 경로 설정 요구 대역폭 추정  $\tilde{\theta}$  범위는  $\mu^{e_l} - \beta\sigma^{e_l} \leq \tilde{\theta} \leq \mu^{e_l} + \beta\sigma^{e_l}$  범위로 추정할 수 있다. 여기서 중요도의 가중치에 따라  $\beta$ 를 1.64(90%), 1.0(68.3%) 등으로 계산하여 이 값을 벗어날 경우 VI-LSU(Very Important LSU), I-LSU(Important LSU), N-LSU(Normal LSU)로 구분하였다. VI-LSU의 경우 평균 요구 대역폭에 비해 편차가 크기 때문에 가용대역폭에 미치는 영향이 크며 결과적으로  $|B_n - \tilde{B}(t)|$  차이가 커지기 때문에 LSU 메시지 전송의 중요도가 높다고 볼 수 있다.

#### 2. 단위시간 당 업데이트 비율 $\gamma$ 설정

LSU 메시지의 수를 조절하기 위해 기준이 되는 단위시간 당 업데이트 비율  $\gamma$  을 설정한다.  $\gamma$ 는 관리자의 기준 및 네트워크 상태에 따라 설정될 수 있다. 또한  $\gamma^{e_l}(t)$ 는 실제로 단위시간 당 발생된 LSU 메시지의 수로 계산되는 값이며 기준 값  $\gamma$ 와 비교를 통해 LSU 메시지의 전송을 제어한다.

#### 3. LSU 메시지 전송 여부 결정

앞에서 구별된 LSU 메시지 중 VI-LSU 메시지의 경우에는 단위시간당 업데이트 비율 임계값  $\gamma$ 와 관계없이 무조건 전송하고 I-LSU 메시지와 N-LSU 메시지의 경우에는  $t$ 시점에서의 단위시간 당 LSU 메시지 업데이트 비율  $\gamma^{e_l}(t)$ 가 기준값  $\gamma$ 를 넘지 않았을 경우에만 LSU 메시지를 전송하고 넘었을 경우는 LSU 메시지의 수를 조절하기 위해 전송하지 않는다.

위와 같은 단계를 통해 LSU 메시지 중요도를 구분한 후 단위시간당 업데이트 비율을 기준으로 LSU 메시지의 전송 여부를 결정한다.

```

if( $\mu^{ei} - 1.0\sigma^{ei} \leq \tilde{\theta} \leq \mu^{ei} + 1.0\sigma^{ei}$ ) - normal LSU
{
    if( $\gamma^{ei}(t) < \gamma$ ) send LSUmessage;
    else No send LSUmessage;
}
elseif( $\mu^{ei} - 1.6\sigma^{ei} \leq \tilde{\theta} \leq \mu^{ei} + 1.6\sigma^{ei}$ ) - important LSU
{
    if( $\gamma^{ei}(t) < \gamma$ ) send LSUmessage;
    else No send LSUmessage;
}
else send LSUmessage; - veryimportant LSU
    
```

그림 1. 제안하는 링크 상태 갱신 알고리즘  
Fig. 1. Proposed Link Status Update Algorithm

### IV. 성능평가

본 논문에서 성능 평가를 위해 자바를 기반으로 한 라우팅 시뮬레이터를 구현하였고 그림 2와 같이 미국 백본 네트워크와 유사하게 구성되어 QoS 라우팅 성능 평가에 대표적으로 사용되는 MCI 네트워크 토폴로지 구성하였다[2,5-10]. MCI 네트워크 토폴로지는 19개의 노드와 77개의 OC-3(155Mbit/s)와 T3(45Mbit/s)의 선로들로 구성되어 있다.

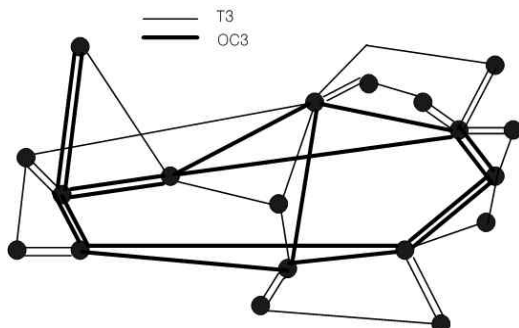


그림 2. 시뮬레이션에서 사용한 MCI 네트워크 토폴로지  
Fig. 2. MCI network topology in simulation

송신 노드와 수신 노드는 두 노드가 같은 경우를 제외하고 균일한 확률로 랜덤하게 선택되도록 하였고 1~5 Mbit/s 사이의 CBR(Constant Bit Rate)트래픽을 균일 분포(uniform distribution)에 따라 랜덤하게 발생하였고, 이때 플로우 유지 시간은 평균 1200초 또는 2400초 값을 가지고 지수 분포(exponentially distribution)에 따라 발생시켰다. 각 알고리즘의 성능을 확실히 구분하기 위하여 네트워크의 트래픽 부하 트래픽 도착율에 따라 크게 하여 지수 분포에 따라 발생시켰다.

요청된 트래픽 요구 대역폭을 만족시키는 적정 경로를 찾

기 위한 QoS 라우팅 알고리즘은 일반적으로 사용되고 적정 경로 중 비용이 가장 낮은 경로를 찾는 Dijkstra 알고리즘을 사용하였다. 그리고 제안하는 알고리즘에서는 단위시간 당 LSU 메시지 업데이트 비율  $\gamma$  를 0.6으로 적용하였다.

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 성능 평가 항목으로 일반적으로 QoS 라우팅 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 사용되는 Blocking 확률,  $P_{block}$  과 링크 당 LSU 메시지 발생 비율,  $R_{update}$  를 사용하였다. 여기에는 잘못된 상태정보를 기반으로 적정 경로를 찾아 라우팅을 하였지만 실제 링크에서 수용할 수 없어서 실패한 경우와 요청된 서비스를 만족하는 경로를 찾을 수 없어 라우팅하지 못한 경우 모두를 포함한다.  $N_{block}$  이 경로 설정 요구가 받아들여지지 않아 Blocking된 횟수이고  $N_{totalrequest}$  는 전체 경로 설정 요구 횟수 일 경우  $P_{block}$  는 다음과 같다.

$$P_{block} = \frac{N_{block}}{N_{totalrequest}} \tag{1}$$

$N_{update}$  가 전체 LSU 메시지 발생 횟수이고  $N_{link}$  는 네트워크를 구성하는 링크의 총 개수 일 경우 링크 당 LSU 메시지 발생 비율  $R_{update}$  는 다음과 같다.

$$R_{update} = \frac{N_{update}}{N_{link}} \tag{2}$$

그림 3은 기존에 제안된 LSU 알고리즘과 제안하는 알고리즘에 대한 Blocking 확률을 보여준다. LSU 알고리즘의 성능을 네트워크의 상태에 따라 정확히 살펴보기 위해 트래픽 부하를 단계적으로 증가시켰다.

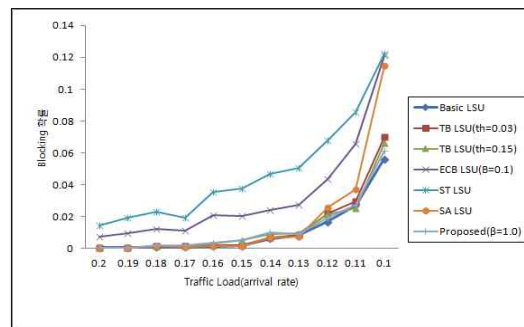


그림 3. 트래픽 부하 기준 Blocking 확률  
Fig. 3. Blocking Probability in Traffic Load

Basic LSU 알고리즘은 링크의 상태가 변할 때마다 LSU 메시지를 보내어 평균 LSU 메시지 수가 가장 높지만 QoS 라우팅 성능 상으로 가장 이상적이기 때문에 기준 값으로 볼 수 있다. LSU 알고리즘에 따라 Blocking 확률이 어느 정도 차이가 나는 것을 볼 수 있는데 ST LSU 알고리즘과 SA LSU 알고리즘과 같은 적응형 알고리즘이 오히려 최적화된 고정 임계값을 사용하는 TB LSU 알고리즘에 비해 성능이 좋지 않은 것을 볼 수 있다. 그 이유는 통계적 상태 정보를 이용하는 적응형 알고리즘의 경우 트래픽의 특성을 정확하게 파악하지 못했을 경우 또는 트래픽이 급격히 늘어나는 경우에 좋지 않은 성능을 보여주었다.

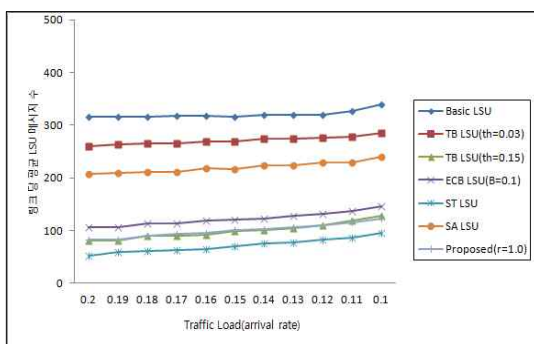


그림 4. 트래픽 부하 기준 링크별 평균 LSU 메시지 수  
Fig 4. Mean Link State Update Message Number per Link

그림 4의 링크별 평균 LSU 메시지 수를 살펴보면 ST LSU 알고리즘은 링크별 평균 LSU 메시지 수가 가장 적게 나왔지만 그림 3을 보면 Blocking 확률이 가장 좋지 않게 나왔기 때문에 이것은 트래픽의 특성을 정확하게 반영하지 못해 LSU 메시지가 적게 발생해 Blocking 확률이 높아진 것으로 볼 수 있다. SA LSU 알고리즘은 Blocking 확률에서는 어느 정도 좋은 결과를 보여주었지만, 평균 LSU 메시지 수가 높게 나타난 것을 알 수 있다.

제안하는 알고리즘을 최적화된 임계값으로 성능평가에서 가장 좋은 Blocking 확률과 링크 당 LSU 메시지 발생 비율을 보여준 TB LSU(th=0.15)와 비교해볼 때 트래픽 부하가 많지 않을 경우에는 유사하거나 약간 좋지 않은 성능을 보였지만 트래픽 부하가 높아져 Blocking 확률이 급격히 높아지는 0.11 이후의 경우에는 더 좋은 성능을 나타내는 것을 알 수 있다. 트래픽 부하가 0.11의 경우에 라우팅 Blocking 확률이 크게 높아지는 것과 더불어 링크별 평균 LSU 메시지의 수도 늘어나는 것을 볼 수 있다. 즉 이때에 트래픽의 상태 변화가 심하게 발생하며 따라서 다른 알고리즘의 경우 LSU 메

시지도 급속히 늘어나는 것으로 보인다. 그러나 그림 3과 그림 4를 같이 보면 제안하는 알고리즘의 경우 이 때 중요한 LSU 메시지만을 구분하여 전송하기 때문에 그 전과 비교해서 LSU 메시지의 발생비율이 증가하지 않았고 라우팅 성능 가장 좋은 알고리즘과 거의 유사한 것을 확인할 수 있다. 제안하는 알고리즘의 경우 트래픽 부하가 높아질 경우 더욱 더 좋은 성능을 보여줄 수 있었다.

## V. 결론

본 논문에서는 QoS 라우팅 알고리즘의 성능을 유지하면서 기존에 제시된 LSU 알고리즘과 달리 LSU(Link State Update) 메시지의 수를 제어할 수 있는 QoS 라우팅 링크 상태 갱신 알고리즘을 제안하였다. 제시하는 알고리즘은 QoS 라우팅 성능과 상충관계에 있는 과도한 LSU 메시지의 수를 제어하기 위해 요구 대역폭이 가용대역폭에 미치는 영향에 따라 LSU 메시지의 중요도를 구분하고 중요도와 단위시간 당 업데이트 비율  $\gamma$  에 따라 LSU 메시지의 전송 여부를 결정하여 LSU 메시지의 수를 제어할 수 있도록 하였다. 이를 증명하기 위해 기존의 제시되었던 다양한 LSU 알고리즘을 구현하여 동일한 시뮬레이션 환경과 동일한 평가 기준을 적용해서 제안하는 알고리즘과 성능 평가를 수행하였다. 라우팅 Blocking 확률과 링크별 평균 LSU 메시지 수를 기준으로 성능 평가를 수행한 결과 제안하는 알고리즘은 라우팅 Blocking 확률을 그대로 유지 또는 낮추면서 LSU 메시지의 수 적절히 제어할 수 있음을 확인하였다. 네트워크의 트래픽 통계 정보를 통해 임계값을 고정하거나 동적으로 변하게 하는 기존의 알고리즘들의 경우 대부분 LSU 메시지 과다 발생 여부 제어할 수 없었는데 제시하는 알고리즘을 통해 중요한 LSU 메시지는 전송하고 상대적으로 덜 중요한 LSU 메시지를 제어하여 LSU 메시지의 과다 발생을 제어하면서 라우팅 성공률을 유지할 수 있는 방안을 제시하였다.

추가 연구로는 복잡성을 최소화하면서 단위시간 당 LSU 메시지 발생 비율의 최적값을 얻을 수 있도록 추가 연구하는 것이 진행 중이며 좀 더 정확한 성능 평가를 위해 다양한 형태의 네트워크 토폴로지를 적용하고 트래픽의 특성을 다양화해서 성능평가를 하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

[1] Kyeong-in Kang, Gyong-bae Park, "Routing Protocol Supporting QoS in Mobile Ad-hoc Network", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 12, No. 2, May 2007

[2] Jin Ju Lee, Min Young Chung, Tae-Jin Lee, Hyunseung Cho, "A link State Update Algorithm based on a Statistical Threshold for Guarantee of Bandwidth", Journal of The Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 35, No. 5, Oct 2008

[3] Q. Ma, P. Steenkiste, "On path selection for traffic with bandwidth guarantees," ICNP , pp.191, Fifth International Conference on Network Protocols (ICNP'97), Oct 1997

[4] G. Apostolopoulos, R. Gu'erin, S. Kamat, and S. K. Tripathi, "QoS Routing: A Performance Perspective", in proceedings of ACM SGCOMM 1998, Oct 1998

[5] G. Apostolopoulos, Roch Guerin, Sanjay Kamat, "Improving Routing Performance Under Inaccurate Link State Information", Proceedings of the 16th International Teletraffic Congress, June 1999

[6] D.Lorenz and A. Orda, "QoS Routing in Networks with Uncertain Parameters", ACM Transactions on Networking, Vol. 6, pp. 768-778, Dec 1998

[7] A. Ariza, E. Casilari, F. Sandoval, "QoS Routing with adaptive updating of link states", Electronic Letters, Vol. 37, pp. 604-606, Apr 2001

[8] Miao Zhao, Huiling Zhu, Victor O. K. Li, Zhengxin Ma, "A Stability-Based Link State Updating Mechanism for QoS Routing", IEEE International Conference on Communications, Vol. 1, pp. 33-37, May 2005

[9] Eva Marin-Torder, Xavier Masip-Bruin, Sergio Sanchez-Lopez, Jordi Domingo-Pascual, "The Prediction Approach in QoS Routing", Communications, 2006. ICC IEEE International Conference on Volume 3, pp. 1020 - 1025, June 2006

[10] Seung-Hyuk Choi, Myoung-Hee Jung, Min Young Chung, Mijeong Yang, Taeli Kim, Jaehyung Park, "Simple-Adaptive Link State Update Algorithm for QoS Routing", LNCS 3991, Part I, pp.969-972, May 2006

[11] Tae-Il Kim, Hae-Won Jung, Min Young Chung, Seong-Il Jin, "Inter-Domain QoS Routing Scheme using Link State Information", Advanced Communication Technology, 2008. ICAC T 2008. 10th International Conference on, Feb 2008

[12] Jaewon Kang, "ALE: Adaptive link establishment in OSPF wireless ad-hoc networks", MILITARY COMMUNICATIONS CONFERENCE, Nov 2010

[13] Masip-Bruin, X., "Reducing the effects of routing inaccuracy by means of prediction and an innovative link-state cost", Communications Letters Vol 14, Issue 5, IEEE, May 2010

저 자 소 개



**조 강 흥**  
 1997: 성균관대학교 정보공학과 공학사  
 1991: 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부 공학석사  
 2004: 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부 공학박사  
 현 재: 동양미래대학 인터넷정보과 부교수  
 관심분야: 트래픽관리, QoS라우팅, 보안  
 Email : khcho@dongyang.ac.kr



**김 남 훈**  
 1988: 연세대학교 전산학과 이학사  
 1996: 한국과학기술원 정보통신공학과 공학석사  
 2006: 세종대학교 컴퓨터공학과 공학박사  
 현 재: 동양미래대학 인터넷정보과 부교수  
 관심분야: 멀티미디어 데이터베이스, 정보통신, 웹 응용  
 Email : nhkim@dongyang.ac.kr

