

하이브리드 QoS 라우팅 링크 상태 갱신 기법

조 강 홍*

Hybrid Link State Update Algorithm in QoS Routing

Kang Hong Cho*

요 약

본 논문에서는 기존의 주기적 링크 상태 갱신 기법의 장점인 링크 상태 갱신(Link State Update : LSU) 메시지 수 제어 기능과 적응형 링크 상태 갱신 기법의 장점인 라우팅 성능을 가지는 하이브리드 링크 상태 갱신 기법(Hybrid LSU)을 제안한다. Hybrid LSU 기법은 네트워크 트래픽 정보를 기반으로 임계값이 변하는 적응형 링크 상태 갱신 기법을 가지고 있으며 플로우의 요구 대역폭 정보를 통해 LSU 메시지 전송 중요도를 판단하고 단위 시간 당 업데이트 비율에 따라 LSU 메시지 전송 여부를 판단하여 LSU 메시지 수를 제어할 수 있는 메커니즘을 포함한다. 성능 평가를 위해 기존에 제시된 다양한 LSU 기법과 본 논문에서 제안하는 Hybrid LSU 기법을 MCI 네트워크상에서 라우팅 블록율과 링크 당 평균 LSU 메시지의 개수 등을 성능 평가 항목으로 시뮬레이션 하였다. 그 결과 트래픽 부하가 높아질수록 라우팅 블록율 성능은 그대로 유지하면서 평균 LSU 메시지의 개수를 기존의 적응형 링크 상태 갱신 기법에 비해 10% 정도 줄일 수 있었고 이를 통해 제안하는 기법의 우수성을 확인하였다.

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

Abstract

This paper has proposed Hybrid QoS Routing Link State Update(LSU) Algorithm that has had a both advantage of LSU message control in periodic QoS routing LSU algorithm and QoS routing performance in adaptive LSU algorithm. Hybrid LSU algorithm can adapt the threshold based network traffic information and has the mechanism that calculate LSU message transmission priority using the flow of statistical request bandwidth and 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 algorithm 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

•제1저자 : 조강홍

•투고일 : 2014. 1. 22, 심사일 : 2014. 2. 5, 게재확정일 : 2014. 2. 25.

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

* 본 연구는 동양미래대학교 학술연구과제의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

, it thus appears that we have verified the performance of this algorithm that it can diminish to 10% of the LSU message count.

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

I. 서 론

QoS 라우팅은 사용자의 다양한 QoS 요구에 대한 적정 경로를 찾아주며 네트워크의 자원 활용률을 극대화하고 네트워크 엔지니어링과 네트워크에 발생하는 트래픽 부하 간에 일시적인 불일치가 발생하는 경우의 성능 저하를 최소화하는 것을 목적으로 한다. 즉, 사용자의 플로우의 QoS 요구를 만족시킬 수 있는 경로를 선택하되 그 플로우에 의해 소모되는 네트워크 자원의 양을 절감하고 네트워크상의 부하 분포를 균등하도록 조절함으로써 네트워크 자원 활용률을 극대화해야 한다. 따라서 라우팅 시 고려되어야 할 가장 중요한 내용은 사용자의 QoS 요구 사항에 대한 최적 경로를 선택하는 것과 네트워크 자원을 고르게 활용하여 그 성능을 극대화하는 것이다. 이를 위해 홉 카운트와 같은 정적인 단일 메트릭에 의한 경로 설정이 아니라 다양한 QoS 요구를 만족시키기 위해 다양한 메트릭 또는 복합적인 메트릭을 기반으로 하여 동적 경로를 결정하는 QoS 라우팅 프로토콜에 대한 자체에 대한 연구가 계속되고 있고 이와 더불어 복잡한 QoS 라우팅으로 인해 발생하는 오버헤드를 줄이고 현재의 QoS 라우팅 프로토콜에서 네트워크 자원을 효율적으로 사용하여 사용자의 QoS 요구 사항에 대한 최적의 적정 경로를 찾는 기법에 대한 연구도 QoS 라우팅의 큰 이슈로 계속 연구되어 왔다.[1-4]

네트워크 자원의 사용을 극대화시키면서 QoS 요구 조건을 만족시키는 적정 경로를 찾기 위해서 네트워크를 구성하는 노드들은 전체 노드와 링크에 대한 정적인 정보뿐만 아니라 링크의 가용 대역폭과 같은 상태 정보를 정확히 파악하고 있어야 이를 바탕으로 적정 경로를 파악할 수 있다. 각 노드들은 정확한 링크 상태를 반영하기 위해 링크의 상태가 변할 때마다 이웃 노드에게 링크 상태 갱신(Link State Update:LSU) 메시지를 전송하여 링크의 현재 상태를 준다. 하지만 과도한 LSU 메시지의 발생은 오히려 네트워크 자원을 낭비하고 트래픽 부하가 심할 경우에는 트래픽 혼잡의 원

인이 될 수 있다. 반대로 LSU 메시지의 전송이 충분하지 못하면 각 노드에서는 현재의 정확한 링크 상태 정보를 알지 못하고 과거에 갱신된 상태 정보를 통해 경로를 선택하기 때문에 정확하지 못한 상태 정보로 인해 경로 설정 요구가 거부된다. 즉 정확한 링크의 상태 반영과 이를 위한 업데이트 비용 간에는 반비례 관계가 존재한다. 이와 같이 가능한 LSU 메시지의 전송을 줄이면서 QoS 라우팅의 성능을 감소시키지 않기 위한 링크 상태 갱신 기법에 대한 연구 또한 QoS 라우팅의 다른 하나의 이슈로 계속 연구되었다.[4-10]

본 논문에서는 링크 상태 갱신 기법에 대한 연구로 기존에 제시되었던 LSU 기법들을 기존의 고정형 링크 상태 갱신 기법과 적응형 링크 상태 갱신 기법으로 구분하여 각 기법들의 장단점을 분석하고 기존의 기법들이 가지는 단점을 보완한 Hybrid LSU 기법을 제시한다. 제 2 장에서는 기존에 연구되었던 LSU 기법에 대해 소개하고 제 3 장에서는 제안하는 Hybrid LSU 기법에 대해 설명한다. 제 4 장에서는 시뮬레이션을 통해 기존의 기법들과 성능 평가 및 성능 비교를 수행하여 제안하는 기법의 우수성을 확인하고 제 5 장 결론에서는 제안하는 새로운 기법의 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 기법이 제안되어 왔다. 현재까지 연구된 기존 링크 상태 업데이트 갱신 기법은 크게 고정된 시간마다 주기적으로 링크 상태를 업데이트 하거나 특정 제약 조건에 대한 임계값을 기반으로 하는 임계값 기반 링크 상태 갱신 기법 등의 고정형 링크 상태 갱신 기법과 링크 상태와 네트워크의 트래픽 변화에 따라 이를 기반으로 링크 상태 갱신 여부를 결정하는 적응형 링크 상태 갱신 기법으로 구분된다. 이번 장에서는 여러 가지 형태의 링크

상태 갱신 기법에 대해 분석하고 이 기법들의 장단점에 대해 살펴보고자 한다.

1. 주기적 링크 상태 갱신 기법

- Period Based(PB) LSU 기법은 일반적인 라우팅에서 사용되는 기본 방식으로 네트워크를 구성하는 라우터들이 정해진 시간마다 주기적으로 LSU 메시지를 서로 주고받아 네트워크 상태 정보를 유지한다. PB LSU 기법은 주기를 통해 LSU 메시지의 트래픽을 정확히 조절할 수 있고 쉽게 적용 가능하지만 각 링크의 네트워크 상태의 변화를 중요한 시점에 알려주지 못하기 때문에 그 성능이 좋지 않다[4].

2. 고정형 링크 상태 갱신 기법

- Threshold Based(TB) LSU 기법은 사용 가능한 대역폭의 양이 정해진 임계값 이상으로 변화할 경우 LSU 메시지를 전송한다. 한 라우터의 링크 i 에 대한 최근 사용 대역폭이 bu_i^r 이고 현재 사용 대역폭의 값은 bu_i^c 그리고 임계값이 th 일 경우, $|bu_i^c - bu_i^r| / bu_i^c > th$, ($bu_i^c > 0$) 조건에서 LSU 메시지가 발생된다. 이 기법은 최적의 임계값을 설정할 경우 좋은 성능을 보이지만 적절한 임계값을 찾기 어렵고 트래픽 부하가 클수록 LSU 메시지가 많이 발생하는 문제점을 가진다. 또한 고정된 임계값은 트래픽의 특성이 변했을 경우 그 특성을 반영할 수 없다[6].
- Class Based(CB) LSU 기법은 사용가능한 대역폭을 상수값 B 에 의해 $(0, B)$, $(B, 2B)$, $(2B, 3B)$, ..., 등으로 동일한 크기의 클래스로 나눈 후 만약 사용가능한 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 기법은 ECB 기법과 유사하게 클래스를 구분하는데, 이 때 상수값 B 와 인자 f 에 의한 등비수열 값으로 $(0, (f+1)B)$, $((f+1)B, (f^2+f+1)B)$, ..., 와 같이 클래스를 나누어 사용한다. UCB는 ECB에 비해 클래스 사이에 서로 다른 가중치를 두어 좀 더 자세한 링크 상태의 변화를 가능하게 한다.

3. 적응형 링크 상태 갱신 기법

- Dynamic Threshold Based(DTB) LSU 기법은 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

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

- 예의 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 기법은 대역폭 C , 사용 중인 대역폭에 대한 평균값 μ 와 분산 σ^2 을 이용한 stability function $F(\mu, \sigma^2) = \frac{\sigma^2}{(C-\mu)C}$ 의 값이 임계값(th)보다 클 경우에 LSU 메시지를 전송하는 트래픽 특성을 반영한 기법이다. SB 기법은 통계값을 이용하여 네트워크 트래픽 특성을 적절히 반영하여 안전성을 갖추었으나 역시 고정된 임계값을 사용한다는 단점을 가진다 [8].
- Simple-Adaptive(SA) LSU 기법은 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 기법이지만 트래픽의 변화가 심할 경우 LSU 메시지의 수를 제어할 수 없다[10].
- Statistical Threshold(ST) LSU 기법은 해당 링크를 통해 제공되고 있는 경로 설정 요구의 사용 대역폭들의 통계값을 바탕으로 임계값을 계산하는 방식으로 현재 링

크의 경로 설정 요구 대역폭들의 평균을 \tilde{m} , 요청 대역폭들의 표본 분산을 α , 대역폭 보장 변수를 β , 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 기법은 임계값을 현재 링크에서 사용가능한 통계값을 이용하여 다양한 네트워크 환경의 특성에 따라 임계값이 결정되는 장점을 가지고 있지만 마찬가지로 LSU 메시지의 수를 조절할 수 없다.

III. Hybrid Link State Update 기법

최근에 제안된 기법들은 대부분 링크의 가용 대역폭에 대한 트래픽 통계를 기반으로 하여 적응형 임계값을 넘었을 경우 LSU 메시지를 전송하도록 되어 있어서 링크의 상태가 임계값을 넘을 때마다 LSU 메시지를 전송하게 된다. 이와 같은 적응형 LSU 기법의 공통점은 라우팅 블록울의 성능이 좋지만 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. 적응형 LSU 기법과 유사한 라우팅 성능을 가지며 더불어 LSU 메시지의 중요도를 구분하여 LSU 메시지 발생 여부를 제어할 수 있는 방법을 가지는 Hybrid LSU 기법을 제안하고자 한다.

추가적으로 LSU 메시지 전송의 중요도를 위해 라우팅 블록 발생 원인을 반영하였다. QoS 라우팅 성능을 평가하기 위한 성능 평가 지표로 사용되는 라우팅 블록울은 블록 발생의 원인에 따라 크게 두 가지 종류로 구분된다. 첫 번째 형태의 라우팅 블록(N_{block1})은 플로우의 요구 대역폭을 수용할 수 없어서 경로 설정 자체를 할 수 없는 경우에 발생한다. 두 번째 형태의 라우팅 블록(N_{block2})은 플로우의 요구 대역폭을 수용할 수 있다고 판단하여 경로 설정을 했지만 실제 플로우 전송 시 수용할 수 없는 경우에 발생한다. 두 가지 형태의 블록을 비교해보면 후자의 경우는 경로 설정 후에 블록이 발생되므로 실제 네트워크 더 큰 영향을 미치고 불필요한 자원을 낭비하는 결과를 가져온다. 따라서 이 두 가지 블록 발생 원인을 LSU 메시지 전송의 중요도를 판단할 때 반영하여 적용하고자 한다. 일반적인 경우 두 가지 형태의 블록을 구분하지 않고 라우팅 블록울에 포함되어 성능평가가 이루어지지만 본 논문에서는 두 가지 형태의 블록 ($Block_{type1}$, $Block_{type2}$)의 발생 원인을 구분하여 LSU 메시지 발생 중요도를 분류하고 $Block_{type1}$ 와 $Block_{type2}$ 를 구분하여 성능평가를 진행하였다.

LSU 메시지의 중요도를 구분하기 위해 현재 트래픽 통계 정보와 블록 발생 원인을 기반으로 요구 대역폭이 가용대역폭에 미치는 영향에 따라 LSU 메시지 전송의 중요도를 구분하였고 복잡성을 최소화하기 위해 단순화하였다. 제안하는 기법은 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 메시지 전송 중요도 Level 구분

현재 서비스 되는 $flows_i^{e_l}(t)$ ($i \in 1, 2, \dots, n$)의 사용 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 사용 대역폭 $\tilde{\theta}$ 범위는

$$\mu^{e_l}(t) - \beta\sigma^{e_l}(t) \leq \tilde{\theta}(t) \leq \mu^{e_l}(t) + \beta\sigma^{e_l}(t)$$

로 추정할 수 있다. 여기서 β 는 중요도 가중치 변수로 정규분포에 따라 1.64(90%), 1.0(68.3%)등으로 계산하여 요구되는 대역폭의 범위를 추정할 수 있다.

LSDB(Link State Database)에 저장되어 있는 사용 가능한 대역폭을 B_n , 링크의 실제 사용 가능한 대역폭 $\tilde{B}(t)$ 라고 할 때, $|B_n - \tilde{B}(t)| > \tilde{\theta}(t)$ 라면 평균 사용 대역폭 편차보다 LSDB와 실제 사용 대역폭 차이가 커지기 때문에 LSU 메시지를 전송하여 LSDB를 갱신하게 된다. 이 차이의 크기에 따라 현재의 상태를 VI-LSU(Very Important LSU) 상태, I-LSU(Important LSU) 상태, N-LSU(Normal LSU) 상태로 구분한다.

여기에 추가적으로 $Block_{type1}$, $Block_{type2}$ 을 고려하여 중요도 level을 구분한다. 각 상태가 $B_n < \tilde{B}(t)$ 일 경우에 블록이 발생하면 $block_{type2}$ 블록이 발생하기 때문에 이를 줄이기 위해 LSU 메시지 전송의 우선순위를 높여서 전송한다. 반면에 $B_n > \tilde{B}(t)$ 일 경우에는 $block_{type1}$ 블록이 발생하기 때문에 LSU 메시지 전송의 중요도는 상대적으로 낮다고 판단한다. 이와 같이 현재의 가용대역폭 차이와 블록 타입에 따라 LSU 메시지 전송 중요도 Level을 구분하고 이와 같이 분류된 LSU 메시지 전송 중요도 Level 은 다음의 그림 1과 같다.

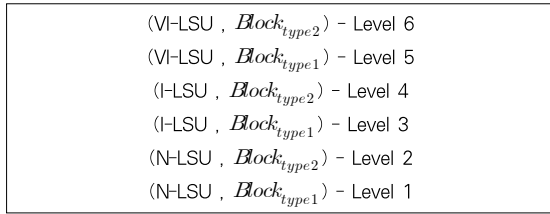


그림 1. LSU 메시지 전송 중요도 Level
Fig. 1. LSU Priority Level

LSU 메시지 전송 중요도 Level을 현재 시점의 전송 기준 level과 비교하여 계산된 LSU 메시지 전송 중요도 Level이 전송 기준 level 보다 높을 경우에는 LSU 메시지를 전송한다.

2. 단위시간 당 업데이트 비율 γ 설정

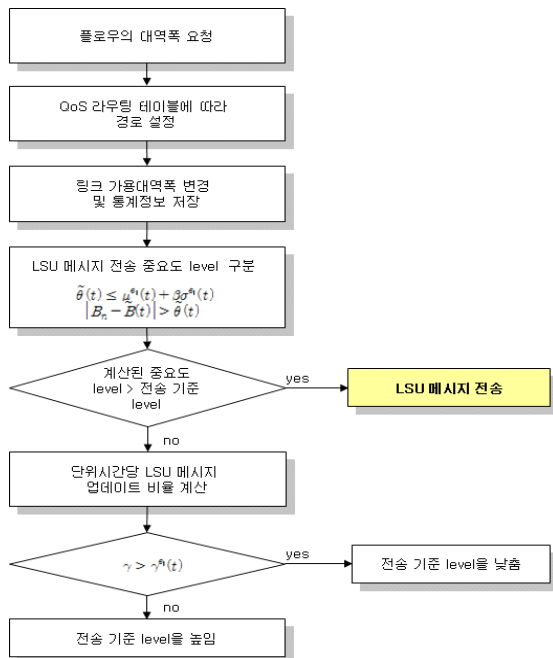


그림 2. Hybrid LSU 기법
Fig. 2. Hybrid Link Status Update Algorithm

LSU 메시지의 수를 조절하기 위해 기준이 되는 단위시간 당 업데이트 비율 γ 을 설정한다. γ 는 관리자의 기준 및 네트워크 상태에 따라 설정될 수 있다. 또한 $\gamma^h(t)$ 는 실제로 단위시간 당 발생된 LSU 메시지의 수로 계산되는 값이며 기준값 γ 와의 비교를 통해 LSU 메시지의 전송을 제어한다. 만약 $\gamma > \gamma^h(t)$ 이면 LSU 메시지 발생이 기준값보다 작게 발생하

므로 LSU 메시지 전송 기준 level을 낮추어 더 많은 LSU 메시지를 발생시키고 $\gamma < \gamma^h(t)$ 일 경우에는 LSU 메시지 전송 기준 level을 높여서 적게 LSU 메시지를 발생시키도록 제어한다. 이와 같이 단위시간 당 업데이트 비율 γ 에 따라 LSU 메시지 수를 적절히 조절할 수 있도록 한다.

위와 같은 단계를 통해 LSU 메시지 중요도를 구분한 후 단위시간당 업데이트 비율을 기준으로 LSU 메시지의 전송 여부를 결정한다. 그림 2는 위에서 설명한 Hybrid LSU 알고리즘에 대한 전체적인 동작 과정을 보여준다.

IV. 성능평가

본 논문에서 성능 평가를 위해 Java 1.6을 기반으로 한 라우팅 시뮬레이터를 구현하였다. 구현된 라우팅 시뮬레이터는 트래픽 발생 모듈, 라우팅 엔진 모듈, 트래픽 처리 모듈, 네트워크 상태 정보 갱신 모듈, 라우팅 테이블, 네트워크 상태정보 DB 등으로 구성되며 그 구조는 그림 3과 같다.

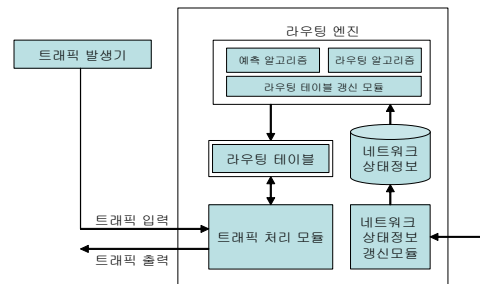


그림 3. 라우팅 시뮬레이터 구조
Fig. 3. Routing Simulator

그림 4는 미국 백본 네트워크와 유사하게 구성되어 QoS 라우팅 성능 평가에 대표적으로 사용되는 MCI 네트워크 토폴로지로 시뮬레이터 상에서 이를 사용하였다[4-10]. MCI 네트워크 토폴로지는 19개의 노드와 77개의 OC-3(155Mbit/s)와 T3(45Mbit/s)의 선로들로 구성되어 있다.

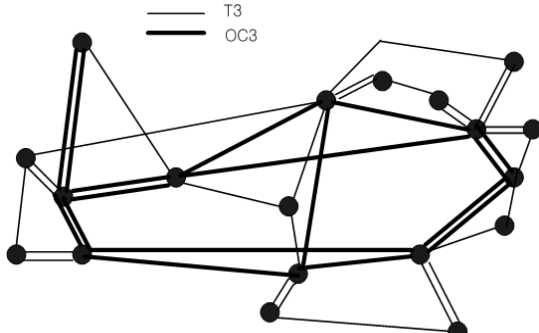


그림 4. 시뮬레이션에서 사용한 MCI 네트워크 토폴로지
Fig. 4. MCI network topology in simulation

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 기법의 성능을 확실히 구분하기 위하여 네트워크의 트래픽 부하 트래픽 도착율에 따라 크게 하여 지수 분포에 따라 발생시켰다.

요청된 트래픽 요구 대역폭을 만족시키는 적정 경로를 찾기 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 초기 γ 를 0.6으로 적용하였고 트래픽부하에 따라 순차적으로 증가하도록 하였다.

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 성능 평가 항목으로 일반적으로 QoS 라우팅 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 사용되는 블록율, P_{block} 과 링크 당 LSU 메시지 발생 비율, R_{update} 를 사용하였다. P_{block} 에는 블록 ($Block_{type1} + Block_{type2}$)을 모두 포함한다. N_{block} 이 경로 설정 요구가 받아들여지지 않아 블록된 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 수 R_{update} 는 다음과 같다.

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

그림 5는 기존에 제안된 LSU 알고리즘과 제안하는 알고리즘에 대한 블록율을 보여준다. LSU 알고리즘의 성능을 네트워크의 상태에 따라 정확히 살펴보기 위해 트래픽 부하를 단계적으로 증가시켰다.

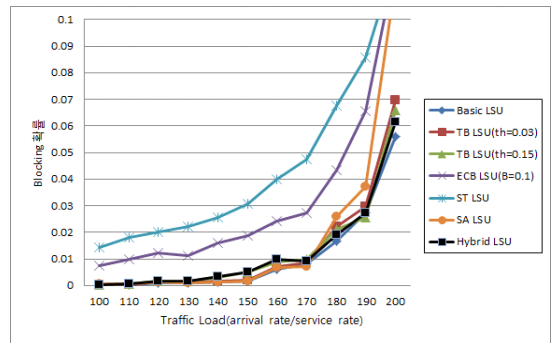


그림 5. 트래픽 부하 기준 블록율
Fig 5. Blocking Probability in Traffic Load

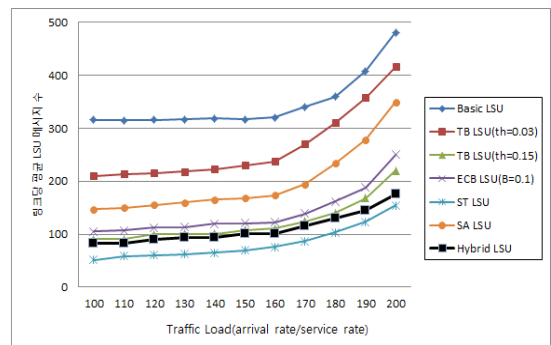


그림 6. 트래픽 부하 기준 링크별 평균 LSU 메시지 수
Fig 6. Mean Link State Update Message Number per Link

Basic LSU 알고리즘은 링크의 상태가 변할 때마다 LSU 메시지를 보내어 링크의 가용대역폭을 알려주는 방식으로 평균 LSU 메시지 수가 가장 높지만 QoS 라우팅 블록율의 성능 상으로 가장 이상적이기 때문에 기준 값으로 볼 수 있고 이것을 기준으로 다른 알고리즘과의 성능을 비교해 볼 수 있다. LSU 알고리즘에 따라 블록율이 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 6의 링크별 평균 LSU 메시지 수와 같이 결과를 살펴 보면 더 명확하게 그 이유를 알 수 있다. ST LSU 알고리즘은 링크별 평균 LSU 메시지 수가 가장 적게 나왔지만 그림 5를 보면 블록율이 가장 좋지 않게 나왔다. 즉 이것은 트래픽의 특성을 정확하게 반영하지 못해 LSU 메시지가 적게 발생해 블록율이 높아진 것으로 볼 수 있다. SA LSU 알고리즘은 블록율에서는 어느 정도 좋은 결과를 보여주었지만, 평균 LSU 메시지 수가 높게 나타난 것을 알 수 있다. 이와 같은 적응형 알고리즘의 경우에는 네트워크 상태에 따라 LSU 메시지의 수를 늘리거나 줄일 수 있는 제어 메커니즘이 없기 때문에 발생한다.

제안하는 Hybrid 알고리즘은 최적화된 임계값으로 성능 평가에서 가장 좋은 블록율과 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 블록율이 급격히 높아지는 0.13 이후의 경우에는 더 좋은 성능을 나타내는 것을 그래프를 통해 확인할 수 있다. 그림 5와 그림 6의 그래프를 보면 트래픽 부하가 0.13의 경우에 라우팅 블록율이 크게 높아지는 것과 더불어 링크별 평균 LSU 메시지의 수도 늘어나는 것을 볼 수 있다. 트래픽의 상태 변화가 심하게 발생하고 트래픽 부하가 커짐에 따라 다른 알고리즘의 경우 LSU 메시지도 급속히 늘어났다. 그러나 그림 5와 그림 6를 같이 보면 제안하는 Hybrid 알고리즘의 경우 전송 중요도 level에 따라 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. 특히 제안하는 알고리즘의 경우 트래픽 부하가 높아질 경우 더욱 더 좋은 성능을 보여줌을 확인할 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 기존의 주기적 링크 상태 갱신 기법의 장점인 LSU 메시지 제어 기능과 적응형 링크 상태 갱신 기법의 장점인 라우팅 성능을 가지는 하이브리드 링크 상태 갱신 기법을 제안하였다. 제시하는 알고리즘은 QoS 라우팅 성능과 상충관계에 있는 과도한 LSU 메시지의 수를 제어하기 위해 요구 대역폭이 가용대역폭에 미치는 영향에 따라 LSU 메시

지의 전송 중요도 level를 구분하고 중요도와 단위시간 당 업데이트 비율 γ 에 따라 LSU 메시지의 전송 여부를 결정하여 LSU 메시지의 수를 제어할 수 있도록 하였다. 또한 LSU 전송 메시지 level을 조절하여 능동적으로 변화할 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 블록율과 링크별 평균 LSU 메시지 수를 기준으로 성능 평가를 수행한 결과 제안하는 알고리즘은 라우팅 블록율을 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 얻는 연구와 네트워크 상태에 따라 변화할 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.

참고문헌

- [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] 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
- [3] G. Apostolopoulos, R. Gu'erin, S. Kamat, and S. K. Tripathi, "QoS Routing: A Performance Perspective", in proceedings of ACM SIGCOMM 1998, Oct 1998
- [4] G. Apostolopoulos, Roch Guerin, Sanjay Kamat, "Improving Routing Performance Under

- Inaccurate Link State Information", Proceedings of the 16th International Teletraffic Congress, June 1999
- [5] 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
- [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, Taeil 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-II Jin, "Inter-Domain QoS Routing Scheme using Link State Information", Advanced Communication Technology, 2008. ICACCT 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

저자 소개



조강홍

1997: 성균관대학교
정보공학과 공학사

1991: 성균관대학교
전기전자및컴퓨터공학부 공학석사

2004: 성균관대학교
전기전자및컴퓨터공학부 공학박사

현 재: 동양미래대학교
인터넷정보과 부교수

관심분야: 트래픽관리, QoS라우팅,
보안

Email : khcho@dongyang.ac.kr