

# QoS 라우팅에서 새로운 갱신 유발 정책에 따른 성능 개선에 관한 연구

김지혜<sup>0</sup>, 이미정

이화여자대학교 컴퓨터학과

{ poohkim, lmj }@ewha.ac.kr

## An Update Triggering Policy To Improve QoS Routing Performance

Jee-Hye Kim<sup>0</sup>, Mee-Jeong Lee

Dept of Computer Science & Engineering, Ewha Womans University

### 요약

최근 들어 디지털(digital) 비디오나 오디오 같은 멀티미디어 응용 프로그램의 수요와 공급이 폭발적으로 늘어남에 따라, 이를 지원할 수 있는 새로운 프로토콜 아키텍처(architecture)들이 개발되고 있다. QoS(Quality-of-Service) 라우팅은 이러한 응용 프로그램들이 요구하는 QoS 요구사항을 기반으로 하는 라우팅(routing) 기법이다. QoS 라우팅은 네트워크의 동적인 상태를 반영하여 플로우(flow)가 요구하는 QoS를 만족시킬 수 있는 라우트를 찾아줌으로써 라우팅 성능을 향상시켰지만, 네트워크의 동적인 상태 정보를 모든 라우터가 가지고 있어야 함은 물론 적절한 시기에 네트워크 정보를 갱신시켜야만 한다. 이와 같이 네트워크 정보의 적절한 갱신 시기를 결정하는 것을 갱신 유발 정책이라 한다. 기존에는 라우팅 성능을 높이기 위해 네트워크 변화에 민감한 갱신 유발 정책을 사용하였으나, 이로 인해 발생하는 갱신 메시지는 또 하나의 트래픽(traffic)을 발생시켜 프로토콜 오버헤드(protocol overhead)를 초래하였다. 또한, 최근에는 이러한 프로토콜 오버헤드를 줄이기 위한 갱신 주기 정책이 제시되었지만 라우팅 성능 저하를 감수해야 하는 한계점이 발견되었다. 본 논문에서는 기존에 제시된 갱신 유발 정책에 비하여 프로토콜 오버헤드를 좀더 줄임과 동시에 라우팅 성능을 개선시킨 새로운 갱신 유발 정책을 제시하였다. 그리고, 이에 관한 시뮬레이션을 구현하여 프로토콜 오버헤드와 라우팅 성능을 비교한 결과, 기존 정책보다 더 효율적임을 발견하였다.

### 1. 서론

기존 경로 선택 알고리즘(path selection algorithm)은 홉(hop) 수나 대역폭(bandwidth) 같은 정적 메트릭(metric)을 이용하는 최단 경로 라우팅을 이용하여 최선 서비스(best-effort)라는 한 종류의 데이터그램(datagram) 서비스만을 제공하는 한계점이 있다[1]. 그러나, 최근에는 멀티미디어 트래픽이 요구하는 QoS 요구사항을 만족시키기 위하여 네트워크의 다양한 변화에 적극적으로 대처하는 라우팅 기법의 필요성이 제기되었다[2]. 이러한 라우팅 기법이 QoS 라우팅이다. QoS 라우팅이란, 대역폭이나 지연(delay) 같은 플로우의 QoS 요구사항에 기반하여, 플로우를 전송하는데 사용되는 적정 경로(feasible path)를 선택하는 작업을 의미한다[3-6].

최근 연구에서는, 기존 전화망이나 패킷망에서의 QoS 라우팅의 잠재적인 이점을 지적해 왔다. 이러한 이점들은 사용자가 받을 수 있는 서비스 향상뿐만 아니라 네트워크 자원 활용의 증대에도 밀접한 관련이 있다. 그러나, 이러한 이점에도 불구하고 QoS 라우팅의 구현 가능성에 대해서는 아직 불확실성이 남아 있다. QoS 라우팅이 수반하는 추가 비용 때문이다. 이러한 추가 비용은 두 가지의 주요 구성 요소를 갖고 있다: 계산 비용(computational cost)과 프로토콜 오버헤드이다. 전자는 복잡하고 잦은 경로 선택 계산 때문이고, 후자는 경로 선택과 관련한 네트워크 자원 사정 - 예를 들어, 가용 링크 대역폭 - 을 갱신하여 분포시켜야 하는 필요에 의해 일어나는 것이다. 이러한 갱신 정보는 그 자체가 또다른 네트워크 트래픽이 되며 각 라우터에서의 프

로세싱을 요구한다[6].

QoS 라우팅의 본래 목적이 네트워크의 다양한 변화에 보다 잘 적용하는 것이라고 했을 때, 이를 위하여 동적 메트릭을 사용할 경우 나타나는 프로토콜 오버헤드에 있어 네트워크 사정의 정확성과 라우팅 성능 사이에 균형 문제(trade-off)가 발생한다. 즉, 네트워크의 변화에 적극적으로 대처하려면 그만큼 많은 프로토콜 오버헤드가 발생하지만 라우팅 성능은 높아진다. 그러나, 이러한 오버헤드를 줄이기 위해 네트워크 사정의 반영에 대해 둔감하게 대처할 경우에는 라우팅 성능이 저하된다.

본 논문에서는, 기존 갱신 유발 정책의 문제점을 재고해 보고 이를 개선할 수 있는 방법을 고찰하였다. 그리하여, 프로토콜 오버헤드와 라우팅 성능을 좀더 균형있게 조화시켜 프로토콜 오버헤드를 줄이면서 라우팅 성능을 증대시킬 수 있는 방안을 제시하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 연구와 제시하는 방안에 대한 세부 내용에 대해 기술하고, 3장에서는 제시한 방안의 평가 환경(evaluation environment)에 대해서 설명하겠다. 4장에서는 시뮬레이션 결과 및 분석에 대해 논하고, 5장에서 결론을 맺고자 한다.

### 2. 기존 연구 및 새로운 방안의 제시

라우팅에 있어서 네트워크 사정을 잘 반영하기 위해서는 네트워크 변화를 감지하고 이러한 변화에 따라 적절한 조치를 취할 수 있게 해주는 네트워크 갱신 유발 정책이 필요하다. 네트워크 갱신 유발 정책이란 네트워크의 새로운 정보

를, 네트워크를 구성하고 있는 모든 라우터들에게 언제 전달해야 하는가에 대한 규약이다.

플로우의 라우팅 요청 메시지가 대역폭을 요구하는 환경에서의 링크 상태 갱신은 각 링크의 가용 대역폭의 양에 관한 정보만을 필요로 하게 되는데, 이 때에는 알려진 가용 링크 대역폭의 값의 변화율에 따라 갱신을 결정하게 된다. 이것을 갱신 임계치(threshold)라고 한다.  $b_{last}$ 를 가장 최근에 공시된 가용 링크 대역폭의 값이라 하고,  $b_{cur}$ 를 현재 가용 링크 대역폭의 값이라고 할 때, 갱신은  $|b_{cur} - b_{last}|/b_{last} > th$  일 때에만 일어난다[7][8]. 이 때,  $th$ 는 갱신 임계치이다. 낮은 갱신 임계치는 보다 정확한 링크 정보를 의미하는 반면, 갱신 임계치가 커질수록 링크 상태 갱신 메시지의 발생이 크게 줄고 링크 정보의 정확성은 떨어지게 된다.

갱신 유발 정책의 민감도에 따라 라우팅 성능이 결정되다 보니 라우팅 성능을 향상시키기 위해서는 갱신 임계치의 값을 낮게 책정할 수 밖에 없는데, 이렇게 되면 라우터가 발생시키는 갱신 메시지의 수가 크게 증가하여 프로토콜 오버헤드를 초래하게 된다. 이러한 단점을 보완하기 위해 제시된 것이 갱신 임계치와 갱신 주기를 함께 사용하는 것이다 [6]. 즉, 링크 가용 대역폭의 변화율이 특정 갱신 임계치를 넘으면 갱신 메시지를 발생시키던 기존의 방법보다 갱신 주기 정책을 더하여, 이 변화율이 특정 갱신 임계치를 넘더라도 마지막으로 공시된 갱신 메시지 발생 시간이 정해진 갱신 주기를 채우지 못하면 갱신을 보류하는 것이다. 그리하여, 가용 링크 대역폭의 변화율이 갱신 임계치 값을 넘고, 가장 최근에 공시된 갱신 메시지 발생 시간이 갱신 주기를 넘게 되면 비로소 갱신 메시지를 발생시킨다. 그 결과 갱신 메시지의 양이 현저하게 감소하게 될 뿐만 아니라 그 양의 최대치도 갱신 주기 크기에 의해 예측, 조절할 수 있다. 갱신 주기에 기반하여 갱신 정보를 유발함으로써 프로토콜 오버헤드의 문제를 해결하였으나, 라우팅 성능에 있어서는 갱신 임계치만을 갱신 유발 정책으로 사용했을 경우와 비교하였을 때 적지 않은 격차가 생기게 되었다.

이에 본 논문에서는 프로토콜 오버헤드를 감소시키면서 좀 더 나은 라우팅 성능을 얻기 위하여 다음과 같은 새로운 갱신 유발 정책 시나리오를 제안하였다.

- 갱신 임계치와 갱신 주기를 동시에 만족시키도록 하는 정책을 사용했을 경우, 갑작스럽게 발생한 심각한 네트워크 변화에는 즉각적으로 대처하기가 어렵다. 마지막 갱신 정보 공시 이후의 링크 가용 링크 대역폭 변화율이 매우 높은 상황에서 아직 갱신 주기가 돌아오지 않아 네트워크 사정을 갱신하지 않는 것은 그에 비례하는 라우팅 성능의 저하로 이어진다.
- 따라서, 갱신 주기에 미치지 못하는 단시간내에 발생한 심각한 네트워크 변화에 대해서는 그에 대처할 수 있는 고유의 정책이 필요하다. 그림 1에서 보는 바와 같이, 심각한 네트워크 변화를 나타내는 갱신 임계치의 값을  $y\%$ 라고 하자. 이 값을 넘으면 바로 갱신 메시지를 발생시키되, 네트워크가 기존 정보를 가지고 어느 정도 라우팅 작업을 할 수 있는 갱신 임계치의 구간 -  $x\% \sim y\%$ (단,  $x < y$ )라고 하자 - 을 정하여, 이 구간에서는 갱신 주기를 기준으로 갱신 메시지를 발생시키는 정책을 적용시키는 것이다.

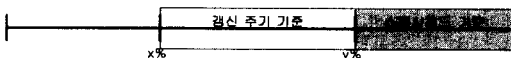


그림 1 새로운 갱신 유발 정책의 제시

### 3. 시뮬레이션 환경 및 성능 측정 방법

#### 3.1 네트워크 토폴로지(Network Topology)

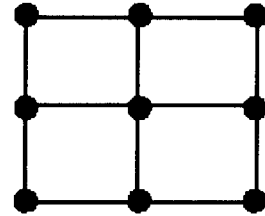


그림 2 네트워크 토폴로지 (매쉬 구조)

그림 2는 시뮬레이션에 사용된 네트워크 토폴로지를 나타내고 있다. 사용된 토폴로지는 3x3 매쉬 구조로서, 각 링크가 수용할 수 있는 대역폭은 모두 155Mbps/sec 이고 링크 지연 시간은 없다고 가정하였다.

#### 3.2 트래픽 모델(Traffic Model)

각 노드가 발생시키는 세션(session)은 각 플로우의 QoS 요구사항으로서 대역폭만을 요구하도록 하였다. 따라서, 각 세션은 송신원(source)과 수신원(destination) 그리고 대역폭으로 특정 지어져 기술된다[8].

세션 발생 간격은 지수 분포 랜덤 변수(exponentially distributed random variable)로서, 평균 발생 주기는 5초이다. 세션 길이는 플로우 유지 시간으로서 이 역시 지수 분포 랜덤 변수이고, 평균 세션 길이는 500초이다. 세션의 요청 대역폭은  $[L, U]$  구간 사이에서 균일하게 분포되도록 하였는데, 시뮬레이션에서 사용된 대역폭의 최소값  $L$ 은 64Kbps, 최대값  $U$ 는 6Mbps이다.

세션이 발생하면 이 세션의 송신원과 수신원이 결정되는데, 송신원 노드는 균일 분포 확률(uniformly distributed probability)에 의해 결정되며, 수신원 노드 역시 송신원 노드를 제외한 모든 노드 중 균일 분포 확률에 의해 결정된다.

#### 3.3 라우팅 알고리즘(Routing Algorithm)

시뮬레이션에서 사용하는 라우팅 알고리즘은 "on-demand widest-shortest" 경로 알고리즘이다. "widest-shortest" 경로 알고리즘을 구현하는 데에는 기존의 최단 경로 알고리즘인 Bellman-Ford 알고리즘이나 Dijkstra 알고리즘이 사용되는데, 여기서는 Dijkstra 알고리즘의 변용을 통해 라우팅 알고리즘을 구현하였다. "on-demand" 라우팅은 세션 요청이 있을 때마다 경로 선택 알고리즘을 실행하여 경로를 설정하는 라우팅 기법이다. "widest-shortest" 경로 알고리즘이란, 기존 최단 경로 알고리즘에서 구한 최소의 홉 수를 갖는 경로 중 가장 넓은 대역폭을 갖는 경로를 선택하는 것이다[5].

Dijkstra 알고리즘으로 "widest-shortest" 경로 알고리즘을 구현하는 방법은 다음과 같다 : 경로를 계산하기 전에, 세션이 요구하는 대역폭에 대하여 이를 수용할 수 없는 링크들은 네트워크 토폴로지로부터 잘라낸다. 그리고 나서 송신원과 수신원 사이의 최소의 홉 수를 갖는 경로를 찾고, 이 중 가장 넓은 대역폭을 갖는 경로가 요청에 부응하는 경로가 된다. 만약 하나 이상의 "widest-shortest" 경로가 있으면, 그 중 하나가 임의로 선택된다.

3.4 갱신 유발 정책의 민감도(sensitivity)

기존 연구에서 제시하는 갱신 유발 정책의 일반적인 갱신 임계치 값은 60%로, 본 논문에서 구현한 시뮬레이션에서도 이 값을 그대로 사용하기로 하였다. 또한, 새로 제안된 갱신 유발 정책에서는 그림 1과 같이 두 개의 갱신 임계치가 필요한데, 시뮬레이션에 사용하는 최저 한계 임계치(x)는 40%, 최고 한계 임계치(y)는 80%이다.

3.5 성능 측정 방법

라우팅 성능의 측정은 대역폭 수용률(bandwidth acceptance ratio)로 표현되는데, 대역폭 수용률이란 각 세션이 요청하는 대역폭의 합과 실제 수용된 대역폭의 합간의 비율이다[3-8]. 본 논문에서는 대역폭 수용률을 두 가지 측면에서 계산하였는데, 하나는 요청된 세션의 총 개수와 수용된 세션의 총 개수간의 비율이고, 나머지 하나는 요청된 대역폭의 총량과 수용된 대역폭의 총량간의 비율이다.

또한, 프로토콜의 오버헤드를 측정하기 위하여 갱신 메시지의 발생 수를 측정하였다. 갱신 메시지는 갱신이 일어날 때 발생하는 메시지이며, 시뮬레이션동안 이들의 총 발생 수를 취합하였다.

4. 시뮬레이션 결과 및 성능 비교 분석

갱신 유발 정책의 시뮬레이션 결과를 표 1에 정리하였다.

표 1 시뮬레이션 결과표

갱신 유발 정책	스레시홀드만 사용시	스레시홀드 & 갱신주기	새로운 제안
스레시홀드	60	60	[40, 80]
갱신 주기	없음	2,000	2,000
갱신 메시지 발생 수	253	38	139
대역폭 수용률(가) <sup>1)</sup>	0.999800	0.793600	0.999800
대역폭 수용률(나) <sup>2)</sup>	0.999795	0.761642	0.999834

(a) 갱신 주기가 2,000초 일 때

갱신 유발 정책	스레시홀드만 사용시	스레시홀드 & 갱신주기	새로운 제안
스레시홀드	60	60	[40, 80]
갱신 주기	없음	4,000	4,000
갱신 메시지 발생 수	253	23	116
대역폭 수용률(가)	0.999800	0.792333	0.941000
대역폭 수용률(나)	0.999795	0.789688	0.940481

(b) 갱신 주기가 4,000초 일 때

갱신 유발 정책	스레시홀드만 사용시	스레시홀드 & 갱신주기	새로운 제안
스레시홀드	60	60	[40, 80]
갱신 주기	없음	6,000	6,000
갱신 메시지 발생 수	253	16	114
대역폭 수용률(가)	0.999800	0.792167	0.941000
대역폭 수용률(나)	0.999795	0.790025	0.939917

(c) 갱신 주기가 6,000초 일 때

시뮬레이션 결과표를 보면, 갱신 유발 정책으로서 갱신 임계치만 사용했을 경우 매우 높은 라우팅 성공률을 보이고 있다. 그러나, 그에 따른 갱신 메시지 발생 수가 현저히 높은 것으로 나타났다. 반면에, 갱신 임계치와 갱신 주기를 동시에 적용한 경우에는 갱신 메시지 발생 수가 갱신 임계치만을 사용했을 경우의 10%밖에 되지 않아 프로토콜 오버헤드의 감소에는 매우 성공적인 것으로 보인다. 그러나, 대역폭 수용률을 비교했을 때, 라우팅 성능이 많이 떨어지는 것으로 나타났다.

1) 대역폭 수용률을 세션의 개수로 계산한 것

2) 대역폭 수용률을 대역폭의 양으로 계산한 것

제안된 아이디어의 시뮬레이션 결과를 보면, 기존의 두 가지 갱신 유발 정책이 담고 있는 모순점을 잘 절충하여 해결 하였음을 볼 수 있다. 갱신 메시지 발생 수에 있어서는 갱신 임계치와 갱신 주기를 동시에 적용한 방법보다는 많았지만, 갱신 임계치만을 적용한 방법에 비해 50% 가까운 갱신 발생 메시지 감소가 일어났으며, 라우팅 성능면에서도 갱신 임계치만을 적용한 경우보다 크게 뒤쳐지지 않았음이 증명되었다.

5. 결론

QoS 라우팅의 가장 큰 장점은 네트워크의 변화에 적극적으로 대처하여, 트래픽이 요구하는 서비스를 가장 잘 만족 시켜줄 수 있는 라우트를 찾아줌으로써, 트래픽의 요구 사항을 보장해 줄 수 있다는 것이다. 그러나 변화가 많은 네트워크 정보를 수시로 갱신하게 되면 라우팅 성능은 높아지지만 갱신에 따르는 프로토콜 오버헤드가 발생하게 된다. 이러한 프로토콜 오버헤드를 줄이기 위한 갱신 유발 정책이 등장하였으나, 여전히 라우팅 성능과 프로토콜 오버헤드의 균형간의 상충 효과의 문제가 남아 있다.

이에 본 논문에서는 이러한 균형 문제를 좀더 효율적으로 해결하고자, 프로토콜 오버헤드를 감소시킴과 동시에 라우팅 성능을 끌어 올릴 수 있는 갱신 유발 정책을 제시하였고, 시뮬레이션을 통해 그 정책의 효율성을 검증하여 갱신 메시지 발생 대비 라우팅 성능이 크게 향상되었음을 볼 수 있었다.

참고문헌

- [1] E. Crawley, R. Nair, B. Rajagopalan, and H. Sandick, "A Framework for QoS-Based Routing in the Internet", Internet Draft, QoS Routing Working Group, Internet Engineering Task Force, expires October 1998
- [2] Z. Wang, and J. Crowcroft, "Quality of Service Routing for Supporting Multimedia Applications", IEEE Journal Selected Areas in Communications, 14(7):1228-1234, 1996
- [3] G. Apostolopoulos, R. Guerin, and S. Kamat, "Implementation and Performance Measurements of QoS Routing Extensions to OSPF", in the proceedings of IEEE INFOCOM, April 1999
- [4] R. Guerin, D. Williams, and A. Orda, "QoS routing Mechanisms and OSPF Extensions", Internet Draft, 1996
- [5] Q. Ma and P. Steenkiste, "On Path Selection for Traffic with Bandwidth Guarantees", in the proceedings IEEE ICNP, October 1997
- [6] G. Apostolopoulos, R. Guerin, S. Kamat and S.K. Tripathi, "Quality of Service Based Routing : A Performance Perspective", in proceedings of ACM SIGCOMM, 1998
- [7] G. Apostolopoulos, R. Guerin, S. Kamat and S.K. Tripathi, "Improving QoS Routing Performance Under Inaccurate Link State Information", in proceedings of ITC16, 1999
- [8] G. Apostolopoulos, S.K. Tripathi, "On the Effectiveness of Path Pre-computation in Reducing the Processing Cost of On-demand QoS Path Computation", in the proceedings IEEE Symposium on Computer and Communications, June 1998