

## 온라인 게임에서 QoS 라우팅을 위한 부하균등 비용산정 방식

이 동 철\* 홍 종 준\*\*

## An Efficient Load Balanced Cost Calculation Scheme for QoS Routing in On-line Game Service

Dong-chul Lee\* Jong-joon Hong\*\*

### 요 약

온라인 게임서비스 향상을 목적으로 한 QoS 라우팅을 위하여 각각의 요구에 대한 제한조건을 충족시키는 것은 물론, 전체 네트워크 자원의 최적화에 대해서도 고려해야 할 필요가 있다. 본 논문에서는 온라인 게임을 위해 도메인으로 분할된 대규모 네트워크의 QoS 라우팅에서 transit traffic을 위한 경로를 선계산 방식으로 설정하고, 이들 경로들의 예약 가능성을 높이기 위해 자원 예약 측면에서 가장 좋은  $K$ 개의 경로들을 부하균등을 고려하여 설정하는 방안을 제안하였다. 그리고 동일한 자원 비용 산정 방식을 transit traffic과 intra traffic에 모두 적용하여 도메인간 라우팅과 도메인내 라우팅을 무리 없이 연계하면서 transit traffic을 우선으로 하는 방식을 제안하였다.

### Abstract

An efficient QoS routing scheme for improving on-line games services needs to find a path that satisfies a given QoS requirements while consuming as few resources as possible. In this paper, we propose a scheme of calculating resources' costs for precomputation QoS routing schemes. For a domain in the networks, the routing scheme first precomputes  $K$  multiple paths between all pairs of ingress and egress border routers while considering balancing of the expected load. We, therefore, expect that the paths are better than any other paths in respect to reserving the network resources on paths. The routing scheme combines inter and intra domain routings seamlessly and uses the same cost calculation scheme.

\* SKC&C Infra본부 System Engineering팀 과장  
\*\* 평택대학교 정보과학부 정보통신학전공 교수

접수일자 : 2003. 1.12  
심사완료 : 2003. 3. 7

## I. 서론

최근 높은 성장세를 보이고 있는 온라인 게임 서비스에 있어 네트워크 상의 신뢰적인 통신은 게임 서비스의 진행에 핵심적인 역할을 하고 있다. 이러한 신뢰적인 통신을 위해 다양한 QoS를 요구하는 다수의 멀티미디어 응용들이 지원되어야 한다. 이러한 QoS를 고려한 경로 설정을 위해 QoS 라우팅은 여러 QoS 요구들을 다뤄야 한다. 이들 요구 각각은 경로 선택에 대역폭 및 종단간 지연 등의 제한조건(constraints)을 부과하고 있다 [1-8]. 효율적인 QoS 라우팅이 되기 위하여 각각의 요구에 대한 제한조건을 충족시키는 것은 물론, 전체 네트워크 자원의 최적화에 대해서도 고려해야 할 필요가 있다[9].

QoS 라우팅에는 각 요청이 요구하는 QoS 를 만족하는 경로를 매번 요구시 별도로 계산하는 요구계산(on-demand computation) 방식[1-3]과 모든 송신자/수신자 쌍간에 가능한 모든 QoS 요구에 대한 경로설정을 미리 계산한 후 실제로 요청에서 요구할 때 사용하도록 하는 선계산(precomputation)방식[9, 10]이 있다.

선계산 방식에서는 계산 및 통신의 부하를 줄이기 위하여 요구계산 방식에서보다 비교적 정적인 정보를 사용하여 경로 설정 계산을 하게 되며, 따라서 동적인 네트워크 자원 변화를 경로설정 계산 단계에서 반영하기 어렵다. 또한 만일 QoS 요구를 만족하는 경로를 하나만을 설정한다면 항상 이 경로만을 사용하므로 과부하의 가능성이 많아지고 자원예약이 불가능할 경우가 많다. 따라서 이를 보완하기 위해 주어진 QoS를 만족하는  $K$  ( $K \geq 1$ ) 개의 경로를 미리 설정하고 요청 시 이들 중에서 선택하는 방안이 사용된다[11]. 자원예약 측면에서 가장 좋은  $K$  개의 경로들은 경로의 전부 혹은 일부를 서로 공유하지 않는 경로들이다[12, 13].

온라인 게임을 위한 대규모 네트워크에서는 정책적인 이유 및 확장성(salability) 문제로 인하여 네트워크를 도메인으로 분할하는 것이 일반적이다. 이러한 경우 QoS 라우팅은 송신자와 수신자가 같은 도메인 내에 위치하는 경우의 도메인내 라우팅(intra-domain routing)은 물론

서로 다른 도메인 내에 위치하는 도메인간(inter-domain routing)도 고려하여야 한다. 선계산 방식의 도메인간 QoS 라우팅에서는 특히 도메인의 ingress border router로부터 egress border router까지의 transit traffic에 대한 경로 설정 및 자원예약의 성공이 중요하다. 이는 transit traffic을 위한 경로를 intra traffic을 위한 경로보다 더욱 빈번하게 요구하며, 따라서 이러한 경로를 중심으로 혼잡(congestion)이 일어날 가능성이 높기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 다음과 같은 방식으로 transit traffic 및 intra traffic을 위한 다중 경로 설정을 제안한다. 임의의 도메인에 대하여, 먼저 도메인의 모든 transit traffic을 위한  $K$ 개의 경로를 그들 간의 부하균등을 고려하여 설정한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 제 2절에서는 본 논문에서 대상으로 하는 네트워크에 대한 모델 및 정의를 제시하였다. 제 3절에서는 선계산 방식의 비용산정 방식을 제안하고, 제 4절에서는 transit traffic 및 intra traffic을 구분하여 경로계산을 하는 선계산 방식의 QoS 라우팅을 제안한다. 제 5절에서는 제안한 비용산정 방식의 분석을 위한 시뮬레이션 및 결과분석을 제시하고 제 6절에서는 결론과 추후 연구분야를 포함한다.

## II. 네트워크 모델 및 정의

네트워크는 그래프  $G(V, E)$ 로 표현된다. 여기서  $V$ 는 노드들의 집합을 의미하고,  $E$ 는 링크들의 집합을 나타낸다.  $N=|V|$ ,  $M=|E|$  라 하자.

하나의 경로는 노드들의 유한 집합으로 다음과 같이 표현된다.

$$p = (v_0, v_1, \dots, v_h) \text{ for } 0 \leq n \leq h-1, (v_n, v_{n+1}) \in E$$

여기서  $h$ 는 경로  $p$  상에서 hop의 수를 나타내어,  $h=|p|$  이다.

QoS 요구는 경로선택을 위한 대역폭, 종단간 지연 등의 제한조건으로 부과된다. 어떤 제한조건에 대하여 링크  $e$ 의 가중치(weight)를  $w(e)$ 로 표현된다. 예를 들어 링크  $e$ 의 대역폭(bandwidth)을  $b(e)$ 라고 할 때,  $w(e) = \frac{1}{b(e)}$ 로 표현될 수 있다.

주어진 QoS 요구에 맞는 경로, 즉 모든 제한조건을 만족하는 경로를 가용 경로(feasible path)라 한다. 그러나 주어진 가중치에 대하여 최소 가중치 경로가 전체 네트워크 사용 측면에서 반드시 좋은 선택일 수 없다. 선정된 경로상의 hop의 수가 많을 경우 많은 네트워크 자원을 소모하기 때문이다[9]. 따라서 가용 경로들 중에서 자원 사용에 따른 비용을 최소화하는 경로를 최소 비용 경로라 할 수 있다.

### III. 선계산 방식의 QoS라우팅을 위한 비용산정 방식

선계산 방식에서는 모든 송신자/수신자간에 가능한 모든 QoS 요구에 대한 경로설정을 미리 한 후 실제로 요청에서 요구할 때 사용하도록 함으로써 요청시의 계산을 많이 줄일 수 있다. 한편 이는 요구계산 방식에서보다 비교적 정직인 정보를 사용하여 경로설정 계산을 하게 된다 [9, 10]. 또한 만일 주어진 송신자/수신자간에 QoS 요구를 만족하는 경로를 하나만을 설정한다면, 요청 시마다 이 경로를 사용하여야 하며 이 경로가 과부하되어 자원에 약이 불가능할 경우가 많다. 이를 보완하기 위하여 단순히 하나의 경로만을 설정하기보다는 K개의 경로를 미리 설정하고 요청시 선택하는 것이 바람직하다[11]. 자원에 약 측면에서 가장 좋은 K개의 경로들은 경로의 전부 혹은 일부를 서로 공유하지 않는 경로이다[12, 13]. 본 논문에서는 부하 균등을 위한 요소를 경로 설정을 위한 계산시의 비용에 포함하도록 하여, 실제로 요청의 자원 예약 시 선택된 경로상의 자원예약의 가능성을 높이고자 한다.

$$l_k(e) = \alpha L_k(e) d(e) + (1 - \alpha) c(e) \quad (1)$$

여기서,

$l_k(e), k=1, 2, \dots, K$  : QoS라우팅에서  $k$  번째 경로를 미리 설정하기 위하여 사용할 링크 비용

$c(e)$  : 요청이 링크  $e$ 를 사용할 경우의 실제 비용(앞 절과 동일함)

$d(e)$  : 링크  $e$ 가 네트워크에 미치는 영향의 정도(앞 절과 동일함)

$\alpha$  : 부하 균등 요소(load balancing factor),

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

$l(e)$ 에  $c(e)$ 와  $d(e)$ 를 어떤 비율로 반영할 것인지를 결정하는 요소

$$\text{if } \alpha=0, \text{ 즉 } l_k(e) = c(e)$$

부하균등 분배는 고려치 않고, 전체자원 사용만을 고려하여 경로선택

$$\text{if } \alpha=1, \text{ 즉 } l_k(e) = L_k(e) d(e)$$

부하균등 분배만을 고려하고, 전체자원 사용은 고려치 않고 경로선택

$L_k(e) : k$  번째 경로설정을 위하여 사용할 링크  $e$ 의 예측 부하 율로 다음과 같이 정의된다. ( $0 \leq L_k(e) \leq 1$ )

$L_k(e)=0$  : 링크  $e$ 가 어떤 경로상에서도 사용되지 않는다면

$L_k(e)=1$  : 링크  $e$ 가 여러 경로상에서 충분히 사용되어, 실제로 혼잡이 일어날 것으로 예측될 때

예를 들어,  $L_k(e)$ 는 다음과 같이 정할 수 있다.

$$L_0(e)=0 : \text{초기}$$

$L_k(e)=L_{k-1}(e) :$ 만약 링크  $e$ 가  $k$  번째 경로에 사용되지 않는다면

$L_k(e)=L_{k-1}(e) + \delta^k :$ 만약 링크  $e$ 가  $k$  번째 경로에 사용될 경우 ( $0 < \delta < 1$ )

이와 같이  $k$  번째 경로에서 사용된 링크가  $(k+1)$  번째 경로에서 사용된 링크보다 예측 부하율에 있어서 부하의 비율이 큰 이유는,  $k$  번째 경로가  $(k+1)$  번째 경로보다 비용측면에서 좋은 경로이므로, 후에 경로 선택과정에 있어서 더욱 빈번하게 사용될 가능성이 높고 따라서 더욱 혼잡이 일어날 가능성이 높기 때문이다.

### IV. transit traffic 및 intra traffic을 위한 QoS 라우팅

본 논문에서는 앞 절에서 제시한 비용산정 방식을 이용하여 다음과 같은 순서로 transit traffic 및 intra traffic의 다중 경로를 설정할 것을 제안한다. 먼저 도메인의 모든 transit traffic을 위한  $K$  개의 경로를 설정하며 이 때 경로들간의 부하 균등을 이루도록 한다. 이제

transit traffic을 위한 경로에서 사용된 자원은 부한 균등을 위한 비용이 고려되었으므로 비용이 증가되었을 것이다. 따라서 이제 intra traffic을 위한 경로 설정을 할 때, 고 비용의 자원 사용을 회피하도록 유도함으로써 transit traffic을 위한 경로와 전부 혹은 일부가 가능한 한 중복되지 않도록 한다.

위와 같은 방법으로 transit traffic간의 경로 중복은 물론, transit traffic과 intra traffic간의 경로 중복을 회피하도록 함으로써, 결과적으로 자원예약 단계에서 transit traffic을 위한 자원예약이 성공할 가능성을 높이게 된다.

```
Algorithm Precomputation (D)
/* 주어진 도메인 D에 대하여 border router 쌍간에 먼저 K 다중 경로 계산 후에 intermediate router 쌍간에 K 다중 경로 계산 */
{
     $I_0(e) = 0 \text{ for } \forall e \in E$ 
    for  $k = 1, 2, \dots, K$  do
        for 각 border routers 쌍간에 대해서 do
            computes  $I_k(e) = 0 \text{ for } \forall e \in E$ 
            select the  $k$  th best path for the pair by using a path selection algorithm
        {
        }
        for  $k = 1, 2, \dots, K$  do
            for 각 intermediate routers 쌍간에 대해서 do
            {
                computes  $I_k(e) = 0 \text{ for } \forall e \in E$ 
                select the  $k$  th best path for the pair by using a path selection algorithm
            }
    }
}
```

여기서 경로 선택 알고리즘은 최소 비용을 위하여 기준에 제안된 임의의 QoS 라우팅을 이용할 수 있다.

## V. 시뮬레이션 및 결과 분석

한 도메인을 구성하는 네트워크를 모델링하기 위하여 Waxman의 그래프 모델 [14]을 근거하여 50개의 노드를 가지는 그래프를 구성하였다. 부하 분산을 검증하기 위해 네트워크 내의 상당한 트래픽을 가정하기 위한 300개 노드 쌍의 연결에 대하여 실험하였다. 시뮬레이션은 범용 시뮬레이션 언어인 SIMSCRIPT II.5를 사용하였다.

시뮬레이션을 간단히 하기 위해 네트워크내에 모든 링크는 같은 대역폭을 갖고 있고, 각 연결은 동일한 대역폭을 요구한다고 가정하고  $c(e)$ 와  $d(e)$ 의 값을 각각 1로,  $\delta$ 의 값을 0.25로 가정한다. 모든 연결에 대한 각 링크의 사용 횟수를 부하균등의 척도로 측정하였다. 시뮬레이션은 부하균등요소 ( $\alpha$ ) 값에 따른 부하균등 정도를 나타내기 위하여 0에서 1까지의 값들을 적용하였다. 본 논문에서 제안한 부하균등 비용산정 방식을 적용하기 위하여 각 연결에 대하여 Dijkstra 알고리즘에 의한 경로 설정 후 식 (1)를 적용하여 경로상의 모든 링크의 비용을 증가시켰다

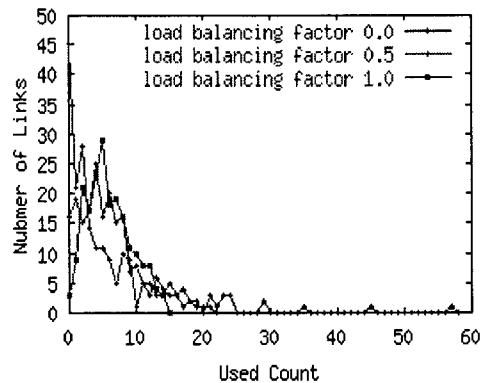


그림 1. 부하균등의 시뮬레이션 결과(300개의 연결)

(그림 1)과 같이  $\alpha = 0$ 에서 사용횟수가 높은 링크들의 개수가 많이 있음을 발견할 수 있었다. 사용횟수가 높다는 것은 부하균등의 효과는 떨어지고 혼잡의 발생확률이 높다고 판단할 수 있다.  $\alpha = 1$ 에 접근할수록 사용횟수가 높은 링크수가 적어지게 되었다. 이는 혼잡이 덜 발생함을 의미하고 네트워크 전체에 걸쳐 부하가 균등한 경로설정이 되었다고 판단할 수 있다. 또한  $\alpha = 1$ 에 접근할수록 사용횟수가 적은 값에서 링크수가 많고, 많은 값에서 링크수가 적게 되어 부하균등이 이루어짐을 알 수 있다.

한편 전체 연결들의 네트워크 자원 사용은 (표 1)과

같이 부하균등요소  $\alpha$  값에 따라 반복된 실험을 거쳐 사용된 링크 총 개수를 구하였다.

표 1. 네트워크 자원 사용에 대한 결과

부하균등요소	0	0.25	0.5	0.75	1
총 링크수(연결 300개)	1308	1325	1364	1403	1470

<표 1>과 같이  $\alpha = 0$ 에서 최소 링크수로 가장 적은 자원을 사용함을 알 수 있고,  $\alpha = 1$ 에서 최대 링크수로 가장 많은 자원을 사용함을 알 수 있다.

이와 같은 시뮬레이션에서 나타난 것과 같이 부하균등은  $\alpha = 1$ 에서 최적의 결과를 찾을 수 있었고, 네트워크 자원 사용은  $\alpha = 0$ 에서 최적의 결과를 찾을 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안한 비용산정방식은 부하균등과 네트워크자원 사용의 최적화 목적이 따라 부하균등요소의 값을 변화하면서 네트워크 특성에 맞추어 적용할 수 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 안정적이고 효율적인 온라인 게임 서비스를 위해 선계산 방식의 QoS 라우팅 경로 계산에서 자원 비용 산정 방식을 제안하였다. 또한 선계산 방식으로 계산된 경로의 자원예약 가능성을 높이기 위해 임의의 도메인내 모든 transit traffic을 위한  $K$ 개의 경로를 그들 간의 부하균등을 고려하여 설정하는 방안을 제안하였다. 그리고 transit traffic의 자원 예약을 intra traffic에 우선하는 방식을 제안하여 도메인간 라우팅과 도메인내 라우팅을 무리 없이 연계할 수 있도록 하였다. 따라서 QoS 요구를 만족하는 최소 비용 경로들을 설정하여, 부하 균등과 전체 네트워크 자원의 최적 사용을 위한 효율적 해결방안을 제시할 수 있게 되었다.

본 논문에서 제시한 자원비용 산정의 분석을 위하여 시뮬레이션을 수행한 결과 부하균등은 부하균등요소  $\alpha = 1$ 에서 최적의 결과를 찾을 수 있었고, 네트워크 자원 사용은  $\alpha = 0$ 에서 최적의 결과를 찾을 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안한 비용산정방식은 부하균등과 네트워크 자원 사용의 최적화 목적이 따라 부하균등요소의 값을 변

화하면서 네트워크 특성에 맞추어 적용할 수 있다. 향후 본 논문에서 제시한 네트워크 모델은 계층적 네트워크 모델로 확장하여 계층적 도메인간 라우팅에서의 경로 설정을 연구할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] 김승훈, 김치하, “분산멀티미디어 응용을 위한 대규모 고속 통신망에서의 QoS-근거 계층적 도메인간 라우팅 방식”, 한국통신학회논문지, 제24권 제7호, 1999.
- [2] Seung-Hoon Kim, Kyungshik Lim and Cheeha Kim, “A Scalable QoS-based Inter-Domain Routing Scheme in a High Speed Wide Area Network,” Computer Communications, Vol.21, No.4, pp.390-399, 1998.
- [3] Yun Sik Kim, Seung-Hoon Kim, and Chul Hye Park, “QoS Guaranteed Routing in Wide Area Networks,” Journal of Electrical Engineering and Information Science, Vol.4, No.1, pp.28-36, 1999.
- [4] W. C. Lee, M. G. Hluchyj and P. A. Humbler, “Routing Subject to Quality of Service Constraints in Integrated Communication Networks,” IEEE Network, July-August, 1995.
- [5] “Private Network-Network Interface Specification Version 1.0 (PNNI 1.0),” ATM Forum PNNI Subworking Group, af-pnni-0055.000, March, 1996.
- [6] G. Apostolopoulos, R. Guerin, S. Kamat, A. Orda, T. Przygienda, and D. Williams, “QoS Routing Mechanism and OSPF Extensions,” RFC 2676, August, 1999.
- [7] G. Apostolopoulos, R. Guerin, S. Kamat, A. Orda and S. K. Tripathi,

- "Intra-Domain QoS Routing in IP Networks : A Feasibility and Cost/Benefit Analysis," IEEE Networks, Vol.13, No.5, pp.42-54, September–October, 1999.
- (8) E. Crawley, R. Nair, B. Rajagopalan, and H. Sandick, "A Framework for QoS-based Routing in the internet," RFC 2386, August, 1998.
- (9) Ariel Orda and Alexander Sprintson, "QoS Routing : The Precomputation Perspective," Proceedings IEEE INFOCOM '2000, March, 2000.
- (10) A. Shaikh, J. Rexford, and K. Shin, "Efficient Precomputation of Quality-of-Service Routes," Proc. Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio and Video (NOSSDAV '98), July, 1998.
- (11) Y. L. Chen, "An Algorithm for Finding the k Quickest Paths in a Network," Computers & Operations Research 20(1) : pp.59-65, 1993.
- (12) Murali Kodialam, T. V. Lakshman, "Minimum Interference Routing with Applications to MPLS Traffic Engineering," Proceedings of IEEE INFOCOM'2000, March, 2000.
- (13) Hiroyuki Saito, Yasuhiro Miyao, and Makiko Yoshida, "Minimum Interference Routing with Applications to MPLS Traffic Engineering," Proceedings of IEEE INFOCOM'2000, March, 2000.
- (14) B. M. Waxman, "Routing of Multipoint Connections," IEEE J. Select. Areas Commun. Vol.6, No.9, pp.1617-1622, December, 1988.

## 저자 소개



### 이동철

1991년 서강대학교 전자계산  
학과 졸업  
1993년 서강대학교 대학원 전  
자계산학과  
1993년~1998년 삼성SDS  
전임연구원  
1999년~2000년 청강문화산업  
대학 컴퓨터소프트웨어  
과 교수  
2000년~2002년 파수닷컴 사  
업부 부장  
2002년~현재 SKC&C 과장  
관심 분야 : 온라인 게임,  
DRM(Digital Rights,  
Management), Security,  
Directory Service(LDAP)



### 홍종준

1991년 인하대학교 전자계산공  
학과 졸업  
1993년 인하대학교 대학원 전  
자계산공학과(공학석사)  
2002년 인하대학교 대학원 전  
자계산공학과(공학박사)  
1999년~2003년 청강문화산업  
대학 컴퓨터소프트웨어과  
교수  
2003년 ~ 현재 평택대학교 정  
보과학부 정보통신학전공  
교수  
관심분야 : 온라인 게임, 초고속  
통신망, 분산시스템, 알고리즘