

네트워크 QoS를 위한 SGOSST 메커니즘

김인범*

SGOSST Mechanism for Quality of Service In Network

Inbum Kim*

요 약

다양한 서비스를 제공하는 통신 기기의 활성화 및 모바일 사업의 급속한 확대에 의해 기존 네트워크 설비의 효율적인 활용 및 운용이 매우 중요시 되고 있다. 이와 함께 개인별 편차가 큰 사용자의 통신 요구 수준에 부합하는 서비스의 제공은 통신 사업자에게 매우 중요하다. 본 논문에서는 이러한 것들을 모두 만족시킬 수 있는 최소 연결 비용의 네트워크를 효과적으로 구성하여 네트워크 QoS를 구현하는 SGOSST를 제안한다. 실험에서 제안된 방법으로 생성된 SGOSST QoS 네트워크는, 가중치 반영 최소 신장 트리 방법으로 구현된 QoS 네트워크에 비해 실행시간은 252.97% 증가했으나, 네트워크 구성을 위한 연결 비용은 5.11% 감소하였다. 따라서 제안된 방법은 스마트 및 모바일 기기 등 다양한 서비스 요청 등급의 통신 기기들과 사용자들로 구성된 네트워크에서 효율적인 운용 및 서비스 제공 등에 잘 적용될 수 있을 것이다.

▶ Keyword : 가중치 최소 신장 트리, 스타이너 최소 트리, gosst 포인트, 서비스 품질, 등급 격자 GOSST

Abstract

Because of boost of communications devices furnishing diverse services and rapid expansion of mobile business, good use and management of the existing network system become very important. Also, offering service corresponding with user communication requirement grades which vary widely in each person, is vital for communication service provider. In this paper, SGOSST, a mechanism of efficient network construction with minimum cost for network QoS is proposed. In experiments, though spending 252.97% more execution times, our SGOSST QoS network consumed 5.11% less connecting costs than the network constructed by weighted minimum spanning tree method. Therefore our mechanism can work well for efficient operation and service providing in the network formed with users and communication devices of various service requirement grade as smart/mobile equipment.

▶ Keyword : Weighted Minimum Spanning Tree, Steiner Minimum Tree, Gosst Point, QoS(Quality of Services), SGOSST(Scaled-grid Grade Of Services Steiner minimum Tree)

• 제1저자 : 김인범 • 교신저자 : 김인범

• 투고일 : 2011. 06. 07, 심사일 : 2011. 06. 22, 게재확정일 : 2011. 06. 29.

* 김포대학 인터넷정보과(Dept. of Internet Information, Kimpo College)

※ 본 논문은 2011학년도 김포대학의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

I. 서론

스마트 모바일 기기를 비롯한 다양한 통신기기의 개발과 급격한 확산은 모바일 산업의 활성화와 함께 기존의 네트워크 설비에 대한 효율적인 이용 또는 확충을 요구한다. 이러한 통신 기기들의 다양한 기능 및 사용자들이 요구하는 통신 서비스의 수준 및 양은 동일하지 않다. 서비스 제공자들의 사용자의 요구량이나 등급에 맞는 적절한 통신 서비스 제공은 기존 네트워크의 효율적인 활용뿐 아니라, 사용자들의 만족도를 높임으로 해당 통신 서비스 사업자의 경쟁력을 높일 수 있을 것이다. 또한 효율적인 통신 설비의 활용은 현재의 통신 설비의 급격한 확충 및 막대한 투자 없이도, 다양하고도 새로운 통신 사업 분야로의 진출도 가능할 것이다.

다항 적(Polynomial) 문제 영역에서 네트워크 구성을 위한 최단의 트리의 생성은 최소 신장 트리(Minimum Spanning Tree)를 활용하는 것이다[1]. 그러나 비-다항 적(Non-Polynomial) 문제 영역으로 확대했을 경우, 최소 신장 트리에 비해서 더 단축된 길이의 네트워크는 스타이너 최소 트리(Steiner Minimum Tree)를 이용하는 것이다[2]. GOSST(Grade Of Services Steiner minimum Tree)는, 최소 신장 트리나 스타이너 최소 트리처럼 단순히 네트워크 길이(Length)만을 고려한 것이 아닌, 각 노드 혹은 연결의 가중치(Weight)까지 고려하여 전체적인 네트워크 생성 비용(Connecting Cost)을 최소화할 목표로 한다[3]. 스타이너 최소 트리의 생성은 비-다항 적(Non-Polynomial) 문제 영역에 속하는 것이므로, 이를 활용하는 GOSST의 생성 또한 근사 최적 해를 위한 적절한 휴리스틱을 개발해야 한다. 본 논문에서는 GOSST 생성 시, 중간 단계에서 생성된 근사 스타이너 최소 트리의 스타이너 포인트(Steiner Point)를 중심으로, 스케일 된 그리드(Scaled Grid)를 생성하고 이 그리드 상의 후보 노드들중에서 최적의 gosst 포인트를 찾는 SGOSST 방법을 제안한다. SGOSST에서 고려되는 가중치는 적절한 모델링을 거쳐 네트워크 QoS에서의 서비스 등급(Service Quality)에 대입될 수 있다. 단순히 거리만을 고려하는 것보다 더 현실적인 가중치 반영 네트워크 설계, 라우팅, 송배전 전력선의 설계와 교통량을 고려한 도로, 철도건설 및 선박이나 항공기의 항로 개발 등에 SGOSST 방법은 활용될 수 있으며, 가중치를 반영한 최소 신장 트리보다 더 좋은 결과를 기대할 수 있다.

본 논문은 2장에서 관련된 기존의 연구 내용을 기술하고, 3장은 제안하는 SGOSST에 대한 내용이고, 본 논문의 제안 방법 구현 및 그에 따른 실험과 결과분석을 4장에서 기술하고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

네트워크 QoS에 대해 연구는 본 논문에서 제안하는 QoS를 위한 전체적인 네트워크 설계 및 구성보다는, 멀티미디어 데이터의 통신 및 서비스에 있어 네트워크상의 패킷이나 프레임, 또는 flow의 특성을 분석한 후에 그 중요도나 가중치를 조사하여 이에 근거한 파워나 채널을 차등적으로 할당함으로써 QoS를 높이려는 분야에 집중되었다.

네트워크에서 각각의 패킷이 QoS에 미치는 영향이 다르므로, 항상 패킷 손실의 감소가 QoS의 향상으로 이어지는 것은 아니다. 전체 하에, 패킷이 QoS에 미치는 영향을 정량화 하여 이를 바탕으로 파워를 할당하는 기법이 연구되었다[4]. 멀티미디어 데이터의 처리는 그 특성상 많은 대역폭과 실시간 처리를 요구하나 네트워크의 혼잡 및 오류인 데이터의 손실로 인해 정상적인 서비스가 쉽지 않다. 이를 위해서 스트리밍 flow 내의 데이터 패킷의 중요도에 따른 차등적인 서비스로 QoS를 향상시키는 연구가 시행되었는데, 이 연구에서는 중요 멀티미디어 flow에게 채널을 우선 할당하는 WMS-1(Wireless Multimedia Scheduling-1)과, 우선순위가 높은 프레임의 flow를 우선 서비스하는 WMS-2(Wireless Multimedia Scheduling-2)를 제안하였다[5]. 또한 MBAC(Measurement Based Admission Control) 방식을 개선하여, flow를 특성에 따라 그룹 평된 flow에서 먼저 입력되는 flow에 우선순위를 부여 후, 우선등급 하위차용방식과 동적 할당 방식을 적용하여 멀티미디어 네트워크에서의 QoS를 향상시키려 하였다[6]. 또한 패킷의 특정 시간 내 도착을 보장하기 위해 클러스터를 이용하여 다중 전송범위로 전송하고, 다양한 트래픽 상황의 변화에 따른 동적 전송 범위의 조절을 통해 네트워크의 확장이나 우선적으로 패킷을 전송하여 센서 네트워크 QoS를 향상시키려 하였다[7].

입력 단말 노드가 아닌 스타이너 포인트라는 추가적인 노드들을 활용하여 입력 단말 노드들을 모두 연결하는 트리 중에서도 가장 적은 비용의 트리가 스타이너 최소 트리이다. 이 문제는 비-다항적(NP-Complete) 시간문제로, 다항 적 시간 내에 문제에 대한 해를 구할 수 없다[2,8]. 따라서 스타이너 최소 트리를 현실적인 문제에 활용하기 위해서는 적절한 휴리스틱을 이용한 근사 최소 스타이너 트리가 필요하다. 멀티캐스팅 문제를 스타이너 트리를 이용하여 해결하려는 연구가 시도되었는데, 멀티 캐스트 통신에서의 QoS(Quality of Service)를 처리할 수 있는 다중 제약 멀티 캐스트 처리 알고리즘이 발표되었다[9]. 현재까지 발표된 많은 근사 최소 스타이너 트리를

구성할 수 있는 휴리스틱 중에서 두 개의 연속적인 연결 경로로 생성되는 정삼각형과 외접원을 이용한 스타이너 트리의 생성이 대표적이다[10]. 스타이너 트리에 가중치를 새로이 적용한 문제가 GOSST(Grade Of Services Steiner Minimum Tree)이다. GOSST 문제는 모든 터미널 노드들과 새로이 추가되는 gosst 포인트들을 모두 연결하는 최소 비용의 네트워크를 찾는 문제이다. 이 GOSST에서는 임의의 두 노드 사이에는, 두 노드가 요청하는 서비스 등급 중 최소 등급 이상의 서비스를 제공할 수 있는 중간 노드들로 구성된 경로가 최소한 개 이상 존재해야 한다[11,12]. 사용자의 서비스 요청 등급은 가중치(Weight)로 변환될 수 있다. GOSST의 구축비용은 모든 단말노드들을 연결하며, 네트워크상에 있는 모든 노드들이 자신의 서비스 등급을 최소한 만족시키는 경로들이 존재하는 네트워크들 중에서 가장 작다. GOSST의 연구는 실제적인 응용보다는 대부분 최적화분야이다[3,12,13]. 이론적으로 GOSST 문제는 최적화의 한계에 도달된 것으로 알려져 있다. J. Kim 등은 GOSST 문제의 근사비용을 $(1+\epsilon)$ 로 줄인 PTAS(Polynomial Time Approximation Scheme)를 발표하였다[12]. GOSST 문제에서 중요하게 고려되는 서비스 등급의 수를 2와 3으로 제한한 휴리스틱 알고리즘을 제안한 연구가 있었는데[3], 이 연구에서는 branch-and-bound 알고리즘에서 매우 큰 문제 영역에서 좋은 결과를 얻을 수 있는 k-optimal 휴리스틱 알고리즘도 제시하였다. M. Karpinski 등은 GOSST를 멀티미디어 통신의 멀티캐스팅에 적용한 개선된 휴리스틱을 발표하였다[13].

GOSST 문제는 스타이너 트리 문제에 속하는 이론적인 문제라고 간주되었기에 실제 응용에 관한 충분한 연구가 이루어지지 않았다. 따라서 본 논문에서는 GOSST 문제를 네트워크 QoS에 현실적으로 적용하기 위해 스케일된 그리드 개념을 도입한 SGOSST를 제안한다. 이것은 새로운 정보 통신의 패러다임의 변화에 잘 적용할 수 있는 네트워크 설비의 효율적 운용 및 사용자 서비스 요구를 충분히 만족시킬 수 있을 것이다.

III. SGOSST 메커니즘

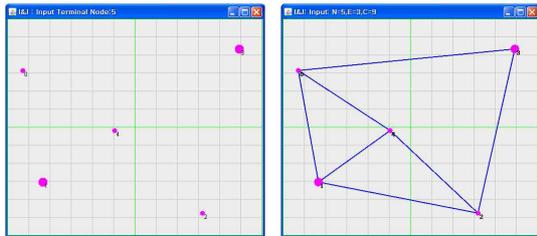
본 논문에서 제안하는 방법은 다양한 서비스 형태와 등급을 갖는 통신 기기들의 서비스 요구를 최대한 만족시키면서 네트워크 연결비용을 최소화 시키는 문제에 적용가능하다. 이것은 단순히 네트워크의 길이만을 최소화 시키는 것이 아니라, 가중치로 모델링 할 수 있는 서비스 요청 등급까지 고려한 비용의 최적화를 목적으로 한다.

그림 1은 외부 입력 정보인 5개의 노드와 이들 사이의 7개의 연결을 나타낸다. 그림 1의 (a)에서 각 입력 노드의 위치는

원으로, 각 노드의 서비스 요구량, 즉 가중치는 해당 원의 크기로 표현되었다. 각 노드의 최대 연결이 3인 제약조건에 의해 무작위로 생성된 7개의 입력 연결이 그림 1의 (b)에 표현되어 있다. 이것은 연결 정보만 표시할 뿐 연결선의 가중치는 반영되지 않았다. 그림 2는 네트워크상의 두 노드의 서비스 요청을 만족시키는 경로 서비스 용량의 결정에 관한 것이다. 사각형 내의 수치는 각 노드의 서비스 요청 등급이다. 그림 2의 (a)에는 각 서비스 요청등급이 5 또는 9인 5개의 노드와 연결 정보가 있다. 서비스 요청등급이 9인 노드 1과 노드 3이 통신을 위해서는 이들 사이에 서비스 등급 9인 경로가 생성되어야 한다. 그림 2의 (b)와 같이 서비스 요청 등급이 5인 노드 0을 경유하더라도 노드 1과 노드 0, 그리고 노드 0과 노드 3 사이에는 서비스 등급 9인 통신 경로가 존재해야 한다. 그림 2의 (c)와 같이 서비스 요청 등급 5인 노드 4, 2를 경유하더라도 서비스 등급 9인 통신 경로가 존재해야 하며, 그림 2의 (d)와 같이 서비스 요청 등급 5인 노드 2를 경유하더라도 마찬가지이다. 일반적으로 QoS 네트워크상의 서비스 요청 등급을 갖는 두 개 노드 사이에 서로 통신을 하고자 할 때, 두 서비스 요청 등급의 최솟값 이상의 서비스 등급을 갖는 통신 경로가 최소한 한 개 이상을 가져야 한다. 이를 최소 서비스 등급 보장 경로법이라 정의한다. 본 논문에서 고려하는 QoS 네트워크는 네트워크에 존재하는 모든 노드들 사이에는 이 조건을 만족해야 하며 또한 최소 연결 비용으로 QoS 네트워크는 생성되어야 한다.

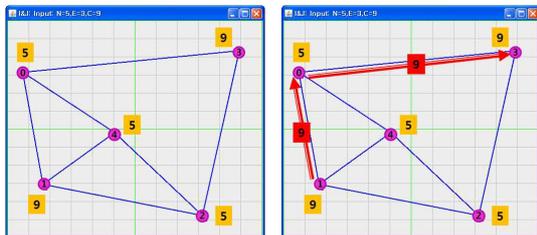
그림 3은 그림 1의 입력 노드와 연결에 대하여 본 논문에서 제안된 방법과 비교대상인 가중치 최소 신장 트리와 제안된 SGOSST 방법에 의한 QoS 네트워크 생성 과정을 보인다. 그림 3의 (a)는 입력노드와 연결에 대한 최소 신장 트리를 생성하고 각 노드의 서비스 요구량인 가중치를 반영한 가중치 최소 신장 트리의 결과이다. 이 가중치 반영 최소 신장 트리의 생성을 위한 연결 비용은 206.67이다. 트리의 연결 비용은 각 연결의 길이와 해당 연결의 가중치의 곱의 합으로 계산된다. 그림 3의 (b)는 SGOSST를 생성하기 위한 중간 결과물로 가중치를 반영하지 않은 입력들에 대하여 근사 스타이너 최소 트리를 우선 생성한 후, 이들에 대하여 입력 노드들에 대한 가중치를 반영한 가중치 스타이너 최소 트리이다. 여기서 별 모양으로 표시된 것은 스타이너 포인트로 입력 노드가 아닌 계산에 의해 결정되어 추가된 가상노드이다. 그림 3의 (c)와 같이 스타이너 포인트를 생성하는 세 개의 노드들의 내부 면적을 적절한 비율로 스케일 된 그리드상의 위치에서 비용이 최소화되는 새로운 노드 즉 gosst 포인트를 생성하여 기존의 스타이너 포인트를 대체한다. 그림 3의 (c)에서 사각형 모양이 기존의 스타이너 포인트이고, 별 모양이 새로 결정된 gosst 포

인트이다. 이러한 과정을 그림 3의 (b)에 존재하는 모든 스타이너 포인트들에 대하여 실행하여 얻은 결과가 그림 3의 (d)와 같은 SGOSST QoS 네트워크이다. 이 네트워크의 생성을 위한 연결비용은 161.65로 가중치 최소 신장 트리 방법에 의한 것보다 21.78%의 연결 비용 감소를 보인다.

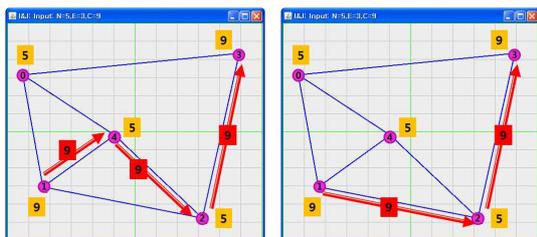


(a) 입력 노드 (b) 입력노드의 연결

그림 1. 5개 입력 노드 및 7개 입력 연결
Fig. 1. 5 input nodes and 7 input connections



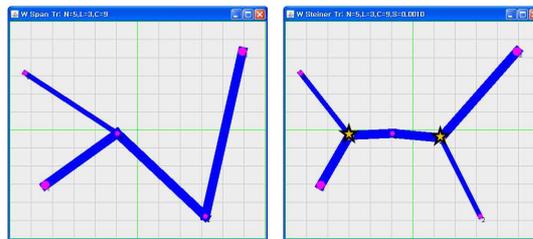
(a) 입력노드의 서비스 요청 등급 및 연결 (b) 노드 0을 경유하는 노드 1과 노드 3의 통신



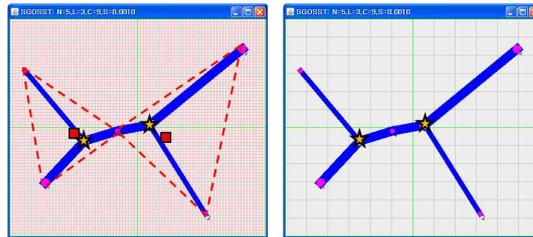
(c) 노드 4, 2를 경유하는 노드 1과 노드 3의 통신 (d) 노드 2를 경유하는 노드 1과 노드 3의 통신

그림 2. 최소 서비스 등급 보장 경로법에 의한 노드 1과 노드 3의 가중치 반영 통신

Fig. 2. Weighted communication between node 1 and node 3 through minimum service grade routing guarantee method



(a) 입력노드의 서비스 요청 등급 및 연결 (b) 노드 0을 경유하는 노드 1과 노드 3의 통신



(c) scaled grid 상에서의 steiner node를 이용한 gosst 포인트 탐색 및 결정 (d) SGOSST 방법에 의한 QoS 네트워크 생성 (비용=161.65)

그림 3. 입력노드와 연결에 대한 가중치 신장 트리 방법과 SGOSST 방법에 의해 생성된 QoS 네트워크

Fig. 3. Built QoS networks through weighted minimum spanning tree mechanism and proposed SGOSST mechanism for input nodes and connection

표 1. SGOSST 방법에 의한 QoS 네트워크 생성 단계
Table 1. QoS network building steps through proposed SGOSST mechanism

단계	처리내용
1	가중치를 무시한 입력 노드와 연결에 대하여 단순 최소 신장트리 TSP 생성
2	TSP를 입력으로 적절한 휴리스틱을 적용하여 스타이너 포인트 PST와 근사 스타이너 최소 트리 TST 생성
3	TST에 대해 서비스 등급 최소 서비스 등급 보장 경로법을 적용하여 가중치 근사 스타이너 최소 트리 TWST 생성
4	TWST의 스타이너 포인트 PST를 생성하는데 이용된 노드들 집합 N_s 의 내부 영역 AN_s 를 그리드 스케일링 인자(grid scaling parameter)로 분할된 그리드(grid) GN_s 생성
5	GN_s 상에 존재하는 모든 가상 노드들 중에서 N_s 와의 거리와 스타이너 포인트 가중치를 곱한 값의 합, 즉 연결 비용이 최소가 되는 gosst 포인트 PGOSST를 찾아, 스타이너 포인트 PST를 대체
6	TWST의 모든 스타이너 포인트 PST에 대하여 [단계 4]와 [단계 5]를 순차적으로 반복, 최종 결과물을 QoS 네트워크로 출력

표 1은 본 논문에서 제안하는 SGOSST QoS 네트워크를 생성하는 과정이다. 가중치가 부여된 입력 노드와 이들 사이의 연결 정보에 대하여, 단계 1에서 가중치를 무시한 단순한 최소 신장 트리 TSP를 생성하며[1], 단계 2에서 휴리스틱을 이용하여 스타이너 포인트 및 근사 스타이너 최소 트리를 생성한다[10]. 입력 노드 n 에 대하여 Prim의 알고리즘에 의한 최소 신장 트리 TSP의 생성 시간은 $O(n \log n)$ 이고, 생성된 트리의 연결 선분 수 E 는 $n-1$ 이다. 스타이너 포인트들은 이 선분들 중 2개의 인접한 두 개의 선분을 이용하여 생성하므로 스타이너 포인트 생성시간은 $E C_2 = O(n^2)$ 이다. 입력 노드와 생성된 스타이너 포인트의 합 $O(n+n^2) = O(n^2)$ 에 대한 최소 신장트리가 근사 스타이너 최소 트리 TST가 되므로, 이것의 생성시간은 $O(n^2 \log n)$ 이다. 단계 3에서 한 개의 입력 단말 노드가 목적 노드와 통신하기 위해 거쳐야 하는 중간 경로를 구성하는 선분의 수는 $O(n)$ 이고 이들에 대한 가중치 조정 작업을 시행한다. n 개의 입력 단말에 대한 최소 서비스 등급 보장 경로법의 실행시간은 $O(n^2)$ 이다. 단계 4와 단계 5에서 한 개의 스타이너 포인트를 gosst 포인트로 변환하기 위해서는 $O(\frac{D_x}{G_p} \times \frac{D_y}{G_p})$ 개의 그리드 상에 위치한 가상 노드들과의 연결비용을 계산해야 한다. 여기서 D_x, D_y 는 문제 공간을 2차원 평면으로 변환했을 때의 X축, Y축의 길이이고, G_p 는 외부 인자인 그리드 스케일링 인자이다. 단계 6에서 TWST에 존재하는 스타이너 포인트의 수는 $O(n^2)$ 이므로 이들에 대한 스케일된 그리드 위에서의 모든 gosst 포인트 생성을 위한 가상 노드들의 탐색 및 결정 시간은 $O(\frac{D_x}{G_p} \times \frac{D_y}{G_p}) \times O(n^2)$ 이다. $O(\frac{D_x}{G_p} \times \frac{D_y}{G_p})$ 는 G_p 에 따라 그 값을 조절할 수 있는 유한한 값이므로, $O(\frac{D_x}{G_p} \times \frac{D_y}{G_p}) \times O(n^2) = O(n^2)$ 이다. 그러므로 표 1의 생성단계를 근거로, 제안된 SGOSST 방법의 실행시간은 $O(n^2 \log n)$ 이다.

IV. 실험 및 분석

본 논문에서는 스케일된 그리드 영역에서 가중치를 고려한 스타이너 최소트리의 네트워크 QoS로의 적용을 제안한다. 이것은 다항 적 시간문제 영역에서 기존의 라우팅 및 네트워크 구성 등에 많이 활용되는 최소 신장 트리를 비교대상으로 하여, 본 논문에서 제안하는 방법이 우수함을 보이기 위하여 시

물레이션을 시행하였다.

제안된 방법의 성능 평가는 계산에 의한 시간 복잡도와 시물레이션 실험에 의한 QoS 네트워크 생성 비용 및 실행 시간을 비교하여 시행하였다. 실험에 의한 실행시간은 제안된 방법이 최소 신장 트리 방법에 비해 252.97% 증가하였으나, 네트워크 생성비용은 5.11% 감소되었다. 시간 복잡도가 최소 신장 트리 방법에 비해 크지 않으므로, 많은 입력 노드에 대해서도 제안된 방법은 크지 않은 오버헤드로 연결비용의 절감을 얻을 수 있다.

1. 실험 환경 및 방법

실험에 사용된 인자는 입력 노드의 수, 입력 노드의 최대 서비스 용량, 그리고 각 노드 당 가능한 최대 연결 수이다. 관찰 결과는 가중치 고려 최소 신장 트리 방법과 제안된 SGOSST 방법에 의해 생성되는 QoS 네트워크의 연결 비용 및 실행시간이다. 실험의 목적은 본 논문에서 제안하는 SGOSST 방법이, 다항 적 시간 내에서 최적의 네트워크를 생성하는 최소 신장 트리 방법보다 연결 비용을 절감하는 효과적인 QoS 네트워크를 타당성 있는 시간적 오버헤드 내에서 생성하는 것을 검증하기 위함이다. 실험을 위해 무작위로 생성된 입력 노드의 수는 1000, 3000, 5000, 7000이고 각 노드의 최대 서비스 용량은 3, 5, 7, 9이고, 각 노드의 다른 노드로 연결하는 최대 연결 수는 4, 6, 8, 10이다. 최소 신장 트리 방법은 Prim의 최소 신장 트리 생성 알고리즘을 기본으로 하여 3장의 그림 2에서 설명한 최소 서비스 등급 보장 경로법을 적용하여 생성하였다. SGOSST 방법은 GOSST 휴리스틱에 그리드 스케일링 인수를 0.001로 하여 생성하였다. 이들 방법들은 Intel 프로세서와 4기가 램, 그리고 윈도우즈 환경에서 Java로 구현하였다.

그림 4는 1000개의 입력 노드, 한 노드 당 8개의 최대 연결, 그리고 각 노드의 서비스 요청 등급이 최대 5인 입력을 보이고 있다. 이들에 대하여 가중치 반영 최소 신장 트리와 그리드 스케일링 인수가 0.001인 SGOSST 방법에 의한 QoS 네트워크가 그림 5에 표현되어 있다.

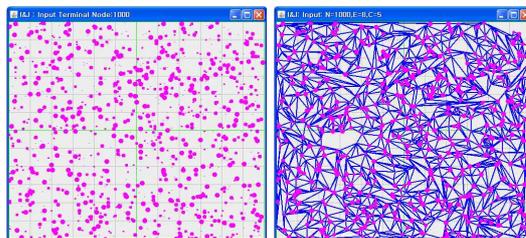


그림 4. 1000 개의 입력 노드좌와 입력 연결 정보우
Fig. 4. Information of 1000 input nodes(left) and their connections(right)

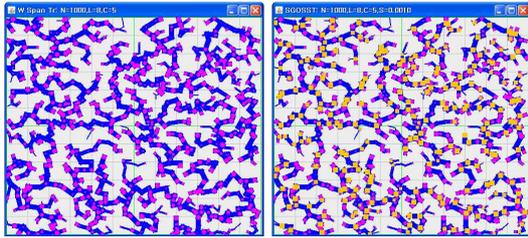


그림 5. 1000 개 입력에 대한 가중치 신장 트리(좌)와 SGOSST(우) 방법에 의해 생성된 QoS 네트워크
 Fig. 5. Qos networks built through weighted minimum spanning tree(left) and SGOSST(right) mechanism for 1000 inputs information

2. 네트워크 생성 비용 및 비교 분석

그림 6은 입력 노드의 수에 따라 생성된 가중치 반영 최소 신장 트리와 제안된 SGOSST 방법에 의한 네트워크의 연결 생성 비용 및 비교한 결과이다. 입력 노드가 증가할수록 가중치 최소 신장 트리와 SGOSST의 연결 비용은 증가하나 그 비용의 절감율은 조금씩 감소함을 보이고 있다. 입력 노드 수가 1000개인 경우, SGOSST 네트워크는 가중치 최소 신장 트리에 비해 5.48% 비용의 감소를 보였으나, 7000개인 경우에는 그 감소율이 4.92%에 그쳤다. 이는 입력 노드의 수가 많을수록 감소할 수 있는 길이를 단축하는 등의 공간적 여유가 줄어들어, 길이와 가중치의 곱의 합으로 계산되어지는 비용의 절감이 점차 감소됨으로 분석할 수 있다.

그림 7은 네트워크상에 있는 노드들에게 허용할 수 있는 최대 서비스 용량에 따른 연결 생성 비용 및 비교를 보인다. 최대 서비스 용량이 증가함에 따라 연결 생성 비용은 두 방법 모두 증가한다. 또한 본 논문에서 제안하는 SGOSST 방법은 가중치 최소 신장 트리 방법에 비해 비용 절감율이 증가함을 확인할 수 있는데, 최대 서비스 용량이 3인 경우에는 4.71%의 비용 절감을 보이고, 9인 경우에는 5.29%의 비용 절감율을 나타냈다. 이는 단순히 거리를 최소화하는 최소 신장 트리에 비해 각 노드의 가중치의 크기를 고려하여 gosst 포인트의 위치를 변경하는 SGOSST 방법의 특성 상 당연하다고 판단되어진다. 따라서 본 논문에서 제안하는 방법은 다양한 서비스의 종류 및 요구사항, 용량을 갖춘 현재의 통신 단말로 구성된 네트워크에 적합한 방법이라 생각할 수 있다.

그림 8은 네트워크를 구성하는 각 노드에서 다른 노드와 연결 가능한 최대 연결 수에 따른 네트워크 생성 비용 및 비교를 나타낸다. 최대 연결 수가 증가함에도 불구하고 가중치 최소 신장 트리나 SGOSST 방법에 의해 생성되는 네트워크 모두 연결 생성 비용은 별 차이가 없음을 보인다. 그러나 최대

연결 수가 최소인 4인 경우에 가장 큰 절감율인 5.88을 보이는데, 이는 최대 연결 수가 완전 연결에 가까울수록, 연결 길이의 절감을 피할 수 있는 공간이 부족해지기 때문으로 판단되어진다. 따라서 최대 연결 수가 6 이상인 경우에 SGOSST 방법에 의한 비용의 절감율은 거의 일정한 4.8%와 4.9% 사이이다.

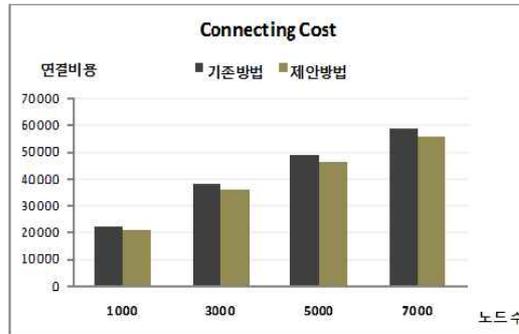


그림 6. 입력 노드 수에 따른 연결 비용
 Fig. 6. Cost according to input node number

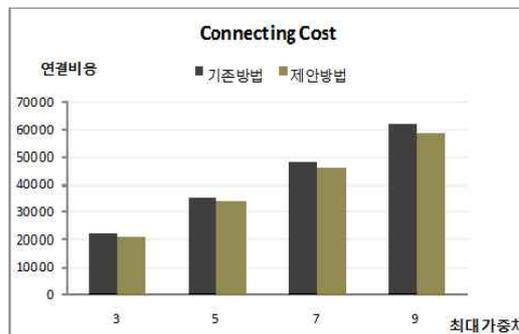


그림 7. 최대 서비스 요청 등급(가중치)에 따른 연결 비용
 Fig. 7. Cost according to max service requirement grade(weight)

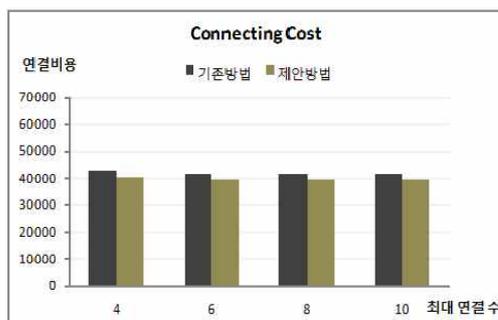


그림 8. 노드 당 최대 연결 수에 따른 연결 비용
 Fig. 11. Cost according to max connection per node

3. 실행 시간 및 비교 분석

그림 9는 입력 노드의 수에 따라, 각 네트워크를 구성하는데 소요되는 시간을 나타낸다. 입력 노드의 수가 증가함에 따라 두 가지 방법 모두 실행시간이 증가함을 확인할 있다. 그러나 입력 노드의 수가 1000을 제외하고는 실행시간의 증가율의 변화가 그리 크지 않다. 즉 3000인 경우에는 실행 시간의 증가율이 222.86%이고, 7000인 경우에는 258.04%이다. 이는 제안된 SGOSST 방법의 실행시간의 상당한 부분을 차지하는 최소 서비스 등급 보장 경로법을 가중치 최소 신장 트리 방법과 동일하게 적용하기 때문인 것으로 판단되어진다. 입력노드 수가 1000인 경우에는 본 논문에서 제안하는 방법의 실행 시간 증가율이 특이하게 큰 값인 736.20%를 보이는데, 이는 입력 노드 수가 상대적으로 적음으로 인해 빈 공간이 많이 생성되고, 그 결과 스케일 된 그리드상의 상대적으로 많은 후보 gosst 포인트들에 대한 처리 과정이 필요하므로, 이런 처리 과정이 없는 가중치 최소 신장 트리 방법에 비해 시간이 증가하게 된다. 입력 노드가 많으면 많을수록 주어진 문제 영역에서의 빈 공간이 감소하게 되므로 이러한 시간에 대한 상대적 영향은 감소하게 된다.

그림 10은 네트워크를 구성하는 노드들의 최대 서비스 용량에 따른 네트워크 생성시간에 대한 결과이다. 각 노드의 최대 서비스 용량이 증가함에도 불구하고 두 가지 방법 모두 실행 시간에는 큰 차이가 없었으며, 또한 가중치 최소 신장 트리 방법에 대한 SGOSST 방법의 시간 증가율에도 큰 변화가 없었다. 이것은 두 가지 방법 모두 네트워크를 구성하는 과정에 있어서 최대 서비스 용량은 계산상으로는 영향을 미칠 뿐 작업순서나 알고리즘에는 영향을 미치지 않기 때문인 것으로 판단되어진다. 그림 11은 각 노드 당 최대 연결 수의 변화에 따른 네트워크 연결 생성 시간에 대한 결과이다. 최대 연결 수가 증가함에 따라 두 가지 방법 모두 실행시간의 의미 있는 큰 변화는 발견할 수 없었다. 또한 SGOSST 방법에 의한 시간의 증가율도 최대 연결 수가 4인 경우에 최고인 247.77%이고, 최대 연결 수가 5인 경우에는 223.65%로 감소하였다가 점차 증가함을 확인할 수 있다. 이는 최대 연결수가 적으면 가상적인 최적 네트워크와의 유사도가 떨어지게 되고, 이는 입력 노드 사이의 빈 공간에 대하여 스케일된 그리드상의 후보 gosst 포인트가 많아질 수 있으므로, 가중치 최소 신장트리에 비해 실행시간이 증가할 수 있다. 최대 연결 수가 증가할수록 가상적인 최적 네트워크와 유사해지므로 두 방법의 비교에 있어 시간에 대한 상대적 영향은 감소하게 된다.

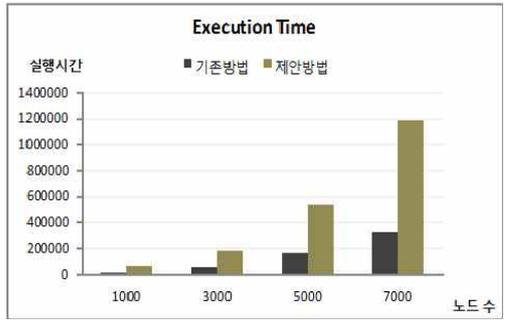


그림 9. 입력 노드 수에 따른 실행 시간
Fig. 9. Execution time according to input node number



그림 10. 최대 서비스 요청 등급(가중치)에 따른 실행 시간
Fig. 10. Execution time according to max service requirement grade(weight)

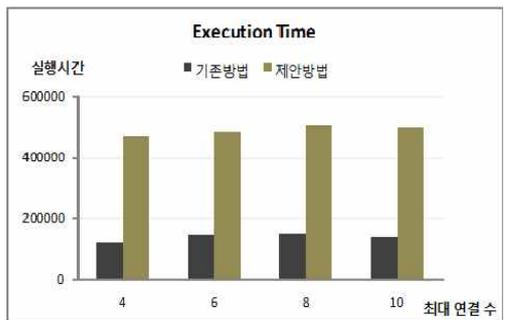


그림 11. 노드 당 최대 연결 수에 따른 실행 시간
Fig. 11. Execution time according to max connection per node

V. 결론

본 논문에서는 네트워크의 QoS에서 주요 고려 사항인 가중치 서비스 처리 네트워크의 구현 방안에 대하여 제안하였다. 비-다항 적 시간문제와 관련된 근사 스타이너 최소 트리

방법, 스케일된 그리드 방법, 그리고 최소 서비스 등급 보장 경로법을 결합한 SGOSST 방법은 다양한 형태의 통신 기기들의 서비스 요구를 만족시킬 수 있다. QoS 네트워크 생성을 위한 제안된 방법은 다항 적 문제의 실행방법인 가중치 최소 신장 트리 방법에 비해 실행시간은 비록 252.97% 더 증가하였으나 연결 비용은 5.11% 감소 시켰다. 따라서 생성비용이 네트워크 구성 요인 중 큰 비중을 차지하는 응용에 잘 적용될 수 있을 것이다.

본 논문에서 제안한 방법은 그리드 스케일링 인수를 0.001로, 가중치는 한 개로 한정하였다. 향후 연구 내용은, 제안된 기법을 기반으로 하여, 그리드 스케일링 인수의 역할 규명 및 조절을 통한 실행시간의 또는 연결 비용 감축률의 제어, 여러 개의 가중치를 고려한 확장된 SGOSST의 개발, 모바일 노드 또는 이동 경로로 모델링이 가능한 입력 선분에 대한 적용에 관한 연구, 그리고 최소 서비스 등급 보장 경로법의 개량 등이 될 것이다. 이를 통해 좀 더 현실적이고 유용한 문제에 대해 개선된 방법을 제시할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] T.H. Cormen, C.E. Leiserson, R.L. Rivest and C. Stein, "Introduction to Algorithms," 2nd Ed., MIT
- [2] F.K. Hwang, "A Primer of the Euclidean Steiner problem," *Annals of Operations Research*, Vol.33, pp.73-84, 1991
- [3] G.L. Xue, G.H. Lin. and D.Z. Du, "Grade of Service Steiner Minimum Trees in Euclidean Plane," *Algorithmica*, Vol.31, pp.479-500, 2001
- [4] S.Hong, Y.Won, "Optimal Channel Power Allocation by Exploiting Packet Semantics for Real-time Wireless Multimedia Communication," *Journal of IEEK*, Vol.47 CI, No1, pp.171-184, 2010
- [5] J.Kim, K.Shin, W.Yoon and S.Choi, "A Study on Multimedia Data Scheduling for QoS Enhancement," *Journal of IEEK*, Vol.46 CI, No5, pp.44-56, 2009
- [6] J.Kim, C.Han, "Characteristics and Methods of Bandwidth Allocation According to Flow Features for QoS Control on Flow-Aware Network," *Journal of IEEK*, Vol.45 TC, No9, pp.39-48, 2008
- [7] D.Kim, S.Kim, "Energy Efficient Routing Scheme for Wireless Sensor Networks," *Journal of KICS*, Vol.35, No5, pp.417-422, 2010
- [8] E.J. Cockayne and D.E. Hewgrill, "Improved computation of plane Steiner minimal tree," *Algorithmica*, Vol.7, pp.219-229, 1992.
- [9] S.Lee, C.Han, "A Study of Multicast Tree Problem with Multiple Constraints", *Journal of KSII*, Vol. 5, No.5, pp.129-138, 2004
- [10] B. Bell, "Steiner Minimal Tree Problem", <http://www.css.taylor.edu/~bbell/steiner/>, 1999
- [11] I. Kim and C. Kim, "An Enhanced Heuristic Using Direct Steiner Point Locating and Distance Preferring MST Building Strategy for GOSST Problem," *International Journal of Computer Science and Network Security*, Vol.7, No.2, pp.164-175, 2007
- [12] J. Kim, M. Cardei, I. Cardei and X. Jia, "A Polynomial Time Approximation Scheme for the Grade of Service Steiner Minimum Tree Problem," *Algorithmica*, Vol.42, pp.109-120, 2005.
- [13] M. Karpinski, I.I. Mandoiu, A. Olshevsy and A. Zelikovsky, "Improved Approximation Algorithms for the Quality of Service Multicast Tree Problem", *Algorithmica*, 42, pp.109-120, 2005

저 자 소개



김 인 범

1989 : 서울대학교 컴퓨터공학과 공학사

1991 : 서울대학교 컴퓨터공학과 공학 석사

2007 : 위스컨신주립대학 밀워키 컴퓨터 과학과 공학박사

현 재 : 김포대학 인터넷정보과 부교수

관심분야 : 네트워크, 데이터베이스

Email : ibkim@kimpo.ac.kr