

Simple Node 망에서 QoS 향상을 위한 다중경로 망 요약 기법

김남희* · 김변곤**

요 약

본 논문에서는 simple node 토폴로지의 망 정보를 효율적으로 요약함으로써 망에서의 호 성공률, 액세스 타임을 향상시켜 망의 전체적인 QoS를 향상시키기 위한 토폴로지 요약 기법을 제안하였다. 제안된 기법에서는 대역폭과 지연 파라미터를 중심으로 라인 세그먼트를 이용하여 경계노드 사이의 다중 경로 정보를 요약함으로써 토폴로지 요약 정보를 줄이고 다중링크 요약에 유연성을 부여하여 망의 성능을 향상시킬 수 있었다. 제안된 기법의 성능을 평가하기 위해 기존의 simple node 토폴로지 요약 기법과 호 성공률, 접근시간에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 비교·분석하였다.

Multi-path Topology Aggregation Scheme of Simple Node Topology for QoS Improvement

Nam Hee Kim* · Byun Gon Kim**

ABSTRACT

In this paper, we proposed topology aggregation method that efficiently aggregating topology information in simple node topology. And, it improved QoS of networks by improving call success rate and call access time. Proposed method can improving performance of network by decreasing aggregation information and aggregating multi-links information between boundary nodes using the line segment scheme within bandwidth and delay parameter. To evaluate performance of the proposed scheme, we compare/analyze the current method with the proposed scheme in respect to call success rate, access time.

Key words : Simple Node, Multi-path Aggregation

* 군산대학교 컴퓨터정보과학과

** 군산대학교 전자정보공학부

1. 서 론

거대한 통신망에서 링크 상태 정보를 요약하는 주된 이유는 두 가지를 들 수 있다. 첫째, 링크 상태 정보는 링크 상태 갱신을 하는 동안 극심한 복잡도를 피하기 위해 정보의 양을 줄여야만 한다. 특히 노드 수의 제곱으로 링크의 수가 증가하기 때문에 거대한 통신망에서는 반드시 이 작업이 필요하게 된다. 두 번째 이유는, 통신망 내부 토폴로지를 보안상의 이유로 숨겨야하는 경우이다. 목적하는 링크 상태 요약 방법은 다음과 같은 기준을 만족해야 한다. (i) 요약된 토폴로지는 유효한 라우팅과 네트워크 자원 할당을 위해 본래의 통신망 내부 토폴로지를 충분히 표현해야 한다. (ii) 제공되는 방법을 통하여 본래의 통신망 내부 토폴로지가 투명하고 의미 있게 압축되어야 한다[1]. 망 요약은 peer group 내부 토폴로지 정보를 하나의 가상 노드(LGN : Logical Group Node)로 요약하는 것이다. 토폴로지 요약정보는 LGN 노드 도달 정보, 다른 LGN과의 가상 논리 링크 상태 정보, LGN 내부 구조 및 상태 정보가 포함된다. 다른 LGN과의 가상 논리 링크 상태 정보는 망의 계층적인 구조에 따라 결정된다[2, 3]. 그러나, LGN 내부 구조 및 상태 정보는 토폴로지 요약 기법에 따라 정보량 및 정확성에 많은 차이가 나기 때문에 초기의 연구는 가상적인 내부 구조를 중심으로 이루어졌다[4]. LGN 내부 구조와 함께, 논리 링크 상태 파라미터는 QoS 라우팅과 밀접한 관련이 매우 중요한 연구 과제이다[5, 6, 8]. 또한, 하나의 논리 링크는 다중 경로의 링크 상태 파라미터를 요약한 것이므로, 논리 링크 요약 정보는 다중 경로의 다중 QoS 파라미터의 요약 정보라 할 수 있다. QoS 파라미터는 대역폭(bandwidth)과 지연 시간(delay)이 대표적이고, 그 외에도 지연 시간 지터(delay jitter), 비용(cost), 셀 손실률(cell loss probability), 망 운영자에 의해 할당되는 AW(Administrator Weight) 등이 있다. 다중 경로 및 다중

QoS 파라미터 요약 기법은 비례상수를 이용하거나 라인 세그먼트를 이용한다. 라인 세그먼트 요약 기법은 대역폭과 지연 파라미터를 가지고 다중 경로를 효과적으로 요약할 수 있다[7]. 본 논문에서는 simple node 토폴로지의 망 정보를 효율적으로 요약함으로써 망에서의 호 성공률, 액세스 타임을 향상시켜 망의 전체적인 QoS를 향상시키기 위한 토폴로지 요약(TA : Topology Aggregation) 기법을 제안하였다. 제안된 기법에서는 대역폭과 지연 파라미터를 중심으로 라인 세그먼트를 이용하여 경계노드 사이의 다중 경로 정보를 요약하였다. 라인 세그먼트 파라미터 값을 결정하기 위해서는 모든 경로를 찾아야 한다. 그러나 모든 경로를 찾기 위해서는 많은 시간이 필요하며 이렇게 찾아진 경로들 중에서 일부만이 라인 세그먼트 파라미터 값을 결정하기 위해 사용된다. 따라서 모든 경로를 찾는 대신 홑 카운트 기반의 깊이 우선방식을 사용하여 효율적으로 다중 경로를 탐색할 수 있도록 하였다. 즉, 정보량을 줄이고 다중 링크 요약에 유연성을 부여하기 위해 두 개의 라인 세그먼트를 이용하여 기존의 기법보다 향상된 효율적 simple node 망 요약 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 두 개의 라인 세그먼트를 이용하여 다중 링크 QoS를 표현하는 방식으로, 세 개의 점을 표현하기 위해서는 6개의 파라미터 필요하나 파라미터 수를 줄이기 위해 대역폭 파라미터를 중앙의 한 개로, 지연 파라미터 세 개를 가지고 요약함으로써 망의 유연성이 증가되고, 계산의 복잡도를 감소시켰다. 제안된 기법의 성능을 기존의 simple node TA 기법과 호 성공률, 접근시간에 대하여 각각 비교·분석하였다. 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서는 제안된 simple node TA 기법에 대해 기술하였고, 제 3장에서 시뮬레이션 변수 및 환경설정 등 모의실험을 위한 구성에 대해 기술하였다. 그리고 제안기법의 성능분석을 위하여 기존 기법과 액세스 타임, 호성공률에 대해 각각 비교·분석하였다.

2. QoS 향상을 위한 제안된 simple node 망 요약기법

2.1 simple node TA

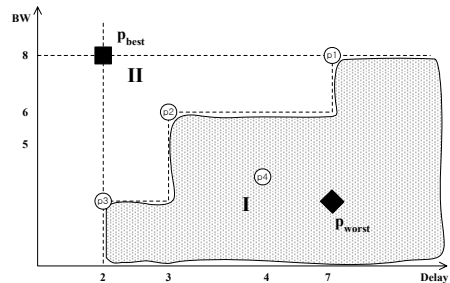
Simple node 망 요약 기법은 피어그룹 내부 토폴로지를 하나의 LGN으로 집약할 수 있다. 즉, N_p 개의 논리포트들을 연결하는 내부 논리링크가 하나로 집약되므로 이와 같은 경우 TA 정보의 크기를 가장 작게 해준다. 그러나 비대칭 토폴로지 정보를 적절하게 반영하지 못하고 본래의 PG의 다중 연결 특성을 요약하지 못한다. 또한 $2 \times N_p \times (N_p - 1)$ 개의 내부 링크 상태 정보를 하나의 내부 링크 상태 정보의 대표 값으로 요약해야 하므로 어떤 값을 사용하느냐의 선택이 쉽지 않다. 대부분 평균값을 쓰거나 가장 작은 값을 쓰게 되는데 경계 노드 사이의 논리 링크 상태의 QoS 파라미터가 비교적 고르게 분포되어 있을 때에는 커다란 압축 효과를 얻을 수 있다. 그러나 링크의 QoS 파라미터가 동적으로 변하고 동적변화에 대응하기 곤란한 방법이기도 하다. 또한 어떤 경계노드에서 다른 경계 노드로의 전송 대역폭 고갈로 인한 영향이 논리 링크의 상태 QoS 파라미터에 많은 영향을 주어 네트워크 자원을 효율적으로 사용하지 못하는 경우가 발생한다. 그럼에도 불구하고 크랭크 백을 이용한 PNNI 망 전체의 성능을 어느 정도 유지 할 수 있다. 또한, PNNI 라우팅 프로토콜의 오버헤드가 가장 적고 구현의 복잡도가 가장 간단하기 때문에 많이 이용되고 있는 기법이다[3, 5].

2.2 제안 TA 기법을 위한 수정된 라인세그먼트 기법

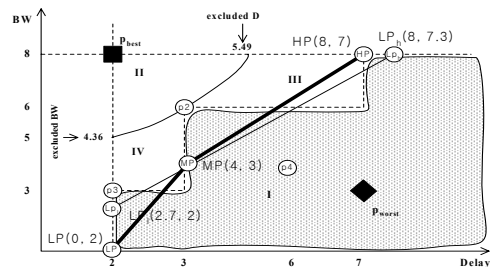
라인 세그먼트 기법은 다중 링크 QoS를 표현할 수 있고 다중 링크를 효과적으로 요약할 수 있는 방법으로 (그림 2)의 LPI 와 LPh를 결정하여 QoS 제공 파라미터 영역을 설정하는 방식으로 네 개의

파라미터를 가지고 다중 링크 QoS를 표현할 수 있으므로 다중 링크를 효과적으로 요약할 수 있는 방법이라 할 수 있다. 전과 지연과 제공 대역폭을 이용한 요약 기법이지만, 스위치에서 Fair Queueing 스케줄링 알고리즘을 이용하면 다른 QoS 파라미터를 구할 수 있으므로, 이를 이용하여 경로 선택 알고리즘에 적용하면 다중 QoS 파라미터를 이용한 경로 선택이 가능하다.

(그림 1)은 지연과 대역폭의 두 개의 파라미터를 동시에 고려할 경우 나타나는 라인세그먼트의 영역을 보여주고 있다. 4개의 경로의 비용이 p_1, p_2, p_3, p_4 로 표현하였다. 대역폭과 지연을 고려한 경우 가장 최적의 조합은 대역폭 8이고 지연은 2의 값을 갖는 P_{best} 고, 최악의 경우는 P_{worst} 와 같이 대역폭이 3이고 지연이 7인 경우이다. 영역 I은 QoS 요구사항이 이 영역을 만족할 경우 실제로 연결 요청이 수락되는 영역이고, QoS 요구사항



(그림 1) 다중 경로의 QoS 파라미터



(그림 2) 제안된 라인 세그먼트에서의 제공가능영역

이 영역 II인 경우는 실제 물리 경로상의 비용이 QoS 요구사항을 만족하지 못하게 됨으로써 거절되는 영역이다.

제안된 modified line segment 방식은 (그림 2)에서와 같이 세 개의 점 LP, MP, HP를 가지고 두 개의 라인 세그먼트를 이용하여 다중 링크 QoS를 표현하는 방식이다. 세 개의 점을 표현하기 위해서는 6개의 파라미터가 필요하나 파라미터의 수를 줄이기 위해 한 개의 대역폭 파라미터와 세 개의 지연 파라미터를 가지고 요약하였다. 즉, (그림 1)의 LP(0, ld), MP(Max BW/2, md), 그리고 HP(Max BW, hd) 세 개의 파라미터를 사용해 표현함으로써 하나의 라인 세그먼트와 같은 양의 정보를 가지고 두 개의 라인 세그먼트를 표현 할 수 있으므로 다중 링크 요약에 있어서 유연성을 제공할 수 있게 된다. (그림 2)에 제안된 modified line segment는 가장 간단하게 구할 수 있는 라인 세그먼트 방식을 나타낸 것으로 이는 라인 세그먼트를 결정하는 방식에 다양하게 적용시킬 수 있다. 본 논문에서는 제안된 라인 세그먼트 방식을 simple node TA 기법에 적용하여 기존의 simple node TA 보다 효율적인 TA기법을 제안하였다.

3. 제안된 simple node 망 요약기법

PG(peer group)의 토폴로지 데이터베이스는 node의 집합 V, 각 노드에서의 link의 집합 E로 구성되어 있다. PG내의 토폴로지 데이터 베이스를 가지고 모든 경로를 찾는 과정은 많은 루프가 필요하다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 논문에서는 모든 경로를 찾는 대신 홉 카운트 기반의 깊이 우선 방식을 사용한 알고리즘을 제안하였다. 다중 경로를 찾는 알고리즘은 다음과 같다.

sosNode, desNode, curNode, nextNode1,
nextNode2 : node

```
listNode : sorted by hopCount
listPath : sorted by delay
initialize :
    all node hopCount = 0, isDestination = false,
    state = false
    all desNode isDestination = true
    all sosNode.state = true and add in listNode

curNode = listNode.getHead

begin loop
    for each links in curNode
        begin
            nextNode1 = destination node of link
            if nextNode1.isDestination = true then
                continue
            if (nextNode1.hopCount =
                curNode.hopCount + 1
            and nextNode1.state = false) then
                add nextNode1 in listNode
                for each links in nextNode1
                    begin
                        nextNode2 = destination node
                            of link
                        if nextNode2.isDestination =
                            true then
                            addListPath (nextNode1,
                                nextNode2, link)
                            continue
                    end if
                if (nextNode2.hopCount = 0
                    and nextNode2.state = false) then
                    nextNode2.hopCount =
                        nextNode1.hopcount+1
                else
                    addListPath (nextNode1,
                        nextNode2, link)
                    direction of link1 is reverse
                    direction of link
                    addListPath (nextNode2,
                        nextNode1, link1)
```

```

    end if
  end for
  nextNode1.state = true
  for each links in nextNode1
    nextNode2 = destination node
                  of link
    if nextNode2.isDestination = true
      then continue
    if (nextNode1.hopCount =
        nextNode2.hopCount+1
        and nextNode2.state = false) then
      addListPath (nextNode1,
                  nextNode2, link)
    end for
  end for
  curNode = listNode.getHead
  if curNode = NULL then break loop
end loop

```

제안된 알고리즘은 같은 홉 카운트를 갖는 바로 이웃한 노드만을 경유하는 경로만을 추가하므로 빠르게 다중 패스를 찾을 수 있으며, 검색된 다중 경로 QoS 파라미터의 지연 파라미터에 의해 정렬되고, 다중 경로의 QoS 파라미터들 중에서 대표 파라미터를 찾아 이들을 이용하여 두 개의 라인 세그먼트 파라미터를 구할 수 있다. 지연과 대역폭 파라미터의 2차원 평면에서 대표 파라미터는 다음과 같이 정의할 수 있다.

정의 1 : A point (x, y) is more representative than a point (x', y') if they are not the same and $x \leq x'$ and $y \geq y'$

정의 2 : Given a set (S) of points in the delay-bandwidth plane, (x, y) is a representative of S if $(x, y) \in S$ and there is no other point $(x', y') \in S$ which is more representative than (x, y) , that is, for all $(x', y') \in S$, $x \leq x'$ or $y \geq y'$

이들 파라미터들은 지연 파라미터에 의해 정렬되어 있으므로 이들을 이용하여 두 개의 라인 세그먼트 파라미터를 구할 수 있다. 가능한 많은 영역을 포함할 수 있도록 두 개의 라인 세그먼트를 구했으며, 여러 가지 다양한 결정 방법이 있을 수 있겠지만 본 논문에서는 다음과 같은 간단한 방법을 사용하여 두 개의 라인 세그먼트 파라미터들을 구했다.

```

lowDelay = min (low delays of path in listPath)
highDelay = min (high delays of path in listPath)
maxBW = max (maximum BW of path in listPath)
for each paths in listPath begin
  if (path.maxBW  $\geq$  maxBW/2) then
    midDelay = path.midDelay
    break
  end if
end for

```

두 개의 라인 세그먼트는 $(lowDelay, 0)$ – $(midDelay, maxBW/2)$, $(midDelay, maxBW/2)$ – $(highDelay, maxBW)$ 와 같다.

본 논문에서는 모든 논리 링크가 포함하고 있는 공통 영역의 파라미터를 이용하여 QoS 파라미터를 구하였다. 공통 영역의 대역폭은 가장 작고 지연은 가장 큰 것을 의미하므로 다음과 같이 구할 수 있다.

```

lowDelay = max (link.lowDelays)
midDelay = max (link.midDelays)
highDelay = max (link.highDelays)
maxBW = min (link.maxBW)

```

그리고 마지막으로 망 요약 정보를 라우팅 프로토콜의 플러딩(flooding) 메커니즘을 이용해 모든 노드에 전파한다. TA 요약 정보를 가지고 라우팅 경로를 찾는 문제를 소스 노드 입장에서 살펴보면

소스 노드는 사용자로부터 연결 설정 요청이 들어 오면 목적 노드로의 경로를 찾아야 한다. 단일 파라미터를 이용하여 최적 경로를 찾을 수 있으나, 망의 특성을 고려하여 연결 설정 요청 QoS를 만족시킬 수 있는 경로 중에서 랜덤 선택방법이나 우선순위 기법을 이용한 경로 선택 방법을 이용하면 된다. 왜냐하면, 망의 토폴로지 데이터베이스는 주기적으로 갱신되는데, 토폴로지 데이터베이스가 갱신되는 주기 동안에는 같은 데이터베이스를 가지고 경로를 찾아야 한다. 그런데 최적 경로를 만을 찾아서 경로를 설정하면, 많은 호가 같은 경로로 할당될 가능성이 증가되고, 시간이 지나면 네트워크 자원이 모자라게 되므로 물론 크랭크 백을 통해 이를 보완하고 있지만, 경로를 설정하는 소스 노드나 PG의 경계 노드에서 호를 분산시킨다면 네트워크 자원을 더욱 효율적으로 사용할 수 있을 것이다.

4. 시뮬레이션 결과

4.1 시뮬레이션 환경

시뮬레이션에 적용된 알고리즘은 기존의 simple node와 제안된 방식의 TA를 적용한 방식을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 망은 여러 개의 PG와 PG를 구성하는 노드들로 구성되었으며, TA는 라우팅 시 경로 선택에서 링크의 지연시간 또는 대역폭을 기준으로 수행할 경우에 따라 시뮬레이션을 수행하여 call setup 성공률, 액세스시간을 비교 분석하였다. 시뮬레이션을 수행할 네트워크 모델은 3계층의 topology aggregation이 가능한 네트워크로서 최상위 PG가 3개이고, 150개의 물리노드와 760의 링크로 이루어졌다. 각 노드는 패킷 처리시 이를 처리하기 위한 노드에서 프로세싱시간이 패킷이나 프로세싱 종류에 따라 다르다. Hello 패킷처리는 프로세싱시간이 짧으나 PTSP 패킷의 생

성이나 라우팅과 같은 복잡한 종류의 프로세싱은 처리시간이 길다. 따라서 시뮬레이션시 각각 프로세싱에 따른 처리시간을 차등을 두어 결정하였다.

〈표 1〉 시뮬레이션 파라미터

시뮬레이션 환경 변수	값
PTSE refresh time	300~900 sec
Max Call setup time	100 sec
Max crankback 횟수	5회
Link bandwidth	155Mbps
Link delay	0.0001~0.0007 (sec)
Simulation time	5000 (sec)
Call arrival rate	0.009~0.016 (sec)
Mean call period	300 sec
Request bandwidth	1~3 Mbps
Request delay	10~100 msec

〈표 1〉은 시뮬레이션 파라미터를 보여준다. 네트워크 부하는 각 ES에 평균 호 발생을 설정하여 평균 호 발생율에 따른 포아송프로세스(poisson process)로 호가 생성된다. 호 설정이 성공하면 호는 지수 분포에 따른 호 지속 시간 동안 호 연결이 수락된다. PTSE 갱신 시간에 따라 각 노드의 토폴로지 데이터베이스의 정확도가 결정된다고 볼 수 있다. PTSE 갱신시간이 짧을수록 데이터베이스 정보의 정확도가 높으나 PTSP 및 플러딩에 따른 노드와 망의 부하가 높아진다. 본 시뮬레이션에서는 PTSE 갱신시간을 300초에서 900초 사이로 설정하면서 수행하였다.

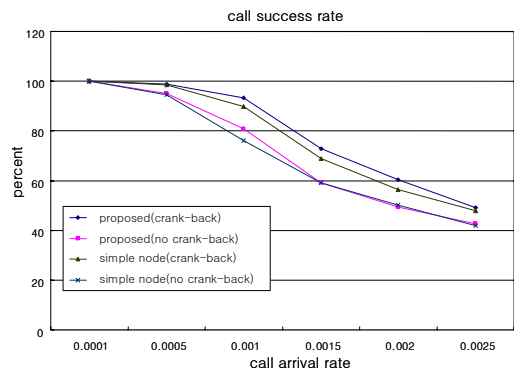
4.2 성능평가

제안한 기법의 성능을 평가하여 상기 기술한 바와 같은 시뮬레이션 환경에서 기존의 simple node TA 기법과 제안된 방식을 적용한 TA 기법에 대해 각각 call access time, call success rate에 대해서

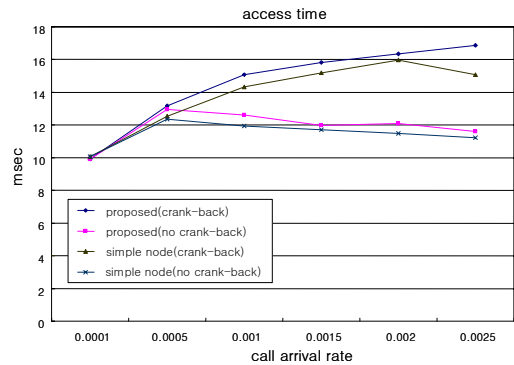
컴퓨터시뮬레이션을 통하여 성능을 비교하였다. 여기에서 PTSE refresh time은 900 sec이고 crank-back이 적용되었을 때와 적용되지 않았을 때에 대해 분석하였으며, 입력 트래픽은 균일하고, PTSE refresh time는 발생 호의 평균 지속 시간의 약 3 배에 해당한다. (그림 3)과 (그림 4)는 기존 기법과 제안기법에 대해 크랭크백이 적용되었을 때와 적용되지 않았을 때를 고려하여 call access time과 call success rate를 비교한 것으로, 크랭크 백이 없는 경우는 크랭크 백이 있는 경우에 비해 성능이 많은 차이를 보이고 있는데 이는 크랭크 백이 라우팅 프로토콜에서는 아주 중요한 변수가 된다는 것을 알 수 있다. 크랭크 백이 많아질수록 네트워크 자원을 많이 소모하고 시그널링 오버헤드가 증가하는 단점이 있지만 그룹 내의 토폴로지 요약 정보를 이용하고, 실제의 링크상태 정보를 이용한 경로설정이 가능하지 않다면 크랭크백은 꼭 필요한 과정이라고 할 수 있다. 다만 crank back rate를 줄이기 위해 가능한 호의 경로 설정을 분산시킬 수 있는 방안의 연구도 병행되어야 할 사항이다. 크랭크 백이 없는 경우에는 성공률이 낮아지지만 정도를 줄일 수 있는 방안은 호의 경로를 분산함으로써 가능하고, 다만 크랭크 백이 없는 경우 호 설정 시간이 작게 나타나고 있는데 이는 당연한 결과라 볼 수 있다.

그림에서 볼 수 있듯이 기존의 기법보다 제안기법이 액세스 시간과 호 성공률에서 더 좋은 성능을 보이고 있는데 이는 제안된 기법이 노드의 라우팅 테이블 정보에서 LGN 내부를 포함한 논리링크의 QoS 파라미터 범위를 가지고 있기 때문에 QoS 제공 가능한 경로를 설정하는 데 있어 더 많이 분산시킬 수 있기 때문이다. 또한, 기존의 단순 노드 요약정보는 특정링크나 논리링크의 폭주상황에 영향을 많이 받는 단점이 있는데 제안한 다중 링크 요약기법을 적용 했을 때 그 영향을 많이 줄일 수 있다는 사실을 알 수 있다. 또한, 제안된 TA 기법은 같은 적은 정보량을 가지고 있는 구조에서

QoS 파라미터의 제공 범위를 유연하게 결정할 수 있는데 이는 적은 정보량의 단점을 보완할 수 있다. 즉, 기존 단순 노드 TA 기법의 요약 정보는 특정 링크나 논리 링크의 폭주상황에 영향을 많이 받는 단점이 있는데, 본 논문에서 제안한 다중 링크 요약 기법을 이용하면, 범위가 영향을 받으므로 그 영향을 많이 줄일 수 있다.



(그림 3) 호성공률(크랭크백이 있는 경우와 없는 경우)



(그림 4) 액세스타임(크랭크백이 있는 경우와 없는 경우)

5. 결 론

본 논문에서는 다중 경로 링크 aggregation을

위해 라인 세그먼트 기법을 이용한 TA 기법을 제안하고, 시뮬레이션을 통하여 기존의 기법과 비교하여 성능을 분석하였다. 제안한 기법은 하나의 라인 세그먼트를 표현하는 데 필요한 정보를 가지고 두 개의 라인 세그먼트를 표현함으로써, 다중 링크 요약에 유연성을 제공하였다. 제안하는 기법은 대역폭과 지연 파라미터를 중심으로 TA 기법을 제안하였고, 다중 경로를 찾기 위해 홉 카운트를 기반으로 하여 다중 경로를 찾을 수 있도록 하였다. 제안된 알고리즘은 같은 홉 카운트를 갖는 노드를 경유하는 경로만을 다중 경로에 포함시킴으로써, 빠르게 다중 경로를 찾을 수 있으며, TA 과정뿐만 아니라, 호 설정을 위한 경로 검색 알고리즘으로 활용할 수 있다. 또한, 다중 경로 중에서 QoS 파라미터를 만족하는 경로들을 검색하고 이중에 하나를 선택하여 경로를 설정하면 경로의 분산 효과도 기대할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] Y. Tang and S. Chen, QoS information approximation for aggregated networks, in : IEEE International Conference on Communications, ICC 2004, Paris, France, pp. 2107-2111, 2004.

[2] A. R. Ragozini, et al., "Analysis of the Performance of a Hierarchical PNNI Network", Proceedings of the 1999 2nd International Conference on ATM, 1999.

[3] W. Lee, "Topology Aggregation for Hierarchical Routing in ATM Networks", Computer Communication Review, Apr. 1995.

[4] T. Korkmaz and M. Krunch, "Source-oriented topology aggregation with multiple QoS parameters in hierarchical ATM networks",

IEEE, pp. 137-146, 1999.

[5] King-Shan Lui and Klara Mahrstedt, "Topology Aggregation of Bandwidth-Delay sensitive Networks", IEEE, 1999.

[6] Y. Yoo, S. Ahn, and C. Kim, Link state aggregation using a shufflenet in ATM PNNI networks, IEEE ICC'2001, 2001.

[7] Z. Li and P. Mohapatra, QRON, "QoS-Aware routing in overlay networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 22, No. 1, pp. 29-40, 2004.

[8] M. P. Howarth, P. Flegkas, G. Pavlou, N. Wang, P. Trimintzios, D. Griffin, J. Griem, M. Boudcadair, A. Asgari, and P. Georgatsos, "Provisioning for interdomain quality of service : the MESCAL approach", IEEE Communications Magazine, pp. 129-137, 2005.



김 남 희

1992년 군산대학교 정보통신공학과(공학사)
 1994년 전북대학교 전자공학과(공학석사)
 1997년 전북대학교 전자공학과(공학박사)

2002년~현재 군산대학 컴퓨터정보과학과 부교수



김 변 곤

1990년 한국항공대학교 항공전자공학과(공학사)
 1997년 전북대학교 전자공학과(공학석사)
 2001년 전북대학교 전자공학과(공학박사)

2005년~현재 군산대 전자정보공학부 조교수