

# 무선 Ad-hoc 네트워크 환경에서 DAG을 이용한 QoS 라우팅 기법

김정희<sup>o</sup> 김현호 강용혁 엄영익  
성균관대학교 정보통신공학부  
명지전문대학교 컴퓨터정보과  
극동대학교 경영학부

{kimjh<sup>o</sup>, must}@ece.skku.ac.kr, yhkang@kdu.ac.kr, yieom@ece.skku.ac.kr

## QoS Routing Mechanism by using DAG in the Mobile Ad-hoc Network Environments

Jung Hee Kim<sup>o</sup> Hyun Ho Kim Yong-hyeog Kang Young Ik Eom  
School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University  
The department of Computer Science and Information, Myongji College  
School of Business Administration, Far East University

### 요약

무선 ad-hoc 네트워크는 중앙 집중화된 관리 시스템이나 지원 서비스 없이 동적으로 임시 네트워크를 구성하는 이동 호스트(MH)들의 집합이다. 이러한 네트워크는 백본 호스트나 다른 MH로의 연결을 제공하기 위한 고정된 제어장치를 갖지 않으며, 각 MH가 라우터로 동작하며 전달받은 패킷을 다른 MH로 전달한다. 이러한 무선 ad-hoc 네트워크에서 단순히 최선의 서비스만을 제공하던 기존의 방법과 달리, 많은 사용자가 요구하는 QoS 서비스를 지원하기 위하여 기존 네트워크를 효율적으로 최대 활용하는 방안에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 무선 ad-hoc 네트워크 내에서 QoS 서비스를 제공하기 위한 기법으로 각각의 이동 호스트들은 QoS DAG 그래프를 유지하며 이러한 그래프를 바탕으로 만들어진 QoS 정보 패킷을 이웃 이동 호스트들에게 지역 브로드캐스트 함으로써 전역적인 QoS 정보의 검색과 운용없이, 유용한 QoS 정보를 전역적으로 각 이동 호스트가 유지할 수 있고 이를 바탕으로 효율적인 QoS 라우팅이 수행되어지는 기법이다.

### 1. 서론

무선통신 기술의 발전에 따라 사용자의 서비스에 대한 요구가 다양해지는 동시에 서비스의 품질에 대한 요구가 높아지고 있다. 특히 멀티미디어 서비스의 도입에 따라 화상 전송과 같은 넓은 대역폭을 요구하는 서비스와 실시간 서비스를 요구하는 서비스가 많이 도입되었다. 이에 따라 단순히 최선의 서비스만을 제공하던 기존의 방법과 달리, 많은 사용자가 요구하는 서비스를 지원하기 위하여 네트워크를 확장하는 동시에 기존 네트워크를 효율적으로 최대 활용하는 방안에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 이러한 요구는 무선 ad-hoc 네트워크 환경에서도 요구 되어지고 있다. 무선 ad-hoc 네트워크는 중앙 집중화된 관리 시스템이나 지원 서비스 없이 동적으로 임시 네트워크를 구성하는 이동 호스트(MH)들의 집합이다. 이러한 네트워크는 백본 호스트나 다른 MH로의 연결을 제공하기 위한 고정된 제어장치를 갖지 않으며, 각 MH가 라우터로 동작하며 전달받은 패킷을 다른 MH로 전달한다[2].

본 논문에서는 각각의 이동호스트들이 자신의 갖고 있는 QoS 정보를 QoS DAG(Direct Acycle Graph)에서 유지하도록 하며 인접하는 이동 호스트들끼리 자신의 유지하는 QoS 정보를 로컬 브로드캐스트로 주고 받아서 자신의 유지하는 QoS 정보를 갱신하도록 한다. 이러한 QoS DAG을 이용하여 사용자로부터 QoS 요청이 왔을 때 QoS DAG을 이용하여 효율적이며 빠르게 QoS 경로를

를 검색할 수 있도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무선 ad-hoc 네트워크 환경에서 MH의 QoS 서비스를 보장하기 위한 기존 연구를 소개하고, 3장에서 MH의 DAG 그래프 유지와 이웃 MH에게 지역 브로드캐스트 하기위한 QoS 정보 패킷에 대해서 설명하며, QoS 라우팅을 위한 분산 알고리즘을 설명하며, 제안기법의 성능에 대하여 기술한다. 4장에서는 제안기법의 결론과 향후 연구 과제를 기술한다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 QoS의 소개

QoS의 목적은 네트워크 상에서 서비스의 품질과 성능을 보장하여 사용자의 요구를 충족시키는 것이다. 이렇게 함으로써 네트워크 상에서 전달되는 정보는 더 만족스럽게 전달되어질 수 있고 네트워크 자원은 더 유용하게 이용되어 질 수 있다. 네트워크와 서비스 제공자는 사용자에게 차별화된 서비스를 제공할 수 있다. 여기서 하나의 QoS 서비스는 최소의 대역폭(BW), 최대지연, 최대지연 변동(variance), 최대 패킷 손실을 등과 같은 측정될 수 있는 미리 명시된 서비스 요구사항들의 집합으로 특성화되어 질 수 있다.

사용자로부터 서비스 요청을 수락한 후에, 첫 번째 해야 하는 일은 요구하는 서비스의 QoS 요구사항을 충족시킬 수 있도록(필요한 자원을 가진) 소스에서 목적지까지

지의 적당한 Loop-free 경로를 찾는 것이다. 이러한 과정을 QoS 라우팅이라고 한다. 적당한 경로를 발견한 후에, 자원 예약 프로토콜이 경로를 따라 필요한 자원을 예약하기 위해 사용되어진다. QoS의 보장은 오직 적당한 자원 예약기법에 의해 제공되어 질 수 있다 [3]. QoS 라우팅은 QoS 정보를 가지고 라우팅하는 단계와 QoS를 만족하는 경로를 찾는 단계를 포함한다[4].

2.2 QoS 라우팅 프로토콜

QoS 라우팅 프로토콜은 QoS 요구사항의 데이터 흐름을 만족시키기 위하여 충분한 자원을 가진 경로를 찾는다. 자원의 유용성 관련 정보는 QoS 라우팅 프로토콜을 보조하는 자원관리 모듈에 의해서 다루어진다. QoS 라우팅 프로토콜은 자원을 최소한으로 소비하는 경로를 찾아야 한다. QoS 매트릭은 additive 매트릭, concave 매트릭, multiplicative 매트릭으로 분리되어 질 수 있다. Concave 매트릭에서 적당한 경로를 발견하는 것은, 각 링크에서 이용할 수 있는 자원이 매트릭의 요구되는 값과 최소한 같아야 한다. 대역폭은 concave 매트릭이다. 반면 cost, delay, delay jitter는 additive 매트릭이다. 링크의 reliability 또는 availability는 multiplicative 매트릭이다[3].

QoS 라우팅을 보조하기 위하여 토폴로지 정보는 무선 ad-hoc 네트워크 노드에서 유지되어 질 수 있다. 토폴로지 정보는 링크 상태 갱신 메시지를 받음으로서 새롭게 해야 하지만 이것은 네트워크 자원인 대역폭을 소비하게 된다. 동적으로 다양하게 변화하는 네트워크 위상은 위상 정보가 부정확하게 되는 원인이 될 수 있다. 유선에서는 매우 드물게 링크가 다운되는 것과 비교했을 때 무선 ad-hoc 네트워크에서는 이러한 네트워크 위상의 변화에 대응할 수 있어야 한다. ad-hoc 네트워크에서 QoS 요구사항을 만족시키려면 네트워크 위상이 변화가 생겼을 경우 경로가 재구성되는 것이 필요하며, QoS 라우팅 프로토콜은 위상 변화에 빠르게 대응하여 파손된 경로를 재구성하거나 QoS 수준을 낮추지 말고 파손된 경로를 우회할 수 있어야 한다[3].

3. QoS DAG을 이용한 QoS 라우팅 기법

3.1 개요

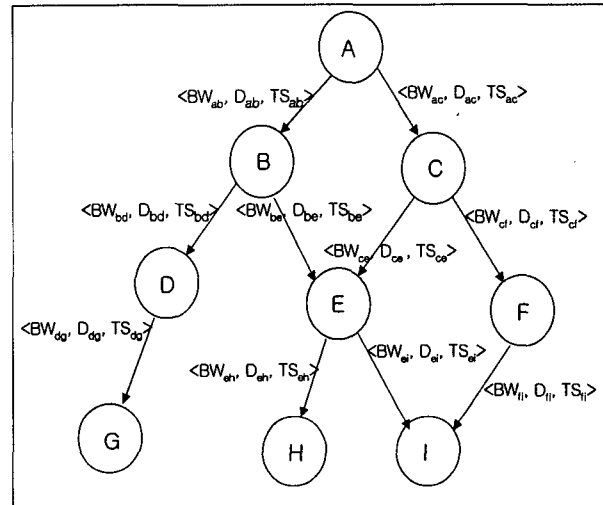
본 논문에서는 이동 호스트들끼리 QoS 정보를 주고 받고 이를 QoS DAG 그래프로 유지하며, 이 그래프를 통해 QoS 서비스를 수행하기 위한 경로 설정이 가능하도록 다음과 같은 원리를 가지고 설계되었다[5].

- 1) 각각의 MH는 자원의 효율적인 관리와 QoS 요구사항을 만족시키기 위하여 QoS 정보를 가진 경로를 QoS DAG 그래프로 유지한다.
- 2) 각 MH는 이웃 MH들에게 QoS DAG을 바탕으로 만들어진 QoS 정보 패킷을 지역 브로드캐스팅(local broadcasting)하며, 이러한 정보가 이웃 노드의 QoS DAG에 갱신되도록 하며 이 정보가 다시 이웃 MH들에게 브로드캐스팅 되게 함으로써 전연적인 QoS 정보를 DAG 그래프로 유지하게 한다.
- 3) 각 MH가 라우팅 경로를 설정할 때 QoS DAG에서

QoS 요구사항을 만족시키는 경로를 찾아서 사용한다.

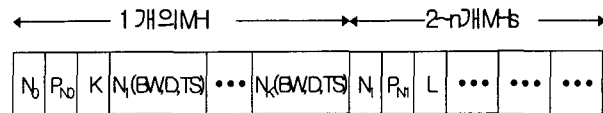
3.2 QoS DAG과 QoS 정보 패킷의 구현방법

본 논문에서 각 MH는 QoS DAG 그래프를 유지하며, 이 그래프는 MH 자신의 QoS 정보와 다른 MH들의 QoS 정보도 함께 가지고 있다. 임의의 MH는 현재의 QoS DAG 그래프를 이용하여 이웃 MH로 전송할 QoS 정보 패킷을 만든다. 이 패킷은 이웃 MH로 전송할 QoS 정보를 포함하고 있다.



[그림 1] QoS DAG의 예

[그림 1]은 QoS DAG의 예이다. 임의의 MH A가 유지하고 있는 QoS DAG 그래프이다. MH A는 패킷을 전송할 때 이 그래프를 이용하여 경로를 설정한다. 여기서  $BW_{ab}$ 와  $D_{ab}$ 와  $TS_{ab}$ 는 각각 AB 링크의 대역폭과 지연시간(Delay) 및 마지막으로 갱신된 시간이다. 이러한 DAG 그래프를 유지하기 위하여 MH들은 자신의 그래프를 관리하며 주기적으로 필요한 시기에 QoS 정보 패킷을 이웃 MH들에게 브로드캐스트 한다. 이러한 QoS 정보 패킷은 DAG 그래프를 바탕으로 만들어진다. [그림 3]은 QoS 정보 패킷의 형식이다.



[그림 2] QoS 정보 패킷의 형식

[그림 2]에서 첫 번째 MH의 구성은 다음과 같다. MH의 ID( $N_0$ ), MH의 부모 MH( $P_{n0}$ ), MH가 자식 MH를 가리키고 있는 포인터의 총 개수( $K$ ), 그리고  $N_0$ 와 자식 MH( $N_1$ )와의 링크인데 대역폭과 지연시간과 마지막으로 갱신된 시간도 포함된다. 그 뒤로는 자식 MH만큼의 링크들로 구성된다. 예를 들어  $K$ 가 3이면 대역폭과 전송지연을 포함하는 3개의 링크로 구성된다. 두 번째 MH의

구성부터는 첫 번째 MH의 구성을 따른다.

3.3 QoS DAG을 이용한 QoS 라우팅 알고리즘

[그림 3]은 임의의 MH가 QoS DAGP 메시지를 받았을 때 처리하는 알고리즘이다. 메시지를 받은 MH는 먼저 QoS DAGP을 이용하여 MDAG을 구성하며 이 DAG을 BFS로 탐색하면서 현재 MH가 유지하는 QoS DAG을 최신 정보로 갱신한다. 이 알고리즘은 우선 노드 정보부터 처리한 후에 링크정보를 처리하는 순으로 처리되며 아직 링크정보를 모르는 것은 가장 오래된 정보로 만들어서 링크 정보를 처리할 때 갱신되도록 한다.

```

When an MH receives QoS DAGP from the neighbor MH

Make the MDAG using the QoS DAGP;
for (each MDAG entry)
    the visited field of the entry is set to false;
set the visited field of root MH in the MDAG to true;
insert the root MH entry of message DAG into the BFSQ;
/* the entry type is (V, null) */
While(the BFSQ is not empty)
{
    entry (V, Pv) = dequeue from BFSQ;
    /* V is an MH, Pv is the parent MH of V */
    for (each child of V) {
        if (the visited field of the child = false) {
            set the visited field of the child to true;
            Insert the entry of the child into the BFSQ;
        }
    }
    Insert the entries of all links of V into the LINKQ;
    /* the link entry type is (V, U, BWw, Dw, TSw) */
    if (∃V in the QoS DAG) {
        if (Pv = null) {
            make the link entry between V and the root the oldest;
            append V as the child of the root in the QoS DAG;
        } else {
            make the link entry between V and Pv the oldest;
            append V as the child MH of Pv in the QoS DAG;
        }
    }
    for (each link entry of V dequeued from LINKQ) {
        if (QoS DAG has the same link of the link entry of V) {
            if (the link entry is younger than that of QoS DAG)
                substitute the link entry for that of QoS DAG;
        } else {
            make the entry of node as the child of V by the link;
            append the link entry and the node entry to QoS DAG;
        }
    }
}
}
    
```

[그림 3]. MH가 QoS DAGP을 받았을 때 처리하는 알고리즘

본 논문에서 제안하는 기법은 다른 기법에 비해 세가지 항목에서 성능 향상을 예상할 수 있다. 첫째로 QoS

라우팅을 위해 전역적인 메시지 전송이 필요한 프로토콜 [6]과 달리 지역적인 브로드캐스트로도 전역적인 QoS 설정 정보를 유지하여 QoS 설정 정보를 위한 메시지 소비에서 효율적임을 예측할 수 있다. 두 번째로 제안 기법은 QoS 라우팅 설정 시에 QoS DAG을 통해 빠르게 검색하고 설정함으로써 QoS 라우팅 설정 시간을 줄일 수 있음을 예측할 수 있다. 마지막으로 제안 기법은 각 MH가 QoS DAG을 유지함으로써 위상 변화에 신속하고 효율적으로 대응할 수 있음을 예측할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 무선 ad-hoc 네트워크 내에서 QoS 서비스를 제공하기 위한 기법으로 각각의 이동 호스트들은 QoS DAG 그래프를 유지함으로써 효율적인 QoS 라우팅을 수행하는 기법을 제안하였다. 제안기법에서는 QoS DAG 그래프를 바탕으로 만들어진 QoS 정보 패킷을 이웃 이동 호스트들에게 지역 브로드캐스트 함으로써 전역적인 QoS 정보의 검색과 관리 없이, 유용한 QoS 정보를 전역적으로 각 이동 호스트가 유지할 수 있는 기법이다.

본 논문의 향후 연구과제로는 제안 기법을 다양한 환경에서 모델링하고 신뢰성 있는 시뮬레이션 도구를 통해 성능을 평가하는 것이다. 또한 QoS DAG을 통해 검색된 QoS 경로가 많을 경우 어떤 경로를 설정하도록 하는 것이 효과적인지를 연구할 예정이다.

참고문헌

- [1] Jin Wook Jung, Computer Networks, Life and Power Press, 2002.
- [2] C. E. Perkins, Ad Hoc Networking, Addison Wesley, 2001.
- [3] C. Siva Ram and Murthy, B. S. Manoj, Ad Hoc Wireless Networks: Architectures and Protocols, Prentice Hall, 2004.
- [4] Geroge N. Aggélou, "An Integrated Planform for Quality-of-Service Support in Mobile Multimedia Clustered Ad Hoc Networks," in The Handbook of Ad hoc Wireless Networks, Edited by Mohammad Ilyas, CRC Press, 2003.
- [5] Hyun Ho Kim, Jung Hee Kim, Young-hyeog Kang, and Young Ik Eom, "An Energy-Tree based Routing Algorithm in Wireless Ad-hoc Network Environments," 15th Intl. Workshop on Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation, PATMOS, Belgium, 2005.
- [6] Charles E. Perkins, Elizabeth M. Belding-Royer, "Quality of Service in Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing," IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-qos-02.txt, Nov. 2003.