

이동 Ad hoc 네트워크를 위한 QoS 모델 프레임워크

*홍 홍 표, 김 택 훈, 석 정 봉
연세대학교 전산학과

yoguru@empal.com, howstudy@howstudy.net, jbsuk@dragon.yonsei.ac.kr

Framework of QoS Model for Mobile Ad hoc Networks

*Heung-Pyo Hong, Taek-Hoon Kim, Jung-Bong Suk
Dept. of Computer Science, Yonsei University

요약

Ad hoc 네트워크에 대한 상업적인 관심이 지속적으로 증가함에 따라, 최근 Ad hoc 네트워크에 QoS (Quality of Service)를 지원하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 지금까지의 연구는 대부분 QoS 기반 라우팅 프로토콜과 자원 예약 (resource reservation) 그리고 QoS MAC (Medium Access Control) 프로토콜에 관한 것이었다. Ad hoc 네트워크에 QoS를 제공하기 위해서는 위의 요소들이 상호 협력하여 동작하고 Ad hoc 네트워크의 특성이 충분히 고려된 QoS 모델에 관한 연구가 절실히 필요하다. 본 논문에서는 Ad hoc 네트워크에서 종단 사용자간 (end-to-end) QoS를 제공하기 위한 서비스 모델의 설계와 구현방법에 대해 제안하였다.

I. 서론

인터넷의 급속한 성장 속에서 지금까지 사용자의 인터넷 이용은 유선을 통한 제한된 공간에서 이루어졌다. 그러나 정보 통신 기술의 발달과 함께 다양한 이동통신 기기들이 등장함에 따라 사용자는 시간과 공간의 제약 없이 인터넷을 자유롭게 이용하게 되었다. 무선 단말기를 이용한 멀티미디어 데이터의 끊임없는 전송 요구가 증대되면서, 기지국이나 액세스 포인트가 설치되어 있지 않은 지역에서도 이동성을 가진 단말기간에 직접 통신을 해줄 수 있는 이동 Ad hoc 네트워크 (Mobile Ad hoc Networks : MANET)가 주목받고 있다.

Ad hoc 네트워크에서도 유선 네트워크에서와 마찬가지로 종단 사용자 (end-to-end user)간의 통신에서 서비스 품질 (Quality of Service)의 제공이 매우 중요한 서비스 요구조건으로 대두되고 있다. Ad hoc 네트워크는 모든 단말기가 이동성을 가지며, 링크의 용량이 수시로 변하고, 제한된 파워와 고정된 인프라가 없다는 점 등 기존의 유선 네트워크와는 다른 특성을 가지고 있으므로, 기존의 백본 네트워크를 위한 QoS 제공 방법과는 다른 방안이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 Ad hoc 네트워크의 특성을 고려한 새로운 QoS 모델의 요구조건과 구현방법에 대해 제안하였다. 먼저 2장에서는 Ad hoc 네트워크의 특성에 대해서 알아보고, 3장에서는 기존의 유선 백본 네트워크에서 QoS를 보장해 주기 위한 서비스 모델에 대해서 살펴볼 것이다. 4장에서는 Ad hoc 네트워크를 고려한 QoS 모델 설계시 요구조건에 대해서 설명하고, 5장에서 그 구현 방법에 대해 기술한다. 6장에서는 향후 연구 방향에 대해 이야기할 것이다.

II. Ad hoc 네트워크

2.1 Ad hoc 네트워크의 특성

Ad hoc 네트워크는 기지국 혹은 AP에 의한 중앙 집중화된 관리나 표준화된 지원 서비스 없이 일시적으로 네트워크를 구성하는 무선 이동 단말기들의 집합이다. Ad hoc 네트워크는 그 특성상 임시 구성 망이나 재해, 재난 지역이나 전쟁터와 같이 기존의 기반 시설을 이용할 수 없는 환경에 적용하는 것으로 인식되어, 초기에는 주로 군사용이나 대체(Backup) 네트워크용으로

로 활용하는 방안이 활발히 연구 되었다. 그러나 최근에는 Ad hoc 네트워크에 대한 상업적인 관심이 높아지면서 무선 사실망과 구내 통신망에 Ad hoc 네트워크 기술을 적용하기 위한 기술 개발과 연구가 활발하게 진행되고 있다.

Ad hoc 네트워크는 유선 백본 네트워크와 구별되는 여러 특성을 갖는데, 이것은 무선 네트워크가 갖는 특성과 거의 유사하다. 그러나 이동 단말기만의 집합체인 Ad hoc 네트워크는 더욱 더 다음과 같은 특성에 민감하게 영향을 받을 수밖에 없다. 첫 번째로 동적인 위상문제로 단말기들만으로 이루어진 Ad hoc 네트워크는 단말기들의 이동성을 충분하고도 만족스럽게 지원해야 한다. 이러한 단말기들의 이동은 임의의 방향과 속도로 움직이기 때문에 전형적인 다중 흐름의 특성을 갖는 Ad hoc 네트워크의 위상은 빠르고도 예측할 수 없게 변할 수 있다. 두 번째로 무선 주파수 사용으로 인한 무선 대역의 제한, 가변 용량, 비대칭 링크를 들 수 있다. 유선 환경의 고정 네트워크에 비해 무선 링크만을 사용하는 Ad hoc 네트워크는 훨씬 낮은 용량의 특성을 가지고 있다. 또한 무선 링크에서의 비대칭 링크는 데이터 전송 지연과 같은 심각한 문제가 발생할 수 있다. 현재 Ad hoc 네트워크를 지원하는 많은 라우팅 프로토콜은 비대칭 링크보다는 대칭 링크를 가정하는 경우가 많다. 세 번째 특성은 배터리 운용 제약이다. 이 문제는 모바일 산업 전체적인 문제점이나, Ad hoc 네트워크에서는 모든 단말기들이 배터리에만 의존하고 있기 때문에 더욱 더 많은 제약을 받는다. 이러한 이유로 단말기들의 전력 소모는 가장 중요할 설계 기준의 한가지이다.

2.2 Ad hoc 네트워크를 위한 QoS 모델 설계시 요구 조건

지금까지 Ad hoc 네트워크에 QoS를 지원해주기 위한 연구는 라우팅 프로토콜 분야로 집중되어 왔다. 왜냐하면, Ad hoc 네트워크에서 이동 단말간에 높은 효율의 통신을 제공하기 위해서는 효과적이고 잘 정의된 라우팅 기법이 우선 요구되었기 때문이다. 하지만, Ad hoc 네트워크를 위한 QoS 모델을 설계할 때는 앞서 살펴보았던 단말기들의 이동으로 인한 망 형태의 동적인 변화, 시간의 흐름에 따른 링크 용량의 변화, 단말기 전력이 제한되어 있다는 점 등과 같은 Ad hoc 네트워크가 가지는 고유한 특성을 충분히 고려하여야 한다. 또한, Ad hoc 네트워크가 독립적으로 구성되는 네트워크이지만 장치 유선 백본 네트워크로 구성된 인터넷에 자연스럽게 연결될 필요가 있기 때문에 유선 인터넷 네트워크를 위한 QoS 아키텍처들을 고려하여야 한다. 마지막으로, 네트워크 상에서의 전송지연, 대

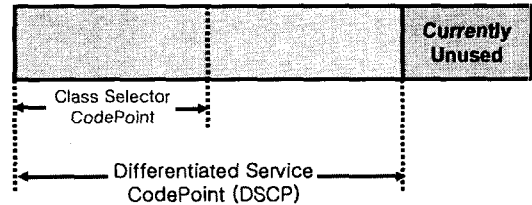
역폭, 비용, 손실율과 에러율과 같은 링크 상태 정보들이 사용가능하여야 하며 또한 관리 가능하여야 한다.

III. Differentiated Service (DiffServ)

DiffServ 구조는 [1] 이종의 네트워크 환경에서 차별화된 서비스를 제공하고자 할 때 확장성 있는 QoS 프레임워크를 제공한다.

DiffServ 구조는 각각의 IP 패킷 흐름별로 서로 다른 QoS를 제공하자는 것이 아니라, 어떤 흐름 집합을 한 단위로 하여 각 집합별로 QoS를 제공하겠다는 개념이다. 또한 복잡한 트래픽 조절 기능들을 모두 네트워크 가장자리 (edge node)에서만 일어나게 하고 네트워크 내부 (core node)에서는 아주 간단한 패킷 전달 기능만이 수행되도록 하였다.

DiffServ 네트워크의 경계 라우터는 IP 패킷이 중간 경유 라우터에서 어떠한 방식으로 전달될지를 구분하여 이것을 IPv4인 경우 ToS (Type of Service) 필드에, IPv6인 경우 Traffic Class 필드에 표시를 하게 된다. 이렇게 표시되는 ToS 필드를 DiffServ에서는 DS 필드 (Differentiated Services Field)라고 부르고 여기에 DSCP (Differentiated Service CodePoint)를 [그림 1]과 같이 정의하였다.



[그림 1] DSCP (Differentiated Service CodePoint)

DiffServ 네트워크 경계 라우터는 이렇게 특정 값으로 설정된 DSCP 값을 가지고 적절한 포워딩 (PHB) 기능을 수행하게 된다. PHB (Per Hop Behavior)는 다중 흐름으로 이뤄진 네트워크에서 라우터들이 홉 사이에서 패킷을 처리하기 위한 정보를 정의한 것으로 큐잉, 스케줄링, 버림 우선순위 등을 표시하는데 이용한다.

DiffServ의 PHB에는 최선형 서비스에 더하여 AF PHB, EF PHB 등이 정의되었다. EF PHB (Expedited Forwarding PHB)는 손실률, 지연, 지터 등이 낮고 일정 대역폭을 보장하여 중단간 서비스를 제공하는 가상 임대회선 서비스를 제공하고자 하는 것이다. AF PHB (Assured Forwarding PHB)는 EF PHB보다는 낮지만 최선형 서비스보다는 높은 서비스 품질을 제공한다. AF PHB는 상대적 우선순위에 의해 4개의 클래스로 구분하고 각각에 대하여 3종류의 버림 우선순위를 적용한 12개의 DSCP를 이용한다.

[표 1] AF PHB의 클래스 분류

| Drop precedence | Class 1 | Class 2 | Class 3 | Class 4 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| Low | 010000 | 011000 | 100000 | 101000 |
| Medium | 010010 | 011010 | 100010 | 101010 |
| High | 010100 | 011100 | 100100 | 101100 |

IV. Ad hoc 네트워크를 위한 QoS 모델

DiffServ가 고정된 인터넷 백본 네트워크를 대상으로 설계되었기 때문에, DiffServ를 직접적으로 Ad hoc 네트워크에 적용할 수는 없다[2]. 하지만 Ad hoc 네트워크가 규모면에서 상당한 차이를 보이지만, 노드의 기능을 놓고 봤을 때는 백본의 라우터와 유사한 점이 있다. Ad hoc 네트워크에서 각 노드는 호스트와 라우터의 두 가지 역할을 담당하고 있다. 라우터로서의 Ad hoc 노드는 인터넷 백본에서 처럼 다른 노드에 패킷을 전송하는 역할을 한다. 그렇기 때문에 Ad hoc 네트워크는 노드의 기능면에서 인터넷 백본과 비슷한 것이다. 따라서 DiffServ를 Ad hoc 네트워크에 변형하여 적용하는 것은 충분히 가능한 일이 될 것이다.

유선 네트워크를 기반으로 하는 DiffServ 모델을 Ad hoc 네트워크에 적용하기 위해서는 다음과 같은 사항들이 고려되어야 할 것이다. 첫째, DiffServ 모델은 복잡한 트래픽 조절 기능을 모두 네트워크의 가장자리에서 처리하고 네트워크 내부에서는 단순한 패킷 전송만 담당한다. Ad hoc 네트워크는 라우팅, 데이터의 송수신 등 모든 통신 절차를 단말기들이 수행한다. 단말기들이 이처럼 다중적인 역할을 담당해야 하고, 이동성으로 인해 다음 노드의 움직임을 미리 알 수 없으므로 처리하는 정보의 양은 가급적 가벼워야한다. 둘째, 동적으로 변하는 Ad hoc 네트워크에서는 DiffServ의 프리미엄 서비스와 같은 가상 전용선 서비스 (virtual leased line) 서비스를 실현하기란 거의 불가능하다. 때문에 최선형 서비스 (Best-Effort) 이외의 사용자 서비스 요구를 보장해 주기 위해서는 DiffServ의 AF (Assured Forwarding) PHB가 제공하는 서비스와 같은 것이 필요하다. 셋째, Ad hoc 네트워크에서는 인터넷의 SLA (Service Level Agreement) 개념이 존재하지 않는데 이동 단말기가 트래픽 규칙들과 협상하기 위한 명시적인 전략이 존재하지 않으므로 Ad hoc 네트워크에서 SLA를 생성하는 것이 매우 어렵다. 이러한 서비스의 차별화의 문제는 QoS MAC 계층과의 연동이 있어야만 해결될 수 있을 것이다.

V. 구현 방법

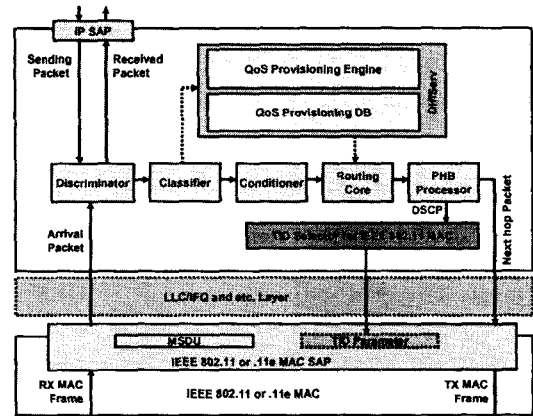
5.1 QoS 모델 프레임워크

Ad hoc 네트워크에서는 무선 링크의 품질이 주변 환경에 따라 쉽게 변하기 때문에 링크 상태 정보를 얻고 관리하기가 매우 어렵고, 단말기의 이동성으로 인하여 QoS

지원을 위한 전략은 더욱 복잡해질 수밖에 없다. 이러한 사실은 이동성을 전제로 하는 Ad hoc 네트워크 단말기들의 자원이 제한되어 있다는 점에 비춰볼 때 QoS 지원을 위한 단말기의 구현을 더욱 어렵게 만든다.

따라서 Ad hoc 네트워크에서 서비스 품질 지원을 위한 QoS 모델의 기능이 최대한 단순화될 필요가 있다. 우리는 QoS 모델의 프레임워크를 설계하는 과정에서 QoS 기능의 계층별 분산이 가장 바람직한 방안이라 생각한다. 즉, 네트워크 계층에서는 단말기의 위치 검색, 사용가능한 PHB의 결정, DSCP 값을 PHB에 매핑, PHB와 관련된 큐잉 파라미터의 결정과 같은 QoS 처리 정책 (QoS Provisioning Policy)을 담당하고, IP 패킷의 DSCP 값에 기반하여 생성된 TID를 바탕으로 다음 홉까지의 전송은 QoS MAC이 담당한다. 이때 TID는 QoS MAC을 전제로 생성되되, MAC에서의 처리방식은 하위 MAC이 QoS를 지원하지 않는 MAC(non-QoS MAC)인 경우에는 최선형 서비스 방식으로 처리하고 QoS MAC인 경우에는 TID에 정의된 트래픽 형태에 따라 전송하게 될 것이며, 이것은 하위의 MAC(IEEE 802.11 또는 IEEE 802.11e MAC)의 구현 시점에서 고려할 사항이다.

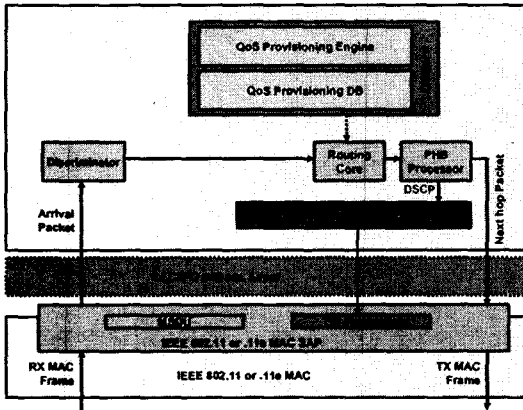
[그림 2]와 [그림 3]은 Ad hoc 네트워크를 위한 새로운 QoS 모델을 설계 및 적용을 위해 제안하고자하는 Ad hoc 네트워크 적용 라우터/단말기의 에지 및 코어의 프레임워크를 보인 것이다.



[그림 2] MANET QoS 모델 프레임워크 (Edge)

QoS 처리 엔진(QoS Provisioning Engine)은 IP 계층에 도달한 패킷을 분류하고, 적절한 DSCP를 생성하거나 혹은 전송 우선순위에 따라 전송 지연 또는 버림 절차 등을 수행하는 부분으로 DiffServ 모델의 개념을 Ad hoc 네트워크의 특성에 맞게 수정한 것이며, TID 선택기는 DSCP로부터 적절한 TID를 생성하여 MAC 계층으로 넘겨주는 역할을 하는데, 이러한 동작은 상위 계층으로부터 내려온 패킷이나 또는 하위 계층에서 올라온 패킷의 목적지가 다른 단말기

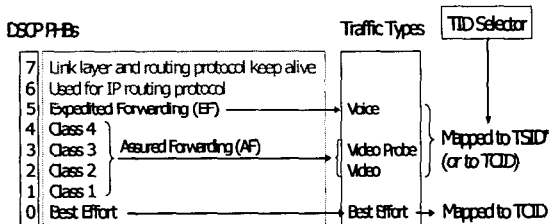
일 때 항상 일어나며, 목적지가 현재 단말기 자신일 때는 이러한 절차 없이 상위 계층으로 올려 보냄으로써 패킷의 전송을 완료하게 된다.



[그림 3] MANET QoS 모델 프레임워크 (Core)

5.2 TID의 매핑

[그림 4]는 TID 선택기에서 DSCP 값으로부터 새로운 TID를 생성하는 관계를 보인 것이다.



[그림 4] Mapping DSCP to the TID

QoS 처리 엔진으로부터 생성된 DSCP 값은 트래픽의 유형에 따라 각각의 PHB와 매핑 되는데, TID 선택기는 이를 바탕으로 적절한 TID를 생성하게 된다. 이때 음성, 동영상과 같은 멀티미디어 트래픽은 IEEE 802.11e의 TSID (8에서 15 범위의 값)로, 기타 최선형 트래픽은 TCID (0에서 7 범위의 값)로 매핑하여 MAC 계층으로 전송한다.

본 논문에서 제안하는 TID 선택기는 하위 계층을 IEEE 802.11e MAC으로 가정하여 TID 값을 생성하도록 하였다. 만약 하위의 MAC 계층이 non-QoS MAC일 경우에는 비록 TSID로 매핑한 멀티미디어 트래픽이라 하더라도 MAC 차원에서 TCID로 자동 매핑하여 다음 홉으로 전송하게 될 것이며, 이는 MAC을 구현하는 관점에서 고려할 사항으로 본 논문의 범위를 벗어난다.

IP 헤더의 DSCP 값으로부터 IEEE 802.11e MAC의 TID를 생성할 때, 전송 도중의 QoS를 보장하기 위해서는

DSCP 외에 소스 및 목적지 주소와 포트번호, 프로토콜 ID 등과 같은 정보들을 참조하여야 한다.

VI. 향후 연구 계획

본 논문에서는 Ad hoc 네트워크를 위한 새로운 QoS 모델을 구현하기 위하여 Ad hoc 네트워크의 특성 및 기존 인터넷 백본 네트워크를 위한 QoS 모델인 DiffServ 모델에 대해 살펴보고, QoS MAC (IEEE 802.11e)을 기반으로 하는 새로운 QoS 모델을 제안하였다. Ad hoc 네트워크를 위한 새로운 QoS 모델은 내부 라우터들이 플로우 정보를 유지하지 않고, 패킷 내에 정의된 트래픽 유형과 플로우 정보들로부터 종단 사용자들 사이의 QoS 요구를 제공하고자 하며, 이를 위해 IEEE 802.11e MAC을 기반으로 한 DiffServ 모델을 Ad hoc 네트워크의 특성에 맞게 수정하였다. 네트워크 계층에서는 트래픽 유형에 따라 QoS 정보를 표현할 수 있는 적절한 TID를 생성하여 MAC 계층에 보내고, 다음 홉까지의 전송 책임은 MAC 계층에서 담당하도록 역할을 나눴다.

앞으로 우리는, 본 논문에서 제안한 Ad hoc 네트워크를 위한 새로운 QoS 모델 프레임워크를 NCTUns 시뮬레이터 상에서 구현하고, 실시간 트래픽을 이용한 시뮬레이션 또는 에뮬레이션을 통한 성능 분석을 계획하고 있다. 이를 위해 먼저 DiffServ 모델을 NCTUns 시뮬레이터 내에 이식하고, TID 매핑 전략을 구체화할 TID 선택기를 추가할 예정이다. 여기에 더하여, 향후 새로운 QoS 모델은 Ad hoc 라우팅 프로토콜로서 어떤 것이 들어오더라도, QoS 처리 엔진을 통해 파라미터들을 효과적으로 분류하고 수집하여 전달함으로써 효율적인 Ad hoc 네트워킹이 이루어지도록 할 것이다. 다만 최종 단말간 서비스 품질 제공을 위한 QoS 모델은 네트워크 계층뿐만 아니라 QoS 인식 응용 프로그램과 QoS MAC 등 상.하위 계층의 유기적 협력이 필요하며, 따라서 현재 설계 중인 QoS MAC의 구현과정에 따라 QoS 모델의 기능이나 구현의 범위에서 수정될 여지가 남아 있다.

참고문헌

- [1] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang and W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475, December 1998
- [2] D. Perkins and H. Hughes, "A Survey on Quality-of-Service Support for Mobile Ad hoc Networks", Wirel. Commu. Mob. Comput. 2002