
IEEE 802.11e기반 Mobile IPv6망에서 End-to-End QoS 보장 기술에 관한 연구

예휘진* · 김문* · 손성찬** · 조성준*

*한국항공대학교 대학원 정보통신공학과

**한국정보통신기술대학 방송통신설비전공

The Study of End-to-End QoS Providing Technique in Mobile IPv6 Network Based on IEEE 802.11e

Hwi-jin Ye* · Moon Kim* · Sung-chan Son** · Sung-joon Cho*

*Dept. of Inform. & Telecom. Eng., Graduate School of Hankuk Aviation University

**Dept. of Broadcasting & Communication, Korea Inform. & Communication Polytechnic College

E-mail : {haua97, moonkim}@hau.ac.kr · sscson@icpc.ac.kr · sjcho@hau.ac.kr

요 약

현재 인터넷은 수요의 증가와 함께 사용되는 콘텐츠의 종류도 다양해지고 있다. 이런 다양한 콘텐츠의 트래픽들은 보다 좋은 질을 제공하기 위해 데이터양이 커지고 있으며, 성격이 상이한 부분이 많이 발생하고 있다. 하지만 현재의 인터넷은 BE(Best-Effort)서비스만을 제공하기 때문에, IP layer에서는 이러한 트래픽을 관리하고 QoS를 제공하기 위한 IntServ (Integrated Service)와 DiffServ (Differentiated Service)와 같은 기술들에 많은 연구가 진행되고 있다. 또한 무선인터넷의 증가와 함께 기존의 중요시 되지 못했던 MAC (Medium Access Control)의 중요성이 증가되고 있는데, 무선 접속이라든지 자원할당에 있어 기존의 다른 계층에서 하던 상당수의 스케줄링이 MAC Layer에서 이루어지고 있다. 본 논문에서는 QoS를 제공하는 IEEE 802.11e EDCF 기반의 Mobile IPv6 망에서 트래픽의 특성에 맞는 QoS를 제공할 수 있는 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통해 검증한다.

ABSTRACT

Recently there are increasing needs for Internet and various kinds of contents. These traffics for various contents need more amount of data to provide high-quality information and require various QoS depending on the characteristics of contents. However, current Internet service supports BE (Best Effort) service only, therefore IntServ (Integrated Service) scheme and DiffServ (Differentiated Service) scheme are represented to support QoS in IP layer. Moreover, while wireless Internet is getting popular, MAC(Medium Access Control) is also becoming important. This is due to the fact that wireless access, resource allocation and packet scheduling, which are done in another layers before, are performed in MAC layer in many new wireless systems. This paper describes new scheme that provides QoS taking into account the traffic characteristics over Mobile IPv6 network based on IEEE 802.11e EDCF and evaluates the performance through computer simulation.

키워드

QoS, IEEE 802.11e(EDCF), Mobile IPv6

1. 서 론

인터넷 기술은 미래의 차세대 기술이 아닌 현재 가

장 활발하게 이용되며 연구되어지는 기술로 인식되고 있다. 이러한 인터넷 기술에서 가장 활발하게 논의 되고 있는 분야는 이동성을 지원하는 분야와 각각의 트래픽에 맞고 빠르게 전송할 수 있는냐에 관한 QoS (Quality

of Service)의 문제이다.

먼저 이동성을 지원하기 위해서 IP망을 사용하는 Mobile IP라는 프로토콜이 제안되었으며, 현재는 IPv6 기반의 Mobile IPv6가 활발하게 연구되고 있다. 또한 QoS를 제공하기 위한 방안으로 IP layer에서는 DiffServ (Differentiated Service)와 IntServ (Integrated Service)와 같은 기술들이 발달했다. 그리고 WLAN (Wireless LAN) 시스템에서는 MAC (Medium Access Control)에서 QoS를 제공하기 위해 EDCF (Enhanced Distributed Coordination Function)와 같은 기술들이 연구되어 왔다. 본 논문에서는 이러한 이동성 보장 기술과 QoS 제공기술을 이용하여 End-to-End QoS를 보장하기 위한 기술을 설명하고 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 기반기술을 설명하고 MAC 알고리즘을 설명한다. 그리고 III서는 Mobile IP의 성능향상과 MAC을 이용하는 QoS 향상 방안을 설명한다. 그리고 IV장에서 시뮬레이션 환경과 결과를 분석하고 마지막으로 V번 논문의 결론을 맺는다.

II. 기반기술

2.1 Mobile IPv6

모바일 기기들의 이동성을 보장하기 위해 제공되는 프로토콜로 Mobile IP가 제안되었다. 이동 노드가 홈 네트워크에 있을 때는, 이동 노드의 홈 주소로 전송되는 패킷은 일반적인 인터넷 라우팅 기법을 사용하여 전송된다. 반면, 이동 노드가 홈에서부터 떨어져 외부 링크에 접속되어 있을 때는, 이동 노드는 자신의 홈 주소뿐만 아니라, 한 개 혹은 그 이상의 COA(Care-of-Address)를 이용하여 통신할 수 있다. COA는 특정한 외부 링크를 방문했을 때 이동 노드에 주어지는 IP 주소이다. 만약 이동 노드가 현재 사용하는 COA를 할당된 외부 에이전트에 접속되어 있다면, 이 COA로 전송되는 패킷은 이동노드의 현재의 위치로 전송된다. 일반적으로, 이동 노드는 이웃 발견 프로토콜을 사용하여 stateless 혹은 stateful Address Auto-configuration을 통하여 자신의 COA를 획득한다. 이동 노드가 홈에서 떨어져 있을 때, 이동 노드는 획득한 COA 중 한 개를 자신의 홈 링크에 있는 라우터에 등록한다. 이 라우터는 이동 노드에 대한 홈 에이전트로서의 기능을 수행하는 라우터이다. 이러한 바인딩 등록은 이동 노드가 홈 에이전트에게 Binding Update를 보냄으로써 이루어진다. 이 패킷을 받은 홈 에이전트는 그것의 응답으로 Binding Acknowledgement를 이동노드에 전송한다. 이동 노드의 홈 에이전트는 proxy Neighbor Discovery를 사용하여 이동 노드의 홈 주소로 전송되는 패킷을 intercept하여, 그 패킷을 이동 노드의 primary COA로 터널링한다. Intercept한 패킷을 터널링 하기 위하여, 홈 에이전트는 바깥쪽 헤더(outer header)가 이동 노드의 primary COA를 가리키도록

하여 IPv6 encapsulation을 사용하여 패킷을 캡슐화한다. Mobile IPv6의 전체적인 메시지 흐름은 그림 1과 같다 [1-3].

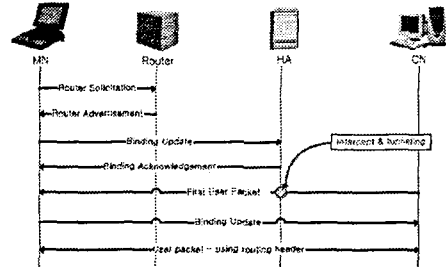


그림1. Mobile IP 메시지 흐름

2.2 DiffServ

IP 계층에서 QoS를 제공하기 위한 모델로 제안된 DiffServ는 IPv4 헤더의 TOS(Type of Service)와 IPv6의 Traffic class를 이용하여 DSCP (DiffServ Code Point)를 정의하여 사용하고 있다. DSCP는 패킷의 군집에 대한 식별자로서의 역할을 하게 되고 이 DSCP에 따라서 각각의 패킷의 스케줄링이 달라지게 된다 [4]. DiffServ망은 그림 2에서 보는 바와 같이 DiffServ의 기능을 제공할 수 있는 DS도메인과 ISP(Internet Service Provider)로 구성된다. 이들 DS도메인 사이에 edge 라우터가 존재한다. 이러한 DiffServ망의 역할은 DSCP에 따른 서비스 분류와 트래픽 조절 그리고 서비스 수준의 협약의 기능을 수행한다. 그리고 이 협약은 서비스 제공자와 사용자의 협약에 의해서 이루어지며 SLA(Service Level Agreement)를 토대로 서로에 의해 협약된 내용이어야 한다. Diffserv 도메인에서 사용되는 edge 라우터에서는 트래픽 조절의 기능을 수행한다. 또한 이렇게 협약된 서비스는 PHB라는 기술을 통해 패킷을 포워딩 하게 된다 [5][6]. 그리고 이 PHB에는 EF PHB (Expedited forwarding PHB)와 AF PHB (Assured forwarding PHB)라는 두 가지가 표준화 되었다 [7][8]. EF PHB는 낮은 지연, 손실, 지터와 보장된 대역폭 그리고 DS도메인을 통한 end-to-end서비스를 받을 수 있는 PHB를 의미하며 AF PHB는 트래픽을 망의 혼잡 상황에서도 트래픽의 최소 전송 속도를 보장하는 PHB이다.

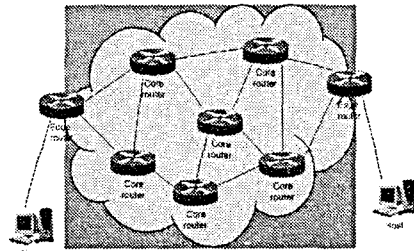


그림2. DiffServ Domain

2.3 IEEE 802.11e EDCF

IEEE 802.11e에서 제안하는 MAC 프로토콜인 EDCF는 8개의 서로 다른 Priority(0~7)를 이용하여 차별화된 매체접근을 지원한다. 즉, DCF처럼 모든 트래픽을 단일 DIFS값과 CW값으로 처리하지 않고, 각각 서로 다른 크기의 Arbitration IFS (AIFS)와 CWmin 및 CWmax 값들을 가지는 4개의 Access Category (AC)를 사용하여 트래픽의 매체접근 우선권을 제어함으로써 QoS 기능을 제공한다 [9-12]. 이때 8개의 Priority는 4개의 AC로 mapping 되는데, 이를 표 1에 나타내고 이러한 MAC 알고리즘을 사용하는 EDCF의 동작 과정을 그림 3에 나타낸다.

그림 3에서처럼 EDCF는 서로 다른 AIFS와 CW값을 사용하여 Priority가 높은 트래픽이 전송기회를 획득하도록 하기 때문에 전송될 트래픽의 특성에 따라 차별화된 서비스가 가능하다. 그 밖의 기본적인 동작은 DCF와 유사하다.

표 1. Priority와 AC의 mapping.

Priority	AC	Designation
낮음	1	Background
	2	
↕	0	Best Effort
	3	
↕	4	Video
	5	
높음	6	Voice
	7	

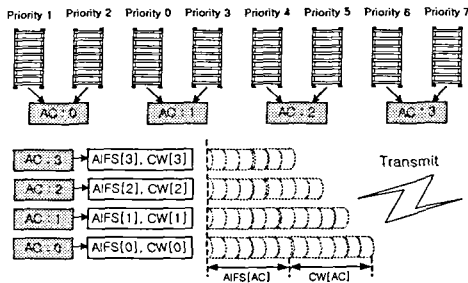


그림 3. IEEE 802.11e EDCF의 동작 과정

EDCF에서 데이터 전송 결과에 따른 CW값의 처리는 다음과 같다.

-성공적인 데이터 전송 후에는 DCF와 마찬가지로 CW값을 CWmin 으로 리셋 하는데, 이때 각각의 AC는 Priority에 따라 서로 다른 CWmin 값을 가지므로 AC마다 틀린 CW값이 설정된다.

-데이터 전송이 실패하면 각 AC별로 다른 Persistent Factor (PF)값을 사용하여 식 (1)과 같이 CW값을 설정하게 된다.

$$CW_{new}[AC] = \min\{CW_{max}[AC], (CW_{old}[AC] + 1) \times 2 - 1\} \quad (1)$$

Priority가 높은 AC일수록 작은 PF값을 가지므로, 결국 작은 CW값을 가지게 되어 매체접근에의 우선권을 획득한다.

III. 제안하는 알고리즘

본 논문에서는 크게 Mobile Ipv6의 성능 향상 방안과 End-to-End QoS를 보장하기 위한 802.11e의 MAC 프로토콜과 IP layer의 결합부분으로 이루어진다.

3.1 Mobile IPv6의 성능향상

IPv6에서는 DiffServ를 이용한 QoS를 제공하기 위해서 기본 헤더 안에 8bit로 구성된 Traffic Class를 사용한다. 본 논문에서는 Traffic Class를 2단계의 DSCP로 구성된다. 그림 3에서 보는 것과 같이 좌측 2비트를 PHB구분을 위한 비트로 설정하고 그 뒤 6비트를 AF PHB의 클래스 구분을 위한 비트로 구성한다. 아래의 표 1에서 보는 것과 같이 좌측 비트를 4개(00, 01, 10, 11)의 코드로 구분한 후 각각을 PHB로 설정한다. 기존에는 6비트를 모두 사용하였지만 2비트만을 사용하여 미리 PHB를 결정하게 된다.

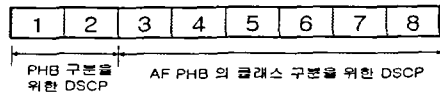


그림4. 제안된 Traffic Class의 구성

표2. 비트에 할당된 PHB.

좌측 2비트	할당된 PHB
00	Best Effort
01	AF PHB
10	EF PHB (for data)
11	EF PHB (for signaling)

그리고 효과적인 Handoff를 수행하기 위해서 본 논문에서는 이러한 메시지의 처리를 EF PHB(for signaling)를 사용하여 처리한다. 그리하여 Handoff의 시간을 줄임으로써 전체적인 Mobile IPv6망에서 성능을 향상시킬 수 있을 것이라고 판단된다. 그 결과는 아래의 그림4에 나타나 있다. 각각의 에이전트들은 DiffServ 도메인에서의 Edge 라우터 기능을 수행하며, 인터넷 망 내의 라우터들은 Core router의 기능을 수행하게 된다.

3.2 End-to-End QoS 보장방법

End-to-End QoS를 보장하기 위한 방법으로 본 논문에서는 IP layer와 MAC layer와의 두가지 측면에서 접근한다. 현재 IP layer에서는 DiffServ의 기술을 활용하고 MAC layer에서는 현재 많이 사용되고 있는 WLAN의 QoS를 제공하기 위한 기술인 EDCF

의 메커니즘을 사용한다. OSI 7 layer의 측면을 고려하면 상위 layer로부터 받아들여지는 트래픽은 IP layer를 거쳐 Data Link layer를 거쳐 다시 Physical layer로 전송되게 된다. 이러한 측면에서 볼때 동일한 트래픽을 그 트래픽에 합당한 처리를 해줌으로써 데이터의 전송율을 높일 수 있다고 판단된다. IP layer에서의 DiffServ와 MAC layer에서의 EDCF는 비슷하게 트래픽을 클래스라는 개념으로 묶어 비슷한 특성을 가지는 트래픽을 동일하게 처리하는 특성을 가지고 있다. 그리하여 동일한 특성을 가지는 트래픽을 IP layer와 MAC layer에서 두 번 처리해줌으로써 효율적인 패킷 서비스를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

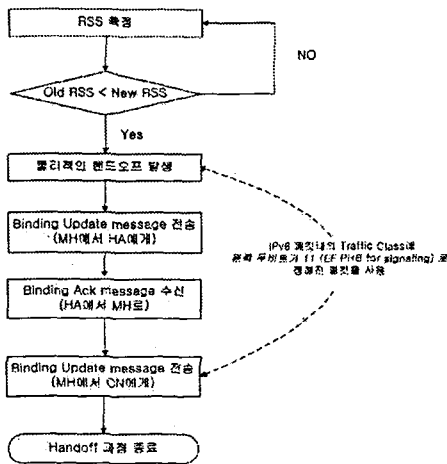


그림5. 제안하는 알고리즘

IV. 시뮬레이션

4.1 시뮬레이션 환경

4.1.1 Mobile IPv6 성능향상

Mobile IPv6의 성능 향상을 위해, 버클리 소재 캘리포니아 주립대학의 NS2를 사용하였다 [10]. 시뮬레이션 환경은 그림5와 같이 크게 유선부분과 무선부분으로 나눌 수 있다. 먼저 유선부분은 가운데 Core 라우터를 기준으로 MH와 통신을 하는 CN과 그리고 agent 2개로 구성된다. 이 agent는 MH가 통신하고 있던 oAgent (old agent)와 핸드오프 과정을 통해 새로운 세션이 연결되는 nAgent (new agent)로 구성되었다. 무선 부분은 두개의 agent에 세계씩의 MH들이 속해있다. 그 과정은 그림 5와 동일하다.

4.1.2 EDCF를 이용한 Priority 제공기술

현재 사용중인 WLAN에는 IEEE 802.11의 DCF가 MAC 으로 사용되고 있다. 이 DCF는 Wireless 환경

에서 유용하게 사용되지만 모든 패킷들을 동일하게 처리함으로써 각각의 트래픽의 특성을 살리지 못하는 단점을 가지고 있다. 그리하여 제안된 MAC 기술이 IEEE 802.11e의 EDCF이다. 위의 2.3에서 설명한 것과 마찬가지로 EDCF는 각각의 트래픽을 특성에 맞게 다양한 priority를 제공하기 때문에 효율적인 트래픽 관리가 가능하다. 본 논문에서는 기존의 DCF를 사용한 경우와 EDCF를 사용한 경우를 비교 분석한다.

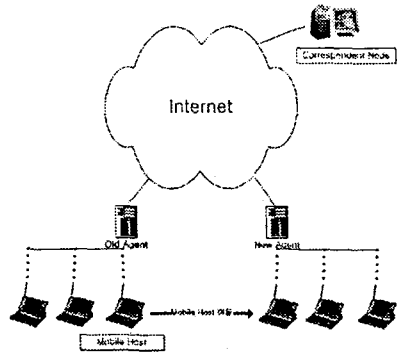


그림 6. 시뮬레이션 모델

4.2 시뮬레이션 결과

아래의 그림7 에서는 위에서 제안한 알고리즘을 가지고 시그널링을 사용했을 때 Mobile IP의 throughput의 증가를 보여주고 있다. 주기적으로 동일하게 handoff가 발생했을때 기존의 Mobile IP보다 시그널링에 사용되는 클래스에 최우선 priority를 주었을 때 handoff time이 줄어들어 결과적으로 throughput이 증가하게 되었다.

또한 그림 8과 9에서는 각각 MAC layer를 DCF와 EDCF를 사용하였을때의 priority에 따른 패킷 전송을 보여주고 있다. 그림 8에서는 기존의 DCF를 사용한 그림이며 모든 패킷을 동일하게 처리함으로써 어떠한 priority를 제공하지 못하는 것을 알수 있다. 그러나 그림 9의 EDCF를 사용하였을때는 각각의 클래스에 따라 서로 다른 priority를 사용할 수 있으므로 해서 각각의 트래픽을 차별화 할 수 있음을 보여 주고 있다.

V. 결론

본 논문에서는 현재 이동성을 보장하고 기술인 Mobile IP와 무선망의 솔루션으로 각광을 받고 있는 WLAN의 MAC을 이용하여 QoS를 제공할 수 있는 기술을 알아보았다. IP layer에서의 QoS 제공 기술인 DiffServ 기술을 이용하여 handoff 시간을 줄임과 동시에 MAC에서 IEEE802.11e EDCF기술을 사용하여 각각의 클래스 별로 다른

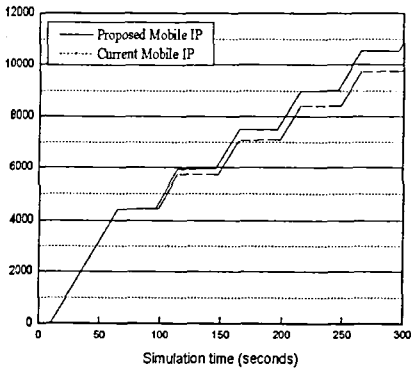


그림 7. Handoff 비교

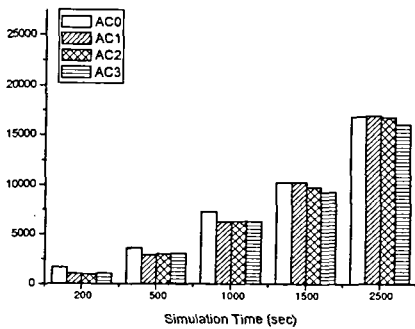


그림 8. DCF 경우

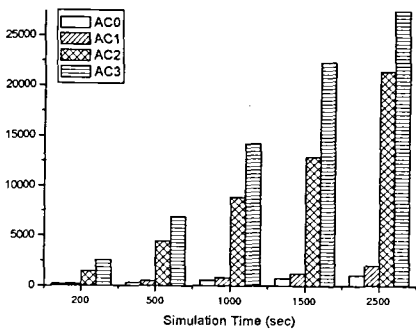


그림 9. EDCF의 경우

priority를 제공할 수 있음을 보여주었다. 향후 이런 두 기술을 융합할 수 있는 기술과 QoS를 보장할 수 있는 보다 다양한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 산업자립부 한국산업기술평가원 지정 한국항공대학교 부설 인터넷정보검색 연구센터의 지원에 의함.

참고문헌

- [1] Charles E. Perkins, *Mobile IP*, Addison-Wesley, 1998
- [2] <http://www.ipv6club.info/>
- [3] <http://www.ipv6forum.com/>
- [4] K. Nichols, S. Blake, F. Baker and D. Black, "Definition of the differentiated services field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 headers," IETF RFC 2474, Dec. 1998.
- [5] William Stallings, *High-Speed Networks and Internets*, 2nd ed., Prentice Hall, 2002, p. 492-500.
- [6] Y. Bernet, *Networking Quality of Service and Windows Operating System*, New Riders, 2001, p. 197-200.
- [7] V. Jacobson, K. Nichols and K. Poduri, "An expedited forwarding PHB," IETF RFC 2598, Jun. 1999.
- [8] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss and J. Wroclawski, "Assured forwarding PHB Group," IETF RFC 2597, Jun. 1999.
- [9] *IEEE Std. 802.11e/D8.0-2004, Draft Supplement to Standard for Telecommunications and Information Exchange Between Systems-LAN/MAN Specific Requirements-Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Medium Access Control (MAC) Enhancements for Quality of Service (QoS)*, IEEE, 2004.
- [10] Dajiang He, C.Q. Shen, "Simulation study of IEEE 802.11e EDCF," *IEEE Vehicular Technology Conference (VTC 2003-Spring)*, vol. 1, pp. 685-689, Apr. 2003.
- [11] L. Romdhani, Qiang Ni, T. Turletti, "Adaptive EDCF: enhanced service differentiation for IEEE 802.11 wireless ad-hoc networks," *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC 2003)*, vol.2, pp. 1373-1378, Mar. 2003.
- [12] 조재용, 김석호, 유동관, 박경섭, "IEEE 802.11 Wireless LAN에서의 QoS 지원을 위한 Backoff algorithm에 관한 연구," *전자 공학회지*, 제 10권, 제 12호, pp. 116-124, Dec. 2003.
- [13] <http://www.isi.edu/nsnam>
- [14] http://www.tkn.tu-berlin.de/research/802.11e_ns2