

# Cellular IP network 망에서 handoff 성능 향상을 위한 IEEE 802.11e 의 개선방안

양순열, 김기천, 유승화, 노병희  
아주대학교 정보통신전문대학원  
e-mail : atomyang@ajou.ac.kr, kckim@ajou.ac.kr,  
swyoo@ajou.ac.kr, bhroh@ajou.ac.kr

## Improvement of IEEE 802.11 e to decrease the packet drop when happens handoff in Cellular IP network

Yang Soon Yeal\*, Kim Ki Chun\*, Yoo Seung Wha\*, Roh Byeong Hee  
\*Graduates School of Information and Communications, Ajou University

### 요약

IEEE 802.11e 는 실시간 트래픽의 QoS 를 보장하기 위해 제안되었으나 cellular ip network 망에서 발생하는 route update packet 과 같은 signaling traffic 에 대해서는 아무런 언급을 하고 있지 않다. 따라서 본 논문에서는 IEEE 802.11e draft 가 제안하고 있는 4 가지의 AC(Access Category)에 따라 signaling traffic 에 대해서도 높은 우선 순위를 할당 함으로서 handoff 시 발생하는 packet drop 이 얼마 만큼 줄어드는지를 분석하였다.

### 1. 서론

무선 인터넷의 보급 확산으로 인해 공공기관, 대학 및 공항 등 장소를 불문하고 인터넷이 가능하게 되었다. 무선 인터넷을 가능하게 하는 기술들 중 현재 가장 널리 쓰이고 있는 기술이 바로 IEEE 802.11 기반의 무선 랜이며 국내에서도 Hot Spot 이라는 서비스가 제공되고 있다.

IEEE 802.11 Work Group 에서는 기존의 802.11 의 DCF 기술에 기반하여 현재 802.11e draft version 4.0 까지 발표한 상태이다. 이 draft 에서는 4 가지의 AC(Access Category)로 분류하여 트래픽의 종류에 따라 Inter-Frame Space 와 Back off Window 값을 차등화 함으로서 특정 트래픽에 확률적으로 더 높은 채널 접근 기회를 제공한다.

모바일 단말의 이동성을 지원하기 위해 Mobile IP 라는 거시적 이동성(Macro Mobility)지원 프로토콜이 제안되었다. 하지만 이 프로토콜은 거시적 이동성만을 지원할 뿐 미시적 이동성(Micro Mobility)를 지원하지 않기 때문에 local area 에서의 잦은 handoff 시 많은 시그널링 트래픽(signaling traffic)의 발생으로 네트워크 전체의 성능을 떨어뜨리는 결과를 낳게 된다. 따라서 이를 보완하기 위해 미시적 이동성을 지원하는 micro

mobility protocol 이 제안되었으며 대표적인 미시적 이동성 프로토콜로 Cellular IP 가 있다.

본 논문에서는 다음과 같은 내용으로 구성되어 있다. Section II 는 모바일 단말의 이동성을 지원하기 위한 Mobile IP 와 Cellular IP 의 개략적인 내용에 대해서 기술하고, section III 는 무선 접속 기술인 IEEE 802.11 의 DCF 와 QoS 보장을 위한 EDCF 에 대해서 서술한다. 그리고 section IV 은 IEEE 802.11e 를 cellular ip network 에 그대로 적용했을 경우 예상되는 문제점을 분석 및 이에 대한 대응방안을 제안하고 section V 에서는 section IV 에서 제안한 방안을 시뮬레이션을 통해 검증한다. Section VI 에서는 이 논문과 관련된 결론을 내린다.

### 2. 모바일 단말의 이동성을 지원하기 위한 프로토콜

#### 2.1 거시적 이동성(Macro Mobility)을 지원하는 Mobile IP

모바일 단말의 이동성을 지원하기 위해 mobile ip 라는 macro mobility protocol 이 제안되었다. Mobile IP 는 두 개의 IP 주소를 사용하는데 하나는 영구적으로 변하지 않는 고정 주소(home address)이고 다른 하나는 접속되어 있는 위치에 따라 달라질 수 있는 COA(Care-Of-Address)이다. 즉 MH 가 어느 망으로 옮

직이던지 고정 주소(home address)는 변하지 않는 상태로 일정 하지만, 새로운 네트워크로부터 MH 는 항상 새로운 COA 를 할당을 받는다. 따라서 MH 는 새로운 COA 를 얻고 이 사실을 자신의 HA(home agent)에 알리는 과정이 필요하고 HA (home agent)는 고정 주소(home address)로 향하는 패킷을 터널링(tunneling) 과정을 통해 새로운 COA (care-of-address)에 해당하는 위치로 보낸다.

다시 말해, Mobile IP 에서의 이동성 지원은 기본적인 다음 세가지 동작으로 이루어져 있다. 첫째, MH 가 인터넷 내에서 이동할 경우에 현재 위치한 네트워크를 파악하고 COA 를 얻기 위한 대행자 탐색 (Agent Discovery)과정, 두 번째는 MH 가 새로이 획득한 COA 를 HA(Home Agent)에 알려 주기 위한 등록(Registration)과정, HA 으로부터 새로이 할당된 COA 에 해당하는 지점으로 터널링 (tunneling)을 통해 패킷을 전송 하는 데이터 전달 과정 등의 세 가지 과정이다.

Mobile IP 는 근본적으로 여러 가지 약점을 가지고 있다. 실제로 패킷을 전달하거나 수신하는 상태에서 무선 접속 지점을 변경하는 것을 handoff 라고하는데 셀(cell)의 크기가 줄어들어 든다면 이러한 handoff 는 빈번하게 발생할 것이다.

앞에서 설명했던 바와 같이 Mobile IP 에서는 MH 가 새로운 접속 지점으로 이동하였을 경우에 항상 HA 에 이러한 사실을 알려 주는 등록과정(Registration)을 거치게 된다. 이 경우 무선 액세스 네트워크를 IP 와 Mobile IP 를 기반으로 설계 한다고 가정하였을 때 빈번한 handoff 에 따라서 엄청나게 많은 양의 시그널링 트래픽이 발생할 것이고 이는 네트워크에 엄청난 양의 부하(load)를 주게 될 것이다.

이러한 Mobile IP 의 문제로 인해서 흔히 이동성 관리를 위해 네트워크의 관리구조를 거시적인 이동성 (macro mobility)과 미시적인 이동성(micro mobility) 두 가지로 구분하여 정의하고 각각에 대하여 관점을 다르게 적용한다. 일반적으로 일정 수준의 무선 액세스 네트워크를 도메인(domain)이라고 가정할 경우 미시적 이동성(micro mobility)은 이동단말이 특정한 하나의 도메인 내에서의 이동성을 가질 경우에 해당한다. 이와는 다르게 거시적 이동성(macro mobility)은 서로 다른 도메인 간에 이동성을 의미한다. 미시적 이동성 지원 프로토콜(Micro-mobility protocol)은 특정 도메인 내부에서의 이동성을 관리하고 handoff 기간 동안에 발생할 수 있는 손실을 최소화 할 수 있도록 빠른 핸드오프(fast handoff) 기능을 지원 하며, 시그널링 트래픽 (signaling traffic)으로 인한 부하(load)를 최소화하기 위하여 페이징(paging) 기능을 지원한다

## 2.2 미시적 이동성(Micro Mobility) 지원을 위한 Cellular IP

Cellular IP 는 빈번한 handoff 로 인하여 발생하는 잦은 이동성 관리가 필요한 무선 액세스 네트워크에 적합하도록 최적화된 프로토콜이다. Cellular IP 는 Mobile IP 에서 제공하지 않는 페이징 기능이나 빠른 handoff 기능을 제공 한다. 또한 위치정보 데이터베이스

(location database)를 최신의 정보로 유지시키며, 네트워크에 대한 확장성을 고려하여 단순하게 설계되었다.

기존의 IP 와 호환하여 사용할 수 있으며, 특정 한 범위의 무선 망을 벗어나지 않는다면 일반적인 IP 라우터의 갱신 작업등은 필요하지 않다. Cellular IP 를 사용하는 무선 액세스 네트워크를 구성하는 네트워크 요소들은 MRP 구조를 가진다. 인터넷과는 게이트웨이 라우터(Gatewayrouter)를 통해 연결되어 있으며, 실제로 Cellular IP 네트워크 내부에서 사용되는 이동 단말들의 COA(Care-Of-Address)는 게이트웨이 라우터(Gateway router)의 주소가 된다.

HA 로 전달된 패킷은 터널링(tunneling)을 통해 게이트웨이 라우터(Gatewayrouter)로 보내지고 게이트웨이 라우터에서 수신된 패킷은 인캡슐레이션 과정을 거쳐 원래의 패킷 상태로 변경 된다. Cellular IP 를 사용하는 무선 액세스 네트워크 내부에서는 이처럼 Home address 를 목적지 주소로 하는 원래 패킷의 형태로 라우팅 된다.

## 3. IEEE 802.11 DCF 및 EDCF

### 3.1 IEEE 802.11 DCF

IEEE 802.11 에 대한 기본적인 접근(Access) 방법은 매체(Medium)가 휴지(idle)한지를 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)를 이용하여 결정하는 DCF(Distributed Coordination Function)이다. 무선 랜의 radio 는 반이중(half-duplex)이기 때문에 전송이 진행 중이면 충돌을 발견 할 수 없어서 기존 유선 랜의 CSMA/CD 의 사용은 적당하지 않다.

각 무선 노드들은 매체가 휴지(idle)하다고 판단 되면 프레임 전송을 수행한다. 그러나 매체가 사용되어지고(busy) 있다고 판단되면 각 노드들은 지금 매체의 사용이 완료 될 때까지 Random Back Off 절차를 수행하게 된다. 이것은 노드들이 선행 전송의 완료 즉시 매체를 점유하는 것을 방지하게 된다.

DCF 에서는 프레임을 받았을 경우 응답(Ack)을 보내게 된다. (그림.1) 에서와 같이 프레임 전송완료와 응답 사이의 구간이 SIFS(Short Inter Frame Space)라 부른다. 보통 SIFS 는 MAC 계층에서 사용하기 때문에 빠른 응답(Fast Acknowledge)을 하게 된다. 응답(acknowledge)이외의 전송 시에는 데이터를 전송하기 전에 최소 DIFS(DCF Inter Frame Space) 만큼 기다려야 한다. 만약 매체가 사용 중이면 시간을 설정하는 것에 의하여 random backoff 시간을 결정하게 된다. 매체가 다시 휴지해지면 데이터를 전송하기를 원하는 노드들은 DIFS + slot times 만큼 기다려야 한다. DIFS 가 끝나면 타이머는 감소하기 시작하고 타이머가 0 이 되면 해당 노드는 프레임의 전송을 시작할 수 있다. 그러나 타이머가 0 에 이르기 전에 채널이 다른 노드에 의해 점유되면 타이머는 감소된 값에서 계속 유지되어 저장된다.

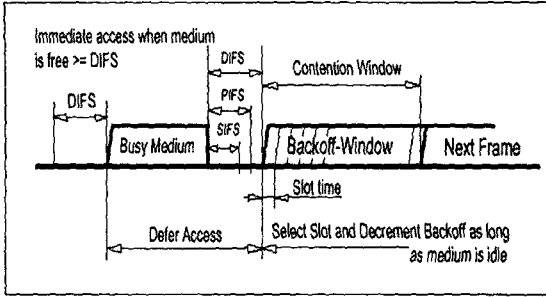


그림.1 DCF 채널 접근

3.2 IEEE 802.11e의 EDCF 개요

IEEE802.11e는 PCF(Point Coordination Function)을 변화시켜 HCF(Hybrid Coordination Function)라 부르고 있다. HCF는 기존의 DCF에 대하여 추가적인 기능을 부여하여 서비스 품질 보장을 할 수 있는 분산조정함수를 EDCF(Enhanced Distributed Coordination Function)라 부르고 있다.

IEEE 802.11e 노드는 4가지의 접근범주(AC, Access Category)를 가지고 DCF의 다양한 서비스 품질보장을 제공한다. 각각의 사용자 우선순위를 가지고 MAC에 도착하면 접근범주(AC, Access Category)에 따라 해석된다.

기본적으로, 접근 범주(Access Category)에 따른 Back off Window를 결정하기 위해 EDCF는 기존의 DCF에서의 DIFS(Distributed Inter Frame Space), CWmin(Congestion Window minimum), 그리고 CWmax(Congestion Window maximum)을 사용하는 것 대신에 AIFSD(AC), CWmin, CWmax를 사용한다. 다음 <수식 1>은 접근범주(AC, Access Category)에 따른 AIFSD 값을 결정하는 식을 나타내고 있다.

$$\begin{aligned} \text{AIFSD}[AC] &= \text{SIFS} + \text{AIFS}[AC] * \text{SlotTime} \\ \text{BackOff Window} &= 2 * (\text{CW} + 1) - 1 \end{aligned} \quad \text{< 수식.1 >}$$

여기에서 AC는 4 종류의 접근범주를 나타내고, SIFS는 Short Inter Frame Space를 나타내며, AIFS는 접근범주에 따른 슬롯 개수를 나타낸다.

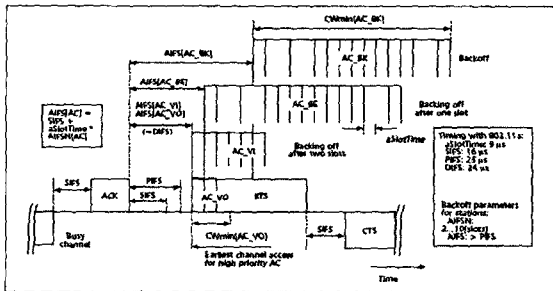


그림.2 IEEE 802.11e EDCF 채널 접근

그림 2는 EDCF의 채널 접근방법을 시간 다이어그램

램을 통하여 나타낸 그림으로서 접근 범주에 따른 AIFS 값이 차이가 나고 결과적으로 AIFSD 값에도 차이가 남을 나타내고 있다.

다음 표 1은 IEEE 802.11e Draft Version 4.0에 나와있는 EDCF의 서비스 품질 보장을 위한 파라미터의 값들을 나타내고 있다.

AC	CWmin	CWmax	AIFS	AIFSD		
0	CWmin	31	CWmax	1023	2	50
1	CWmin	31	CWmax	1023	1	30
2	CWmin	15	CWmax	31	1	30
3	CWmin	7	CWmax	15	1	30

4. Cellular IP Network 망에 EDCF 적용 시 문제점 분석 및 해결방안

앞서 설명했던 것처럼 IEEE 802.11e는 음성과 같은 실시간 트래픽에 대해서 높은 우선순위를 부여함으로써 QoS를 보장해 주기 위해 제안된 프로토콜이다. 하지만 이 프로토콜은 Cellular IP Network 망에서 handoff 시 발생하는 route update와 같은 signaling traffic에 대해서는 높은 우선순위에 대한 언급을 하고 있지 않다. Handoff 시 발생하는 route update packet은 handoff latency 및 packet drop에 결정적인 영향을 미치기 때문에 이 packet이 얼마만큼 빨리 Cellular IP Network 망의 Gateway router에 전달되느냐가 매우 중요한 문제가 된다.

따라서 이러한 signaling traffic에 대해서도 높은 우선 순위를 부여 함으로서 채널경쟁의 우위를 차지하게끔 해 줄 필요가 있다.

현재 제안된 IEEE 802.11e의 제안대로 Cellular IP Network에 적용했을 경우 route update packet은 가장 낮은 우선순위를 부여 받게 된다. 따라서 handoff 시 상대적으로 높은 우선순위를 가진 packet들이 전송되고 있는 네트워크 환경의 경우 route update packet은 채널 점유시간이 늦어지고 그 결과 handoff가 일어나서 완료되는데까지 많은 시간이 소요되며, 그 기간 동안 많은 packet drop이 발생한다.

이런 부작용을 막기 본 논문에서는 signaling traffic에 AC2의 우선순위를 부여 함으로서 handoff 시 발생하는 packet drop을 측정하는 실험을 하였다.

5. simulation 환경 구성 및 결과 분석

5.1 Simulation 환경 구성

Cellular IP Network 망에서 handoff 시 발생하는 route update packet에 대해 우선순위의 차등을 주어 packet drop을 측정 함으로서 route update packet에 대해 높은 우선순위를 주었을 때 handoff가 빠르게 완료되고 결과적으로 handoff에 의한 packet drop의 개선을 보이는 것이 이 논문의 목적이다.

실험은 NS2(Network Simulator2)를 이용하여 80초 동안 수행하였으며 4개의 노드에서 음성 CBR

(Constant Bit Rate)트래픽을 UDP(User Datagram Protocol)를 이용하여 보내고 나머지 2 개의 노드에서는 TCP(Transmission Control Protocol) 위에 상위 응용(Application)으로 FTP 를 이용하여 데이터를 전송하였다. 여기서 음성 데이터를 보내는 노드는 276bytes 를 30ms 마다 보내어 64kbps 의 Data Rate 를 가지는 G.711 의 특성을 갖도록 디지털 데이터를 전송하도록 하였다.

시물레이션은 유선 노드 6 개, AP(Access Point) 4 개, 무선 노드 6 개, 그리고 CH(Correspond node)1 개로 구성되어 있으며 다음 그림 2 은 이와 관련된 topology 를 나타내고 있다.

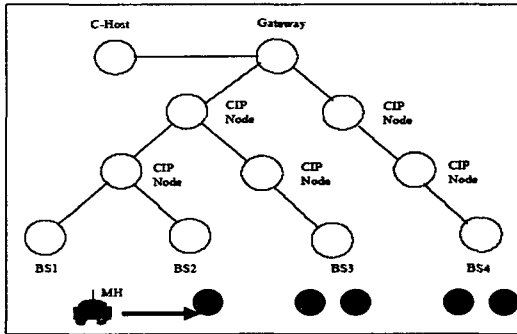
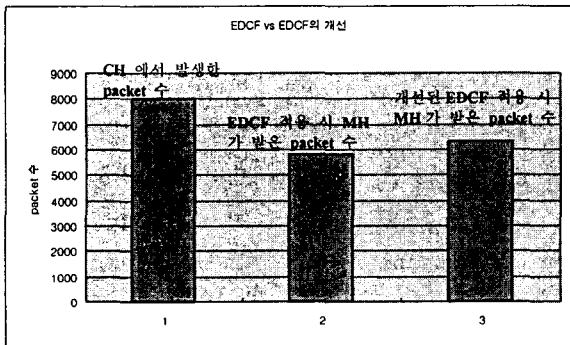


그림.2 시물레이션 토폴로지

위 그림을 살펴보면 MH 는 C-Host 로부터 CBR 트래픽을 전송 받는다. 10 초후 MH 는 30ms 의 속도로 BS2 로 이동을 하게 되고 BS2 에는 또 다른 MH2 가 CBR 트래픽을 전송 받고 있다. 40 초 후 MH 는 BS3 로 이동하게 되고 70 초 후에는 BS4 로 이동한다. BS3 에 존재하는 2 개의 MH3, MH4 는 64kbps 의 CBR 을 주고 받고 있고, BS4 에 존재하는 2 개의 MH5, MH6 은 TCP 트래픽을 전달 받고 있는 상태이다. 따라서 MH 는 새로운 cell 로 이동할때마다 handoff 가 일어나게 되고 이때 route update packet 을 발생시켜 Gateway 로 전달하게 된다.



따라서 route update packet 이 얼마나 빨리 무선 채널을 점유하여 GW 까지 이동하느냐가 handoff latency 및 handoff 기간 동안 packet drop 에 결정적인 영향을 미친다.

두 번째 그래프는 IEEE802.11E draft 가 제안하고 있는 방법대로 실험할 결과이다. G.711 의 표준에 맞게 64kbps 의 CBR Traffic 이 발생하는 3 개의 MH 에는 가장 우선순위가 높은 AC 3 를 할당하였고 2 개의 TCP traffic 에는 가장 낮은 우선순위의 AC 0 를 할당하였다. 그리고 signaling traffic 인 route update packet 에 대해서도 가장 낮은 AC 0 를 할당한 결과이다.

세 번째 그래프는 본 논문에서 제안하고 있는 방법으로서 signaling traffic 인 route update packet 에 우선순위가 두 번째로 높은 AC 2 를 할당하였고 나머지는 표준 EDCF 와 동일하다.

CH 에서 발생하는 packet 은 G.711 의 특성을 갖고 있으며 총 7990 개가 발생한다. 이 경우 두 번째 그래프인 표준 EDCF 의 경우 MH 가 5813 개의 packet 을 수신하였고 27.2465%의 packet drop rate 를 기록하였다. 이에 비해 세 번째 그래프인 개선된 EDCF 의 경우 6344 개의 packet 을 수신하여 20.6%의 packet drop rate 를 기록하였다. 즉 기존의 EDCF 를 적용했을 때 보다 개선된 EDCF 를 적용했을 경우 531 개의 packet drop 이 덜 생김으로서 6.6465%의 packet drop rate 을 줄일 수 있었다.

### 5. 결론

IEEE 802.11e draft 는 DCF 의 기술에 기반하여 실시간 트래픽에 QoS 를 보장하기 위해 제안된 프로토콜이다. 하지만 이 프로토콜은 오디오, 비디오, 음성 등 실시간 트래픽에 대한 QoS 에 대해 언급을 하고 있으며 handoff 시 발생하는 signaling Traffic 에 대해서는 언급을 하고 있지 않다. 따라서 본 논문에서는 Cellular IP Network 망에서 handoff 시 발생하는 signaling traffic 인 route update packet 에 대해서도 상대적으로 높은 우선 순위를 할당 함으로서 handoff 시 발생하는 packet drop 을 줄이는 실험을 하였고 그 결과 표준 EDCF 를 적용했을 경우 보다 낮은 packet drop 을 기록하였다.

### 참고문헌

- [1] Wasan Pattara-Atikom and Prasht Krishnamurthy, " Distributed Mechanisms For Quality of Service in Wireless LANs", June 2003
- [2] IEEE std 802.11b, Supplement to Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specification, IEEE, 1999
- [3] IEEE 802.11E/D4.0, Draft Supplement Part 11 : Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical layer(PHY) specification: Medium Access Control(MAC) Enhancement for Quality of Service(QoS), November. 2002.
- [4] NS 2, "http://www.isi.edu/nsnam/ns"
- [5] Geroge Edwards and Narayan Suryakumar, "Cellular IP Performance", 2003
- [6] A.G.Valko, "Cellular IP: a new approach to Internet host mobility", ACM SIGCOMM Computer Communication, Vol.29, No.1, pp.45-54, January 1999
- [7] Andrew T.Campbell, Javier Gomez, Sanghyo Kim, and Chieh-Yih Wan, " Comparison of IP Micromobility Protocol", February 2002