

IEEE 802.11 네트워크에서 특정 모바일 노드의 대역폭 보장 방안

김 석 훈*, 조 항 기*, 좌 창 협**, 정회원 유 인 태*

Bandwidth Guarantee Mechanism of Specific Node for IEEE 802.11 Networks

Seok-Hoon Kim*, Hang-Ki Joh*, Chang-Hyup Jwa*, and In-Tae Ryoo** *Regular Members*

요 약

최근 네트워크 사업자들은 IEEE 802.11 표준을 지원하는 휴대용 단말기 시장의 확대를 바탕으로 새로운 서비스 시장을 개척하고자 기존에 구축되어있는 IEEE 802.11 무선 네트워크 인프라를 바탕으로 무선 인터넷 서비스의 확대를 공언하고 있다. 네트워크 사업자들은 무선 네트워크 인프라를 외부 업체에게 개방하여 부가적인 수익을 창출하려는 계획을 가지고 있으며, 이를 위해서는 개인 가입자의 무선 네트워크 개방 동의를 필수적이다. 하지만 개인 가입자의 경우 자신이 독점적으로 사용하던 무선 네트워크의 대역폭을 타인과 공유한다는 점에서 무선 네트워크 개방 동의를 이롭다고 볼 수만은 없으며 내부 가입자의 서비스 품질 향상이 필요하다. 이에 본 논문에서는 경쟁기반 무선 네트워크 서비스인 IEEE 802.11에서 특정 모바일 노드의 우선순위를 조절하여 매체 접근권한을 높이는 방안을 제안한다.

Key Words : 802.11e, BWE, EDCA, QoS/QoE, 대칭형 대역폭 할당

ABSTRACT

In Recently market sharing of smart phone those are supporting IEEE 802.11 standard is increasing rapidly. So, ISPs(Internet Service Providers) decided to extend supporting IEEE 802.11 wireless internet service based on network infra that is already installed. ISPs have planned to open wireless network infra to the other providers for additional profit. It requires customer's acceptance because of in-door Wi-Fi network, Nespot, LG070 and etc. But for customers, it's not fair. Because they installed the AP in there private space and have paid for it. So they regard that Wi-Fi network as their own private network and may don't want to share it with the others. Sharing network means reduction of the bandwidth of that customer. For customer's acceptance, ISPs should support QoS for that customer. In this paper, we suggest bandwidth guarantee mechanism of specific node(customer has installed AP) with control mobile node's media access priority.

I. 서 론

IEEE 802.11 무선 네트워크 표준은 LTE와 Wibro 등이 요구하는 광대역 무선 네트워크의 구

* 경희대학교 컴퓨터공학과 (kimsh@khu.ac.kr), ** 삼성전자, (itryoo@khu.ac.kr), (° : 교신저자)
논문번호 : 11023-0925, 접수일자 : 2011년 9월 25일, 논문게재확정일자 : 2012년 1월 12일

축, 유지비용에 비해서 비교도 되지 않을 정도로 낮은 비용을 요구한다. 또한 앞에서 언급한 광대역 무선 네트워크의 높은 구축비용은 서비스 지역의 축소를 유도하여 광대역 무선 네트워크 서비스의 활성화를 가로막고 있는 것이 현실이다. 반면 IEEE 802.11 무선 네트워크 표준은 네트워크 사업자들을 통해서 이미 전국적으로 구축이 되어있고 낮은 투자비용으로 인해 서비스 지역의 확대가 용이하며, 비용대비 서비스의 품질이 매우 우수하다.

또한 아직은 서비스 지역이 제한적인 광대역 무선 네트워크 서비스에 비해서 IEEE 802.11 무선 네트워크는 KT가 1만 4천여 개의 네스팟 존을 가지고, 인터넷 전화 서비스 업체인 LGT 역시 기존에 확보되어 있는 인터넷 전화의 AP를 통해서 IEEE 802.11 무선 네트워크 서비스를 제공한다.

이러한 시장의 동향은 IEEE 802.11 무선 네트워크 표준을 지원하는 아이폰과 옴니아, 블랙베리 등의 스마트폰이 시장에서 일으키는 폭발적인 반응과 함께 사업자들로 하여금 IEEE 802.11 무선 네트워크 서비스를 통한 새로운 사업 영역을 제공한다.

이미 구축된 802.11 무선 네트워크의 접근 개방은 사업자에게 있어서 부가적인 수익 창출을 의미한다. 하지만 사업자가 단독으로 공공기관 등지에 구축한 무선 네트워크 서비스와 무선 인터넷 서비스의 가입자 맥내에 구축된 무선 네트워크 서비스는 성격이 다르다. 가입자의 맥내에서 제공되는 무선 네트워크 서비스의 주체인 가입자가 무선 네트워크의 개방으로 인한 가용 대역폭의 축소에 동의할 이유가 없다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 기존의 사용자에게 최소한의 서비스 대역폭을 보장해서 외부 사용자와의 차별성을 제공하는 방안 즉, 특정 호스트의 대역폭 보장 방안이 필요하다. 이 개념은 최근 활발한 연구가 진행되고 있는 네트워크의 QoS 제공과 유사하며 대역폭 보장의 대상만이 다르다.

네트워크의 QoS 제공은 IPTV와 VOIP, 웹 등, 다양한 서비스를 대상으로 일정 수준의 대역폭을 보장하기 위한 개념이다. IEEE 802.11 표준에서 네트워크의 QoS를 제공하는 IEEE 802.11e 표준은 각각의 서비스에 우선순위를 부여하고 우선순위에 따라서 서비스의 매체 접근권한을 차등화 한다. 이로 인해 혼잡한 상황에서도 서비스에 할당된 우선순위에 따라서 대역폭을 보장받을 수 있다.

이는 곧 동등한 우선순위의 서비스들이 서로 다른

모바일 노드에서 실행되는 경우에도 동등한 매체 접근권한으로 인해 동등한 대역폭을 보장 받는 개념이다. 그러므로 네트워크의 QoS 제공만으로는 특정 모바일 노드에게 대역폭을 보장할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 특정 모바일 노드에게 높은 우선순위와 그에 따르는 매체 접근권한을 부여하여 IEEE 802.11 무선 네트워크 환경에서 특정 모바일 노드의 대역폭 보장 방안을 제안한다.

II. 관련연구

2.1. 업/다운 스트림의 대칭형 대역폭 할당

AP의 매체 접근권한을 높이기 위해서는 다음과 같이 매체 접근 권한의 조정이 필요하다. 여기에서는 IEEE 802.11e 환경에서 랜덤 백오프 값의 범위를 인위적으로 조절해서 AP의 매체 접근권한을 변경한다.

$$AIFS_i = DIFS,$$

$$CW_{min}^i = CW_{min}^{default} \partial_{-power2}(w_{max}/w_i), \text{ and (1)}$$

$$CW_{max}^i = CW_{max}^{default} \partial_{-power2}(w_{max}/w_i),$$

AIFS(i)는 노드 I의 AIFS 값을 의미하며, WLAN의 DIFS 값으로 고정한다. CWmin(i)와 CWmax(i)는 랜덤 백오프 값의 범위를 의미하는 최소와 최대의 값을 의미한다. weight(max)는 무선 네트워크에서 가장 높은 값의 가중치를 의미한다. round_power2(x)는 아래의 수식을 참고한다.

$$\partial_{-power2}(x) = \begin{cases} 2^{\lceil \log_2(x) \rceil}, & x - 2^{\lfloor \log_2(x) \rfloor} \leq 2^{\lfloor \log_2(x) \rfloor} - x \\ 2^{\lfloor \log_2(x) \rfloor} & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

위의 수식을 바탕으로 업 스트림과 다운 스트림의 대칭을 이루기 위해서 해당 연구에서는 모바일 노드의 가중치 weight(i)에는 1을 대입하고 AP의 가중치 weight(AP)에는 연결된 모바일 노드의 숫자를 대입했다. 예를 들어서 세 대의 모바일 노드가 연결된 무선 네트워크의 경우 weight(AP)는 3, weight(i)는 1이 대입된다.

III. 특정 모바일 노드의 대역폭 보장 방안

3.1. 모바일 노드의 대역폭 보장과 QoS 제공의 차이

네트워크의 QoS 제공은 IPTV와 VOIP, 웹 등,

다양한 서비스를 대상으로 대역폭을 보장한다. IEEE 802.11 표준에서 네트워크 QoS를 제공하는 IEEE 802.11e 표준은 각 서비스에 우선순위를 부여하고 우선순위에 따라서 서비스의 매체 접근권한을 차등화 한다. 이로 인해 혼잡한 상황에서도 서비스에 할당된 우선순위에 따라 대역폭을 보장받을 수 있다.

이는 곧 동등한 우선순위의 서비스들이 서로 다른 모바일 노드에서 실행되는 경우에도 동등한 매체 접근권한으로 인해 동등한 대역폭을 보장 받는 개념이다. 그러므로 네트워크의 QoS 제공만으로는 특정 모바일 노드에게 대역폭을 보장할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 특정 모바일 노드에게 높은 우선순위와 그에 따르는 매체 접근권한을 부여하여 IEEE 802.11 무선 네트워크 환경에서 특정 모바일 노드의 대역폭 보장 방안을 제안한다.

3.2. 매체 접근 권한의 차등화를 이용한 대역폭 보장

AP의 매체 접근권한에 연결된 모바일 노드의 수만큼 가중치를 부여해서 AP의 대역폭을 조절할 수 있다. IEEE 802.11 DCF의 DIFS나 802.11e EDCA의 AIFS 값의 조정 없이, AP와 모바일 노드들이 랜덤 백오프 알고리즘에서 사용할 타이머 초기 값의 범위 조절만으로 해결할 수 있다.

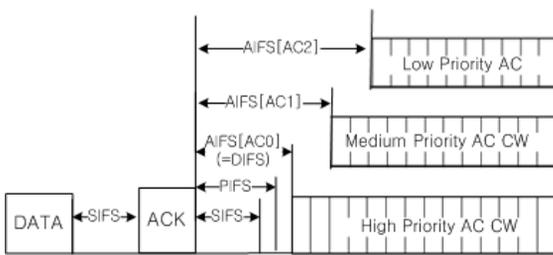


그림 1. EDCA MAC 메커니즘

3.3. 연결된 모바일 노드 숫자의 변동 적용 방안

IEEE 802.11 무선 네트워크에 연결된 모바일 노드의 숫자는 항상 변할 수 있다. 초기에 CWmin과 CWmax를 설정한 이후에도 언제든지 모바일 노드가 연결을 요청하고 종료할 수 있으므로 연결된 모바일 노드의 숫자에 대응해서 모바일 노드들의 CWmin과 CWmax가 변하지 않으면 특정 노드에 일정한 대역폭을 할당할 수 없다.

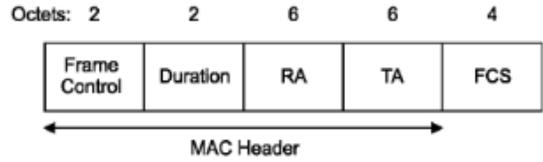


그림 2. RTS MAC 헤더

그러므로 AP에 연결된 모바일 노드의 숫자를 모든 모바일 노드에 전달하기 위해서 새로운 메시지 형식이나 방안이 요구된다. IEEE 802.11 MAC 프레임의 Frame Control 필드에서 프레임의 타입을 의미하는 Type 서브필드와 Subtype 서브필드가 존재한다. Type 서브필드는 두 비트, Subtype 서브필드는 네 비트이다.

B0										B15	
Protocol Version	Type	Subtype	To DS	From DS	More Frag	Retry	Pwr Mgt	More Data	Protected Frame	Order	
Protocol Version	Control	Subtype	0	0	0	0	Pwr Mgt	0	0	0	
Bits: 2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	

그림 3. Frame Control 필드

Type 서브필드의 상세를 보면 00은 Management 프레임을 의미하며 01은 Control 프레임을 의미한다. 연결된 노드 숫자의 변동을 알리는 메시지는 Management 프레임으로 설정하고 Subtype 필드의 상세에서 Reserved로 아직 사용되지 않는 값인 0110-0111을 사용할 수 있다.

하지만 연결된 모바일 노드의 숫자 전송 메시지는 오버헤드가 될 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 새로운 메시지 전송이 아닌 기존의 메시지 포맷을 활용해서 연결된 노드의 숫자를 전송하는 방안을 제안한다.

기존의 메시지 포맷에서 현재 연결된 모바일 노드의 숫자를 전달할 수 있는 필드를 확인한 결과, RTS/CTS나 DATA의 전송에서는 사용되지 않는 필드를 찾기가 어렵다. 하지만 ACK 프레임에는 Duration 필드가 사용될 여지를 가지고 있다.

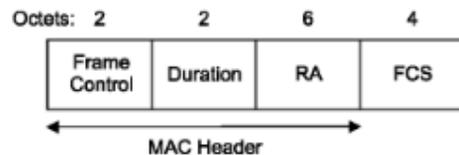


그림 4. ACK MAC 헤더

물론 ACK 역시 NAV가 끝나기 전, 연속적인 DATA를 전송하는 도중에는 Frame Control 필드의 서브필드인 More Fragmentation 비트가 1이며 Duration 필드에는 끝나지 않은 NAV를 의미하는 길이 정보를 포함한다. 하지만 한 번 획득한 매체 접근권한에서 마지막으로 보내는 ACK의 More Fragmentation 비트는 0으로 설정되며 더 이상의 NAV가 필요 없으므로 Duration 필드는 0이 된다.

즉, ACK 프레임의 More Fragmentation 비트가 0인 경우, Duration 필드가 의미 없이 사용됨을 알 수 있다. 모든 데이터의 전송에서 마지막에는 More Fragmentation 비트가 0이고 Duration 필드 역시 0인 ACK 프레임이 전송된다.

그러므로 추가적인 메시지를 전송할 필요 없이, 모바일 노드의 RTS에 의해서 시작된 데이터 통신에서 AP가 전송하는 마지막 ACK의 Duration의 첫 번째 비트에 상대방의 권한(일정 대역폭 이상을 할당받을 모바일 노드와 일반 모바일 노드를 구분)을 기록하고 나머지 비트에 현재 연결된 모바일 노드의 숫자를 기록해서 전송한다. 각 모바일 노드는 마지막 ACK의 Duration 필드의 값을 확인하여 네트워크에 연결된 모바일 노드의 숫자를 파악하고 자신의 권한을 확인할 수 있다.

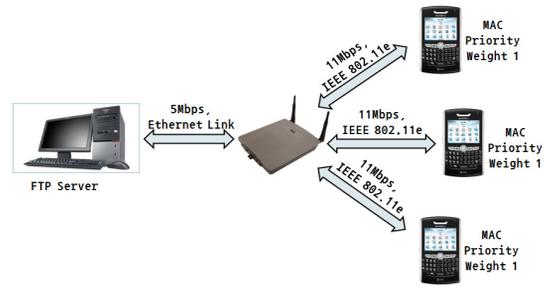
연결된 모바일 노드의 숫자가 동기화된 각각의 모바일 노드들은 3.2장에서 도출한 수식과 마지막 ACK에서 수신한 정보를 바탕으로 CWmin과 CWmax를 결정할 수 있고, 스스로 접근 권한을 변경해서 특정 노드가 계속해서 일정 대역폭 이상을 보장받을 수 있도록 한다.

3.4. 시뮬레이션 결과

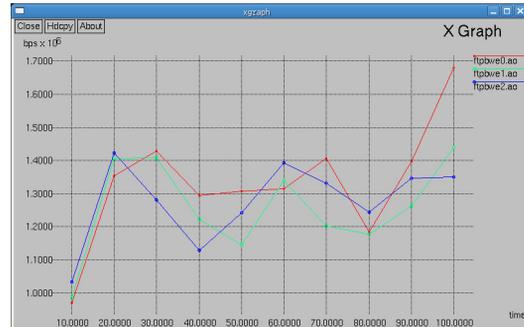
네트워크 시뮬레이션 환경은 다음과 같다.

우선 네트워크 시뮬레이터는 학술연구 목적으로 광범위하게 사용되는 NS-2(Network Simulator - 2)를 이용했다. NS-2는 개발언어는 TCL과 C++을 병용한다. 네트워크 환경은 무선환경의 2계층 MAC에 11Mbps 802.11e를 설정하고 유선환경의 2계층 MAC에는 5Mbps의 이더넷을 설정했다.

첫 번째 시뮬레이션을 수행한 네트워크 토폴로지는 다음과 같다. 다른 시뮬레이션에 대한 대조군으로 모든 모바일 단말에 동등한 매체 접근권한을 부여하고 각각의 모바일 단말에서 TCP Westwood +의 BWE (BandWidth Estimation)을 수행하였다.



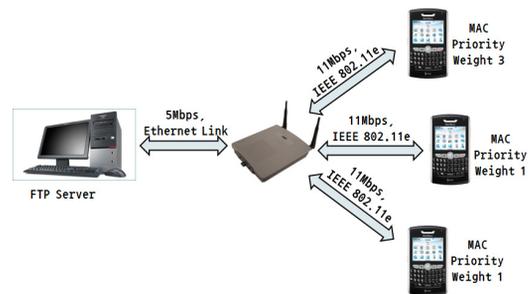
(a) 시뮬레이션 환경



(b) BWE

그림 5. 802.11e 시뮬레이션

모든 모바일 단말의 BWE가 유사한 것을 확인할 수 있다. 두 번째로 특정 모바일 단말에만 높은 매체 접근권한 가중치를 부여하고 기타 모바일 단말의 가중치는 그대로 유지하였다.



(a) 시뮬레이션 환경

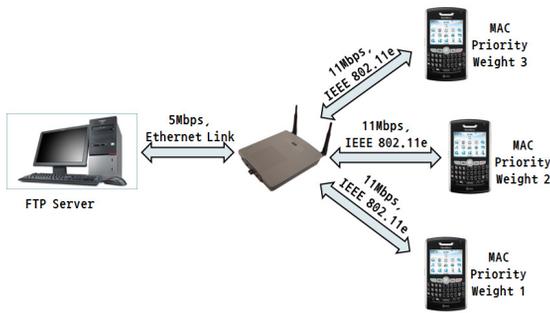


(b) BWE

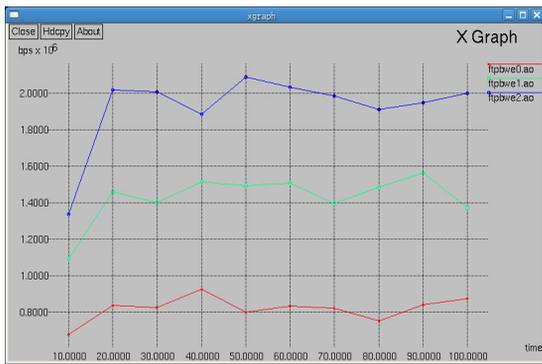
그림 6. 특정 노드에 대역폭 할당

그림 6.의 결과를 통해 특정 모바일 노드의 BWE가 다른 모바일 노드에 비해서 두 배에 가까운 것을 확인할 수 있다. 마지막으로 모바일 노드 각각에 다른 가중치를 부여해 보았다.

각 모바일 노드가 부여받은 가중치에 따라서 다른 매체 점유율을 보이는 시뮬레이션 결과가 확인된다.



(a) 시뮬레이션 환경



(b) BWE

그림 7. 모든 노드에 다른 대역폭 할당

IV. 결 론

논문에서는 경쟁기반 무선 네트워크 서비스인 IEEE 802.11에서 특정 모바일 노드의 우선순위를 조절하여 매체 접근권한을 높이는 방안을 제안하였다. 특정 모바일 노드의 대역폭을 보장하기 위하여 모바일 노드의 대역폭 보장과 QoS 제공의 차이점, 매체 접근 권한의 차등화를 이용한 대역폭 보장 및 연결된 모바일 노드 숫자의 변동 적용 방안을 통하여 본 논문에서 제안하는 방안이 각 모바일 노드마다 부여한 가중치에 따라 다른 매체 점유율을 보이는 것을 확인할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2011-(C1090-1111-0001))

참 고 문 헌

- [1] IEEE Computer Society, "IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications", 2007
- [2] IEEE 802.11 WG, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification," Aug. 1999.
- [3] Y. Xiao, "Performance Analysis of Priority Schemes for IEEE 802.11 and IEEE 802.11e Wireless LANs," to appear, *IEEE Trans. Wireless Commun.*
- [4] Albert Banchs 외 4인, "Applications and Challenges of the 802.11e EDCA Mechanism: An Experimental Study", p.52 ~ p.58 *IEEE Network Magazine* July/August 2005
- [5] Qiang Ni, "Performance Analysis and Enhancements for IEEE 802.11e Wireless Networks", p.21 ~ p.27 *IEEE Network Magazine* July/August 2005
- [6] Stefan Mangold 외 3인, "IEEE 802.11e Wireless LAN for Quality of Service", *European Wireless'2002*, February 2002
- [7] Z. Kong 외 2인, "Performance Analysis of IEEE 802.11e Contention-Based Channel Access," *IEEE JSAC*, vol. 22, no. 10, Dec. 2004, pp. 2095 - -2106
- [8] YANG XIAO, HAIZHON LI. "Evaluation of Distributed Admission Control for the IEEE 802.11e EDCA". *IEEE Radio Communications*. September 2004.
- [9] Jeffrey W. Robinson. "Saturation Throughput Analysis of IEEE 802.11e Enhanced

Distributed Coordination Function", *Selected Areas in Communications, IEEE Journal*. NO.5, June 2004

김 석 훈 (Seok-Hoon Kim) 정회원



2000년 2월 경희대학교 전자계산공학과 (공학사)
2004년 8월 경희대학교 대학원 전자계산공학과 (공학박사)
2006년 7월 IOne, Inc. 선임 연구원
2009년 5월 Neowave, Inc. 선

임연구원
2009년 6월~20011년 6월 경희대학교 실감형 유비쿼터스 IPTV 연구센터 Post. Doc.
2011년 7월~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 학술 연구교수
<관심분야> Future Internet, QoS/QoE, 4G

조 항 기 (Hang-Ki Joh) 정회원



2004년 2월 경희대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
2004년 2월 삼성전자 솔루션 개발팀 연구원
2008년 8월 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과
2006년 9월~현재 경희대학교

대학원 컴퓨터공학과 박사과정 (공학석사)
<관심분야> IPTV, Crosslayer Design, QoS/QoE

좌 창 협 (Chang-Hyup Jwa) 정회원



2008년 2월 경희대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
2010년 2월 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
2010년 3월~현재 삼성전자 무선사업부 연구원
<관심분야> IEEE 802.11,

IPTV

유 인 태 (In-Tae Ryou) 정회원



1987년 2월 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1989년 2월 연세대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1994년 2월 연세대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
1997년 2월 동경대학 전자정보

통신 전공 (Ph.D)

1999년 3월~현재 경희대학교 전자정보대학 교수
<관심분야> 인터넷 기술, IPTV, QoS/QoE, 멀티미디어 트래픽 관리