

IEEE 802.11n 멀티미디어 네트워크 융합 기술 전망

이준구, 정진우, 양성보(한국정보통신대학교, 상명대학교, 현대-기아 자동차)

1. 개요

혁신적인 정보통신 기술의 발달로 무선 환경에서도 유선 못지않은 통신 대역폭과 안정성이 가능해짐에 따라 최근 무선 환경에서의 멀티미디어 서비스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 무선 통신의 기술적인 발전에 따라 새로운 인프라를 사용하는 서비스의 패러다임도 변화하고 있는 것이다.

IPTV, VoIP 등의 차세대 멀티미디어 서비스뿐 아니라 가정 내 유비쿼터스 통합 멀티미디어 서비스 등이 기술의 변화로 기존의 유선 환경에서 무선 환경기반으로 옮겨가고 있다^[1]. 그러나 기존의 무선통신 기술인 802.11a/b/g 는 http 데이터나 파일전송 서비스를 위한 무선랜으로 개발되어 왔고, 통합 멀티미디어 네트워크 서비스를 지원하는데 대역폭과 실시간전송의 성능이 제한적으로 지원되고 있다^[2]. 지난 2007년 상반기 IEEE에서 802.11n 표준안이 완성되고^[3] 국내에도 2007년 10월 802.11n의 dual band (40MHz) 채널의 사용이 승인되어, 기존에 54Mbps급을 지원하는 802.11a/g 에 비해 대

역폭은 최소 3배에서 최고 10배까지 향상시키고, 도달거리는 4배 이상 증가되어 향후 HD급의 멀티미디어 서비스에 응용이 기대되고 있다^[4].

최근 IEEE 표준 단체에서 802.11n draft2.0 표준을 발표함에 따라 인텔, 브로드컴, 아테로스 등 주요 칩 밴더그룹(EWC)이 제안한 표준안의 최종본이 거의 완성이 되어 802.11n 표준화 칩셋들의 시장 점유 경쟁이 더욱 치열해지고 있다. 이미 선발 업체들은 2년전 IEEE 802.11n 드래프트 사양을 업계최초로 적용한 상용제품을 시장에 내놓았다. 이 제품은 802.11n을 적용함으로써 최고 300Mbps 이상의 무선 대역폭을 제공하여 동시 다중 멀티미디어 데이터 스트림의 서비스 제공이 가능해지고 있다. 이러한 기술의 지원은 기존의 PC에서부터 가전제품, 엔터테인먼트 장치로까지 무선통신 기술의 적용 범위를 확장시킬 수 있게 만들어 이상적인 멀티미디어 환경을 구축하는 것을 가능하게 해주었다.

브로드컴의 가전/무선 사업부의 총괄책임자 마이클 헐스톤(Michael Hurlston)은 “802.11n 표준은 Wi-Fi 시장에 엄청난 성장 동력을 제공하는 차세대 WLAN 기술이 될 것

이다”라고 차세대 무선 통신 멀티미디어 서비스에서의 802.11n이 갖는 의미를 설명하였다.

본고에서는 802.11n 기반으로 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 망 QoS(Quality of Service)와 관련된 IEEE 표준 기술 동향과 전망을 간략히 소개한다.

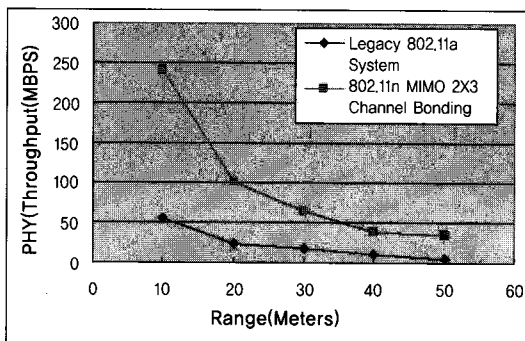
II. IEEE 802.11n 대역폭 성능

멀티미디어 서비스에서의 802.11n이 갖는 최대의 강점은 높은 대역폭에 있다. 이러한 기술은 다중입출력방식(MIMO: Multiple Input Multiple Output)을 도입함으로써 가능하게 되었는데, 이는 무선 트래픽을 하나의 무선 채널을 통해 전송하는 게 아니라 여러 개의 안테나와 송기신기의 조합으로 공간적으로 분할된 여러 무선 채널을 통하여 하나의 데이터 링크를 형성하게 된다. 이러한 공간다중화(spatial multiplex)와 부호화 전송을 이용함으로써 데이터 대역폭과 전송 거리를 수배 이상 증가시킬 수 있다. 송신, 수신 안테나의 수를 각각 M, N이라고 했을 때, 이론적 근사치

산정으로 대역폭은 M, N 중 작은 값의 배수로, 서비스 영역 면적은 $M \times N$ 배수로 증가하게 된다. 그리고 802.11에서 정의한 한 채널의 주파수 대역폭을 두 배로 증가시킨 dual band 모드는 두개의 인접한 주파수 채널이 하나의 데이터 채널로 묶어 데이터 전송 대역폭을 두 배 이상 증가 시키게 되어 있어 이론적으로 최고 500 Mbps까지의 데이터 전송 대역폭을 제공할 수 있다. 그림 1은 이러한 802.11n의 개선된 대역폭과 전송 거리를 802.11a 비교하여 보여 주고 있다. 국내에서도 2007년 하반기 전파법의 개정으로 802.11n의 점유주파수 대역이 24MHz이하에서 40MHz 초과 60MHz 이하로 조정이 되면서 국내에서도 802.11n의 모든 대역을 쓰는 것이 가능해져 국내에서도 관련 기술, 제품, 서비스의 연구 개발이 활발해 질 것으로 기대되고 있다.

세계시장에 상용화 된 802.11n 제품들은 현재 300 Mbps 까지 채널 대역폭을 제공하고 있다. 하지만 이것은 802.11n 프레임의 페이로드 데이터 대역폭이고 헤더 부분의 대역폭은 기존 802.11과 같은 1Mbps 이기 때문에 헤더의 오버헤드가 과중하여 TCP/IP 패킷 전송 시 transport 계층의 실질 대역폭은 최대 약 120 Mbps 를 얻을 수 있다.

2007년 11월 디지털 데일리가 주관한 “차세대 무선네트워크 세미나 2007”에 참가한 Intel, Cisco Systems, Motorola, Netgear, Merunetworks, Aruba Networks 등 세계적인 통신장비 회사들이 802.11n을 사용한 무선 환경에서의 멀티미디어 서비스와 보안, 안정성에 대한 발표를 하였다. 기초연설자로 나온 Merunetworks 은 “향후 몇 년 내 기업의 네트



(그림 1) 802.11a와 802.11n과 성능 비교
(출처: Matalink)

워크 접속방식은 유선에서 무선으로 대체될 것으로, 802.11n은 가장 최적의 기술로 평가된다”고 설명했다.

높은 대역폭과 획기적인 성능으로 멀티미디어 서비스를 위한 차세대 무선 네트워크 솔루션으로서 802.11n의 위상은 이미 독보적이라 할 수 있다. 장차 무선 멀티미디어 서비스 시대에 가장 우수한 망 솔루션으로 802.11n의 선전이 기대된다.

III. 멀티미디어 802.11n 무선랜 서비스

멀티미디어 망 서비스는 기존의 데이터 무선랜에 영상, 음향 망 서비스를 추가적으로 지원하는 네트워크이다. 따라서 안정된 고품질의 영상과 음향을 지원하기 위한 망대역폭, 손실률, 지연시간 등에 대한 QoS 품질의 개선이 요구 된다. 이러한 멀티미디어망 서비스는 공공 멀티미디어 콘텐츠의 전송요구사항과 가정내 또는 빌딩내에서 영상, 음향의 전달을 위한 고품질 소비자망의 전송요구사항이 다를 수 있는 데, 본고에서는 고품질 소비자 망에 대한 기술적 해결 사항을 기술하기로 한다.

고품질 멀티미디어 망 서비스의 영상 콘텐츠는 JPEG(joint photographic experts group)의 디지털 시네마를 위한 Motion JPEG 2000로서 전송하는 방법이 가장 많이 채용되고 있다⁶⁾. JPEG 2000은 MPEG (motion picture experts group) 계열의 영상압축과 달리 영상 프레임간의 영상정보를 이용하지 않고, 각각의 프레임을 독립적으로 압축하여, 실시간 영상 재생 기능이 제공되고, 대신에 압축비는 다소 적어져 다소 많은 전송 대역폭

이 필요하게 된다. 표 1은 이러한 영상 대역폭을 비교하여 보여 준다. 802.11n의 무선랜은 과거 802.11a/b/g로 제공할 수 없었던 고품질 멀티미디어의 망 서비스가 가능하게 된다. 최근 JPEG 단체에서 JPEG 2000 Part 11, Wireless (JPWL)를 제정 공포하는 등 무선랜에서 JPEG 영상전송이 많은 관심을 갖고 개발되고 있다.

음향 전송은 표 2에 제시된 바와 같이 그다지 많은 대역폭을 요구하지는 않지만 영상과 동기, 입체영상 채널간의 동기가 매우 중요하게 된다. 서라운드 음향 시스템은 전방 3채널, 후방 2채널, 초저음 1 채널로 이루어진 5.1채널 음향시스템이 널리 사용되고 있다. 따라서 총 6채널의 음향 정보가 전달되나 AC3 영상과 음향의 동기는 실험적으로 수십 millisecond정도의 정확도를 가져야 하는 것으로 알려져 있다. 서라운드 음향은 DSP(digital signal processor)에 의해 음색뿐만 아니라 반향을 생성하고 조절하여 풍부한 음량감을 만들어 준다. 이때 반향효과를 정확히 재생하기 위하여 여러 개의 스피커가 사용되고, 음향 정보가 네트워크를 통해 전

〈표 1〉 고품질 영상 망 서비스 대역폭

영상 응용	해상도	비압축 대역폭	대표적 JPEG2000 대역폭
전자시네마	1280x720 16bit 24fps	354 Mbps	18 Mbps (20:1)
HDTV	1920x1080 20bit 24fps	995 Mbps	140 Mbps (7:1)
디지털시네마	4096x2048 30bit 24fps	6040 Mbps	450 Mbps (12:1)

달될 경우 각각 스피커의 채널간의 정확한 동기가 필요하다. 정확한 반향 효과는 음향의 위상차를 제어할 수 있는 동기 정밀도가 필요한데, 사람의 가청력이 약 1kHz에서 가장 우수한 점을 고려하면 1ms 정도의 동기시간 정확도가 요구된다^[7, 8]. 이러한 망동기는 물리계층이 통계적 다중화(statistical multiplex)를 사용하는 802.11망에서는 패킷 동기기술이 필요하고, 최근 IEEE 802.1as/avb에서 유선랜의 동기기술이 표준화 되고, IEEE 802.11v에서 무선랜의 동기기술이 논의되고 있다.

IV. 관련 기술 동향

1. IEEE 802.1AS 동향

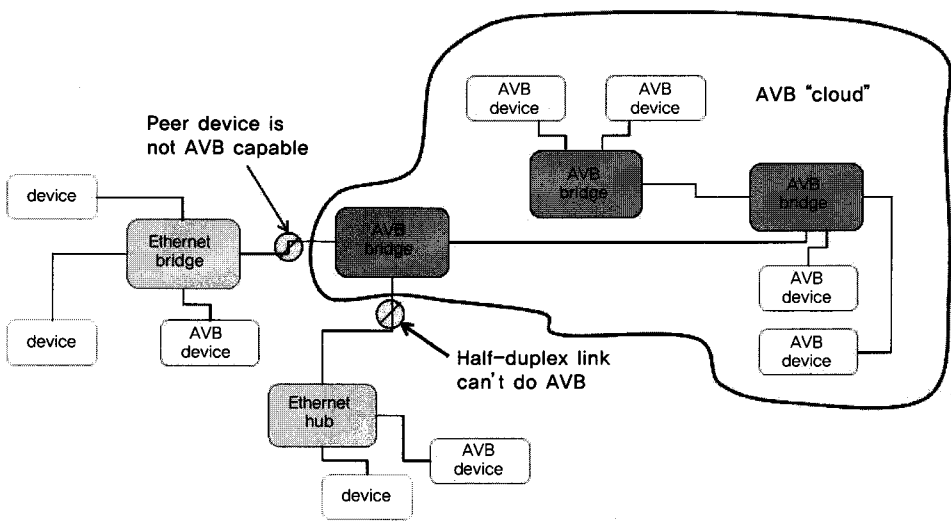
IEEE 802.1은 IEEE 802 기술 기반의 멀티미디어 통신 솔루션 제공, 고품질 오디오 비디오 네트워킹 등을 목적으로 하는 AVB TG

(Audio/Video Task Group)을 2005년 11월 창설하였다. 이 기술의 핵심은 일정 범위 내의 브리지들의 클럭을 동기화시킴으로써 동기화 트래픽 전송을 가능하도록 하는 것이라고 할 수 있다.

이를 위해 AVB TG에는 네 개의 하위 TGs가 존재하는데, 그 중 하나가 'Network timing and synchronization' 기술을 담당하는 IEEE 802.1AS이다. 이외에 IEEE 802.1AT(stream reservation protocol), IEEE 802.1AU(bridging operation), 그리고 IEEE 802.1AV(recommended architecture) 등이 있다.

브리지들을 동기화 시키는 방법으로는 아래의 하나의 AV cloud 중의 특정 브리지를 주 브리지 (master)로 지정하여 다른 종속브리지 (slave)들이 주브리지의 클럭에 동기화되게 하는 방법이다.

이렇게 기본적으로 동기화 되어 있지 않고, 서로 free running하고 있는 브리지들의 클럭을 동기화하는 방법으로는 이미 잘 알려진



<그림 2> IEEE AVB 망구성과 연결구성

IEEE 1588 기술을 사용하고 있다. IEEE AVB에서의 동기화 프로토콜인 IEEE 802.1AS는 바로 이 IEEE 1588(version2)를 적절히 수정 적용하여 유무선 네트워크에 적합하도록 개발한 프로토콜이다. 이러한 IEEE AVB의 토폴로지와 연결은 그림 2에서 보는 바와 같다.

하지만, 메시지 포맷과 데이터 타입이 약간 상이하고, IEEE 1588에서는 전송되지 않는 AVB 주파수와 위상 보정 알고리즘을 IEEE AVB에서는 사용한다는 점 등, 서로 다른 특징을 보이는 부분도 있다.

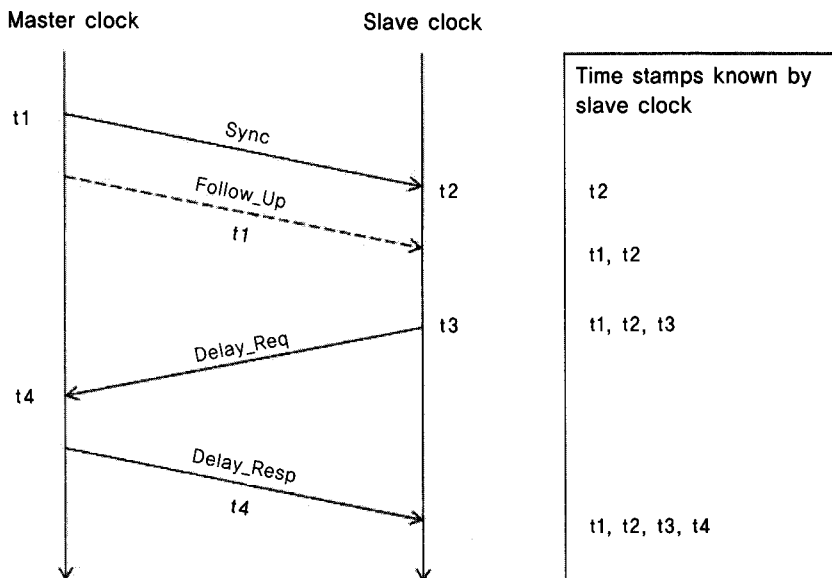
이와 같은 IEEE AVB 표준화 작업은 우리나라의 삼성종합기술원이 주요 표준안 관련 작업을 주도하고 있으며, 이러한 IEEE 802.1AS 표준 문서는 2008년 1월 현재, Draft 1.1까지 업데이트 되어 있는 상황이다.

2. 망동기 기술 요약

IEEE 802.11n을 이용한 멀티미디어 네트워크 기술은 기존의 IEEE 802.11 무선랜 기술을 바탕으로 하며, 모든 물리계층 위에 올라갈 수 있는 MAC이라는 것에는 크게 다른 부분이 없다. 그러나 여기에는 오디오 및 비디오 등의 다양한 멀티미디어 서비스 제공을 위해 각 디바이스들 간의 동기화라는 주요 기술이 필요하다.

다시 말하면, 무선이라는 특성으로 인해 분산되어 있는 각 디바이스들이 동시에 플레이 되고, 오디오와 그에 상응하는 비디오 스트림 간의 동기가 제대로 이루어지도록 하기 위해서는 망동기화 기술이 뒷받침되어야 한다는 것이다.

이러한 동기화 기술은 GM(grand master)을 선출하는 것으로 시작된다. 즉, 하나의 네트워크 내에 연결되어 있는 여러 디바이스들 가운데



〈그림 3〉 시간 동기화 과정

데 best preference value를 갖는 디바이스가 GM이 되고, 이를 기준으로 하여 다른 디바이스들은 slaves로써 동작하며 이들 간의 동기화가 이루어지게 된다.

GM 선출 이후의 과정은 그림 2와 같다. GM은 slave에게 Sync 메시지를 전송하는데, 이때 MAC으로부터 PHY를 지나가는 시점에서 전송한 시간 정보 (t_1)가 캡처된다. 이후에 Sync 메시지를 전송한 시간 정보, 즉 t_1 을 담은 Follow_Up 메시지를 추가적으로 slave에게 전송 (t_2)한다. 이를 수신한 slave는 Follow_Up 메시지를 통해 얻은 t_1 값과 GM으로부터 Sync 메시지를 받은 시간 값 (t_2)을 이용하여 자신의 시간 정보를 수정한다.

이후에 slave는 GM과의 delay를 파악하기 위해 Delay_Req 메시지를 GM에게 전송 (t_3)한다. 이에 대응하여 GM은 slave로부터 Delay_Req 메시지를 받은 시간 정보 (t_4)를 Delay_Resp 메시지에 담아 slave에게 전송한다. 이 값을 통해 slave는 최종적으로 자신의 시간 값을 수정하게 되고, 이로써 GM과의 동기화가 이루어지게 된다.

망사업자급 네트워크에서는 국제 표준(IEEE 1588)으로 제정되어 있는 기술로 SDH/SONET, ATM 등의 시분할다중망(TDM)의 망동기화를 이루어 왔다. 이더넷 네트워크의 동기화 기술은 국제 표준인 IEEE 802.1 AVB에서는 표준화 재정이 현재 진행단계에 있다.

무선 네트워크에서는 air-interface를 사용한다는 특성 등으로 인해, 유선 네트워크에서 보장받을 수 있는 symmetric 하고 fixed한 link delay 등을 제대로 보장받을 수 없다.

따라서 기존 유선 네트워크에서의 동기화

기술을 무선 네트워크 환경에 적합하게 접목시키기 위한 기술, IEEE 802.11v의 위치 계측(location estimate) 기술을 기반으로 하는 동기화 기술 등이 지속적으로 연구되고 있다.

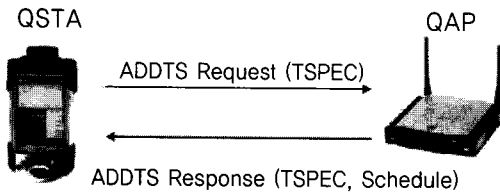
3. IEEE 802.11 T-Spec 동향 소개

802.11 MAC 프로토콜에서 사용하는 DCF(distributed coordination function) 기반의 반송파 감지 다중접속(CSMA/CA) 방식은 무선 매체마다 다른 QoS와 우선순위를 제공하기 어려운 문제를 가지고 있다. 이를 해결하기 위해 IEEE 802.11은 PCF(point coordinator function)와 HCF(hybrid coordinator function) 방식을 제안하며 HCF는 QoS를 제공하기 위해 EDCA(enhanced distributed channel access), HCCA(HCF controlled channel access) 두 가지 모델을 제공한다. EDCA는 네 가지의 차별화된 접근 레벨을 제공하며 HCCA는 중앙에서 조정되며 polling 기반의 TXOP(transmission opportunities)를 사용한다.

HCCA는 HC(hybrid coordinator)에 의해서 조정되며 HC는 TXOP를 사용해 매체접근 시간의 할당을 제어하는 기능을 수행한다. TXOP 제한 값은 TSPEC(traffic specification)에 의해 결정된다. TSPEC은 스테이션에 의해 요청되며, 액세스 포인트는 네트워크 상황에 따라 TSPEC의 요청을 허용 또는 거절할 것인가를 결정한다.

아래의 그림 4는 802.11 TSPEC을 그림 5는 TSPEC을 이용한 연결제어(admission control)의 한 예를 보여준다.

TSPEC을 이용한 연결제어에서 AP는 받는 요청에 대한 연결제어를 수행하기 위해서 트



〈그림 4〉 802.11 TSPEC 의 개념

래픽 파라미터들을 사용한다. 여기서 Service Interval은 연속적인 서비스 주기 (Service periods : SP)를 뜻하며 예약된 대역폭과 직접적인 관계가 있다.

기존의 TSPEC은 대역폭과 전달지연 두 가지 파라미터만이 종단 어플리케이션을 위한 주요 성능 지표였다. 최근의 TSPEC은 TSPEC 프레임 내의 mean data rate, peak data rate, burst size 필드 등을 토큰 버킷의 파라미터로 사용하는 Audio-Video Bridging 등의 어플리케이션에도 이용된다. 이러한 TSPEC 파라미터들이 이용되는 이유는 트래픽의 최대값을 알 수 있으며 네트워크 디바이스에서 guaranteed rate (GR) 스케줄러와 될 경우 중단 간 딜레이 한계값을 쉽게 알 수 있기 때문이다.

이러한 TSPEC은 동기화를 위해 802.11v에 쓰이고 있으며 802.11v는 Wireless network management 역할을 하며 실시간 모니터일과 시스템 관리에 관한 작업을 한다. 현재 draft 1.0

에 대해 검토 중이며 망부하 분산을 위한 BSS (basic service set) 이전 관리, 중복위치 간섭보고, 이벤트 보고, 유연한 broadcast/ multicast 서비스, multicast 진단 보고, proxy ARP 등에 멀티미디어 무선망의 품질관리를 가능하게 하는 기술들에 대하여 논의 중에 있다.

V. 향후 전망

기술적 성숙도가 높고 거의 이론적 극한 성능에 IEEE 802.11n의 물리계층이 140 Mbps 이상의 최고 대역폭을 TCP/IP 계층에 제공하고, 수백 미터의 도달거리를 제공하게 됨으로서 차세대 액세스, 로컬에어리어 망에 많은 활용이 기대 된다. 최근 관심이 급부상하고 있는 펌토셀 무선망 기술로서 주요 후보 기술로 많은 관심을 갖고 있는 데, IEEE 802.11 TSPEC에서 망 성능과 서비스를 관리할 수 있는 표준이 제정되고 있어 일반 소비자의 무선랜 뿐만 아니라 망사업자들의 액세스망으로서도 기술 경쟁력이 확보되어 지고 있다.

이러한 펌토셀 또는 무선랜에서 멀티미디어 망서비스의 품질이 IEEE 802.11n의 시장도입과 이에 제반된 품질 기술, 관리 기술이 빠르게 표준 기술로 제정되고 있어 고품질 영상 음

Element ID	Length	Schedule Info	Service Start Time	Service interval	Maxium TXOP Duration	Suspension Interval
------------	--------	---------------	--------------------	------------------	----------------------	---------------------

Service Start Time	Minimum Data rate	Mean Data rate	Peak Data rate	Burst Size	Delay Bound	Minimum PHY rate	Surplus Bandwidth Allowance	Medium Time
--------------------	-------------------	----------------	----------------	------------	-------------	------------------	-----------------------------	-------------

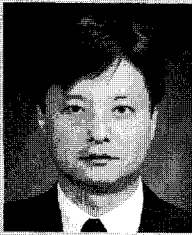
〈그림 5〉 TSPEC의 연결제어 메시지

향 기기간의 고품질 멀티미디어 망으로서 뿐만 아니라, VoIP(voice over IP)와 IPTV 등의 서비스가 가능한 공공 무선망으로서 시장의 확산이 예상되고 있다. 아직은 3GPP, 3GPP2 계열의 이동통신망과 WiMAX/Wibro 서비스에 비해 서비스의 안정성이나 접근성이 많이 떨어지나 현재 미국과 유럽의 802.11 공공 망 서비스가 이미 많은 수요를 확보하고 있고, PC 또는 임베디드 프로세서 기반의 기반의 디바이스에 완벽한 접근성을 제공하여 서비스의 확산의 전망이 기대된다.

==== 참고 문헌 =====

- [1] D. Niyato, E. Hossain, "Wireless broadband access: WiMAX and beyond - Integration of WiMAX and WiFi: Optimal Pricing for Bandwidth Sharing," IEEE Comm. Mag., v. 45, Issue 5, pp. 140 - 146, May 2007.
- [2] David Kushner, "Wi-Fi for the people," IEEE Spectrum, November 01, 2006.
(<http://www.spectrum.ieee.org:80/spectrum/nov06/4684>)
- [3] 디지털 데일리 2007년 11월 28일자 "2008년엔 802.11n이 지배적 기술 될 것"
- [4] IEEE Standards, "Draft 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: Amendment : Enhancements for higher throughput," IEEE SA, P802.11n, Feb, 2007.
- [5] H. Sampath, S. Talwar, J. Tellado, V. Erceg, and A. Paulraj, "A fourth-generation MIMO-OFDM broadband wireless system: design, performance, and field trial results," IEEE Comm. Mag., v.40, i.9, pp.143-149, Sep. 2002.
- [6] Motion JPEG 2000, JPEG 2000 Part III, ISO/IEC 15444-3, Nov. 2001.
(<http://www.jpeg.org/jpeg2000/index.html>)
- [7] ATSC Implementation Subcommittee Finding: Relative Timing of Sound and Vision for Broadcast Operations, ATSC, Doc. IS-191, 26 June, 2003.
- [8] G. Garner, "Summary of A/V Bridging Network Requirements," IEEE 802.1 AVB TG Design meeting, Feb. 2006.
(<http://www.ieee802.org/1/files/public/docs2006/avb-garner-requirements-summary-r4-060217.pdf>)

저자소개



이준구

1988년 2월 서울대학교 전기공학과 공학사
 1990년 8월 서울대학교 전기공학과 석사
 1995년 6월 U. of Michigan, Ann Arbor, EECS, Ph.D
 1995년 7월-1996년 9월 Princeton Univ., USA, Research Associate
 1996년 9월-1998년 9월 NEC Research Institute, USA, Scientist
 1998년 9월-2002년 11월 Corning Inc., USA, Sr. Research Scientist
 2003년 3월-2005년 3월 삼성전자 삼성종합기술원 수석연구원
 2005년 3월-현재 한국정보통신대학교 부교수
 주관심 분야 : 무선통신 네트워크, 광통신 네트워크



정진우

1992년 2월 KAIST 공학사
 1994년 8월 Polytechnic Univ., USA, 석사
 1997년 8월 Polytechnic Univ., USA, 박사
 1997년 10월-2001년 2월 삼성전자 중앙연구소
 2001년 3월-2005년 2월 삼성전자 삼성종합기술원
 2005년 3월-현재 상명대학교 소프트웨어학부
 주관심 분야 : 유무선 네트워크, 임베디드 시스템

저자소개



양성보

2005년 2월 송실대학교 정보통신전자공학부 학사
 2007년 2월 한국정보통신대학교 공학부 석사
 2007년 1월-현재 현대기아자동차 연구원
 주관심 분야 : 차량 네트워크, 무선 통신