

유비쿼터스 Scale-free WPAN Access 기술

송형규, 유영환 (세종대학교), 조위덕 (아주대학교)

1. 서론

유비쿼터스 공간은 전자공간에서는 컴퓨터를 통해서만 인터넷으로 접근이 가능했던 한계를 벗어나서 모든 종류의 단말을 사용하고 모든 종류의 물리적인 기기들을 통하여 네트워크에 접근할 수 있는 확장성, 개방성의 제공을 의미한다. 미래의 유비쿼터스 환경이 좀더 자유롭고 다양화되기 위해서 액세스망의 고속화 및 무선화(이동성 제공)는 여전히 필수적인 발전 요소이다. 근거리 무선 네트워크라는 하나의 작은 세상에 유비쿼터스 환경을 구현하는 것은 자신의 의지에 따라 맞춤형으로 언제든지 구현이 가능한 일이기 때문에 유비쿼터스 환경을 제공할 수 있는 WPAN(Wireless Personal Area Network) 기술은 매우 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다. 이와 같이 모든 종류의 물리적인 기기들을 기존의 유선 네트워크 토폴로지를 이용하여 연결한다면, 망 구성의 복잡성 증가뿐만 아니라 자유로운 접속의 개념과도 상충되는 문제를 야기하게 된다.

유비쿼터스 네트워크는 반도체 및 프로세

서의 성능 향상과 저전력 기술의 발전, 고속 WPAN과 유비쿼터스 네트워크 기술의 진보, 그리고 새로운 형태의 센서 네트워크 등의 출현으로 실세계의 객체에 컴퓨터를 내장하여 인간은 이를 의식하지 않고 이용하며 궁극적으로 현실 세계의 상황을 인지할 수 있다. 지금까지 인간은 정보 기술의 발전에 따른 편리함을 누린 반면, 새로운 기술이 출현할 때마다 이를 새롭게 학습해야 하는 부담이 있었다. 유비쿼터스 네트워크가 이루고자 하는 궁극적인 목표인 컴퓨터 자체가 보이지 않는 뒤편으로 감추어진다는 것은 정보 기술이 지닌 잠재력을 이루는 것이다. 또한 무선 네트워크 기술은 공간에서 망 구성 요소들 간에 언제 어디서나 접속되어 어떠한 형태의 연결에서도 제약이 없는 무선 네트워크를 구성하기 위한 핵심 기술로 어떤 공간에서든 네트워크 간 통합과 연결을 실현할 수 있고, 속도와 용량의 제한이 없는 완전한 네트워크를 구현하기 위한 기술이 필요하다.

본고에서는 근거리 무선 통신 환경에 대한 위치 및 상황 인지를 통하여 2~10GHz의 주파수 대역에서 고속의 데이터 전송을 환경에

맛게 변화시킬 수 있는 Scale-free WPAN access 기술을 살펴본다.

II. WPAN 기술 현황

최근에는 거리에서 노트북 PC를 이용해 인터넷 접속하는 비즈니스맨을 자주 볼 수 있으며 가정에서도 브로드밴드를 이용한 상시 접속이 보급되면서 더욱 손쉽게 인터넷에 접속할 수 있는 환경이 정비되고 있다. 또한 90년대 후반부터 휴대전화가 급속히 보급되어 '어디서나 손쉽게 네트워크에 접속해 각종 정보에 접속하고 싶다'는 소비자의 요구가 더욱 높아지고 있는 실정이다. 이와 같이 높은 전송속도가 필요한 접속에는 WLAN(Wireless Local Area Network) 기술을 사용하고, 가정 내 정보기기와 같이 전송속도보다 저가격, 저 소비전력이 더욱 필요한 접속에는 WPAN을 사용하려는 움직임이 늘고 있다. WPAN은 10m 이내 정도의 근거리

에 놓여 있는 컴퓨터와 주변기기, 이동단말기, 가전제품 등을 상호 무선 네트워크로 연결하여 기기간 양방향 통신을 이루어 다양한 응용분야를 지원하는 기술이다. 일상생활의 편리성을 더욱 향상시킬 수 있는 WPAN 기술에 대한 필요성이 급격히 대두되는 상황에 현재는 근거리 무선통신 응용으로 IEEE1394 또는 USB(Universal Serial Bus) 등을 사용하고 있지만, 이러한 디지털 데이터를 무선으로 송수신하기 위한 고속 WPAN 기술이 연구되고 있다. 현재 무선 전송방식의 선택을 놓고 MBOA(Multiband OFDM Alliance)에서 제안한 OFDM 기반의 MB-OFDM과 XtreamSpectrum사 등에서 제안한 DS-SS-OFDM 기반의 single/dual-band 방식이 첨예하게 대립하고 있어 표준화 일정이 지연되고 있다. XSI사와 Motorola가 주도적으로 이끌어 가는 DS-UWB 시스템은 전체 UWB 사용에 할당된 7.5GHz의 대역폭을 5GHz 대역의 WLAN(IEEE 802.11a)과의 공존을 위해서 UNII 밴드를 중심으로 두개의 서브 밴드로 분할하여 사용하는 시스템을 제안하였다.

〈표 1〉 WPAN 기술

	IEEE802.15			IEEE802.11	
	Bluetooth	WPAN	ZigBee	WLAN	
동작주파수대역	2.4GHz (ISM band)	2.4GHz	2.4GHz 868/915MHz	5.2GHz	2.4GHz
최대속도	~720kb/s	11~55Mb/s	250kb/s, 40kb/s, 20kb/s	54Mb/s	11Mb/s
변조방식	FHSS 1600 hops/s	QPSK, 16/64QAM	MSK, BPSK	OFDM	DSSS/CCK
통달거리	<10m	<10m	<1m	About 50m	About 50m
접속망형태	Peer-to-peer Master-slave	Peer-to-peer, multihop	Star, Peer-to-peer	MS-to-BS	MS-to-BS
실시간성 지원	Yes	Yes	Yes	No	No
주요응용	Mobile phone Portable terminals	Home device (video, IP data transmission)	Cable replacement Virtual wire stick-On sensor	IP data transmission	

SOP(Simultaneous Operating Piconet) 운용 지원을 위해 CDMA 방식을 사용하는 XSI사의 제안서는 24칩 코드를 사용하여 송신 데이터를 확산시키고 5GHz 대역 이하 하부 밴드 시스템의 경우 684MHz의 대역폭을 가지는 RRC(Root-Raised Cosine) 필터를 사용한다. 반면에, MB-OFDM에서는 FCC에서 실내 무선통신 분야로 제한한 3.1GHz에서 10.6GHz까지의 전체 7.5GHz의 대역을 528MHz의 대역폭을 갖는 13개의 작은 대역으로 나누고 이를 4개의 그룹으로 분류하였다. 이 중에서 5GHz대의 ISM 대역이 포함된 그룹 B와 8GHz 이상인 그룹 D는 향후 이용할 것으로 남겨두고, 현재는 그룹 A(3.1~4.8GHz)와 그룹 C(6.0~8.1GHz)만을 사용하는 것으로 제안되었다.

III. Scale-free WPAN Access 기술

이절에서는 WPAN 통신 환경에 대한 위치 및 상황 인지를 통하여 2~10GHz의 주파수

대역에서 1Gbps이상의 데이터 전송을 환경에 맞게 변화시킬 수 있는 Scale-free WPAN access 기술을 고찰하고자 한다. Scale-free uPAN 기술은 적응형 다중 송수신, 지능형 access 프로토콜, 위치 및 상황 인지 기술, 및 RF 기술을 포함한다.

1. Scale-free RF 구조

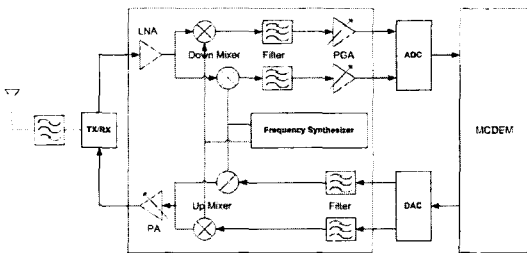
RF 송수신기 구조로서 여러 가지 송수신기 구조의 장점과 단점을 고려하여 그림 1과 같이 가장 간단하면서도 외부 부품을 최소화하여 칩 내부에 집적시킬 수 있는 direct down conversion 수신기, direct up conversion 송신기 구조가 적합하다. RF 회로인 LNA, Down Mixer, PA, Up Mixer 등은 광대역에서 동작하도록 광대역 설계 및 광대역 임피던스 매칭을 고려하여야 하며, filter와 PGA의 경우에도 data rate이 높아 bandwidth를 넓게 설계한다. Frequency Synthesizer는 4224MHz의 VCO를 설계하고, 이 신호를

〈표 2〉 고속 WPAN 기술

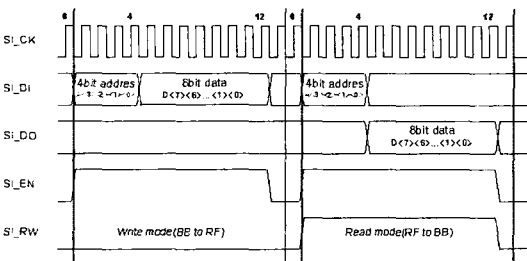
	다중반송파	단일반송파
주파수 운용 방식	13개(대역폭 : 528MHz) - 3개 (Mandatory) : 3168~4752MHz - 7개 (Optional) : 6072~8184MHz	2개(대역폭 : 2GHz, 4.8 GHz) - single band : 3.1~5.15GHz - dual band : 3.1~5.15GHz, 5.825~6.6GHz
영역 및 커버리지	114Mbps@21.6m	110Mbps@20.5m
변조방식	OFDM(128FFT)/QPSK	CDMA(M-BOK)/PSK
FEC	Convolutional Code	Convolutional Code Concatenated Code (RS+Convolutional)
데이터 전송율	55~480 Mbps	28.5Mbps~1.2Gbps
Multiple Access	Time/Freq. - Hopping	4 CDMA code set
Piconet 수	4개	4개 (8 user/piconet)
회로 복잡도	FFT/IFFT 구조	Rake receiver 구조
Location 인식	Cm 단위의 resolution	Cm 단위의 resolution
전송방식 특성	Peak to average ratio 문제	채널 및 타 시스템간 간섭에 강인

reference로 하여 낮은 주파수의 신호를 더해 주거나 빼 주어서 원하는 LO 신호인 3432MHz, 3960MHz, 4488MHz의 신호를 만들고 이를 PPF를 통해 IQ 신호를 생성한다.

RF와 모뎀간에 연결되는 신호는 크게 RX_DATA, TX_DATA, CLOCK, SPI 네 가지로 이루어지며, RX_DATA와 TX_DATA의 경우에는 528MHz sampling을 갖는 high speed ADC와 DAC를 사용할 계획이며 bit 수는 각각 6-bit 이상이다. RF와 BB간의 SPI 인터페이스의 경우는 아래 그림 2와 같은 타이밍을 통해서 SI_CLK를 통해서 SPI clock을 SI_DI를 통해서 모뎀에서 RF로 address와 data를 전달하며, 이때의 Read/Write는 SI_RW 신호를 통해서 결정된다. SI_DO의 경우에는 Read 모드인 경우에 RF에서 모뎀으로 데이터가 전달 되는 것을 의미한다.



〈그림 1〉 RF 송수신기 구조



〈그림 2〉 SPI 동작 타이밍

2. Scale-free 지능형 무선 송수신

1) Scale-free 적응형 변복조 기법

일반적으로 적응형 변복조 기법은 크게 CBR(Constant Bit Rate) 적응형 변복조 방식과 VBR(Variable Bit Rate) 적응형 변복조 방식으로 분류된다. CBR 적응형 변복조 방식은 정해진 전송률에 대하여 변복조 기법을 적용시키는 반면, VBR 적응형 변복조 방식은 수신 SNR에 따른 MCS(Modulation & Coding Selection) 레벨 결정을 통해 성능 향상을 꾀하는 방식이다. OFDM 시스템에서의 VBR 적응형 변복조 기법은 부반송파의 채널 상태에 따라 신호의 전력 및 비트수를 할당함으로써 시스템의 채널 용량을 최대화하는 것을 말한다. 이를 위해서 사용되는 가장 간단한 로딩 알고리즘은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 수신 신호의 SNR에 따른 MCS 레벨 결정
- 각 부반송파에 대하여 수신 신호의 SNR(i)를 계산. 여기서 i 는 i 번째 부반송파를 의미함
- 앞서 계산된 수신 SNR(i)에 대해 주어진 MCS 레벨에 따라, 다음 심볼 구간에서의 각 부반송파에 대한 변복조 방식 결정
- 리턴 채널을 통해 선택된 각 부반송파의 MCS 레벨을 송신단에 알려줌

위 방식의 경우 각 부반송파에 대해 수신 SNR을 계산해야 하며, 리턴 채널을 통해 피드백 정보를 되돌려주어야 함으로 부반송파의 크기에 따라 계산량과 오버헤드가 증가하는 단점을 가진다. 이에 피드백 오버헤드를 줄이기 위해, 인접한 부반송파를 부블록

(sub-band)으로 묶어 변복조 방식을 결정해주는 부블록 적응형 변복조 방식이 제안되었다. 이 방식의 경우 부블록의 크기가 채널의 coherence bandwidth보다 작다면, 피드백 오버헤드의 감소뿐만 아니라 각 부반송파에 대해 적응형 변복조 기법을 수행하는 방식과 유사한 성능을 가져온다. 부블록 적응형 변복조 방식을 적용할 경우, 각 부블록에 있어서 MCS 레벨 결정을 위해 선택되어지는 수신 SNR의 기준은 다음과 같이 세 가지로 나눌 수 있다.

- 최대 SNR 기준 : 부블록을 이루고 있는 부반송파에 대하여 구해진 SNR 중에서 가장 높은 수신 SNR을 기준으로 MCS 레벨을 적용한다.
- 평균 SNR 기준 : 부블록을 이루고 있는 부반송파에 대하여 구해진 SNR의 평균 치를 기준으로 MCS 레벨을 적용한다.
- 최소 SNR 기준 : 부블록을 이루고 있는 부반송파에 대하여 구해진 SNR 중에서 가장 낮은 수신 SNR을 기준으로 MCS 레벨을 적용한다.

VBR 적응형 변복조 방식의 성능 분석을 위하여 총 64개의 부반송파를 가지는 OFDM 시스템을 가정하였고, 사용가능한 전송 레벨은 총 5가지로서 0, 1, 2, 4, 6 bps로 가정하였다. 0bps의 경우는 전송하지 않음을 의미

하고 1bps는 BPSK, 2bps는 QPSK, 4bps는 16QAM, 그리고 6bps는 64QAM의 심볼을 의미한다. 채널은 5개의 다중경로를 가지고 equal power profile을 가정하였다. 수신단에서의 채널 추정은 완벽하여 실제 겪은 채널과의 CSI(Channel State Information)에 대한 오류가 없다고 가정하였다. 또한 수신단에서의 피드백 정보는 오차없이 송신단에 전달된다. 적응형 변복조를 위하여 실험에 사용된 MCS 레벨의 예는 표 과 같다.

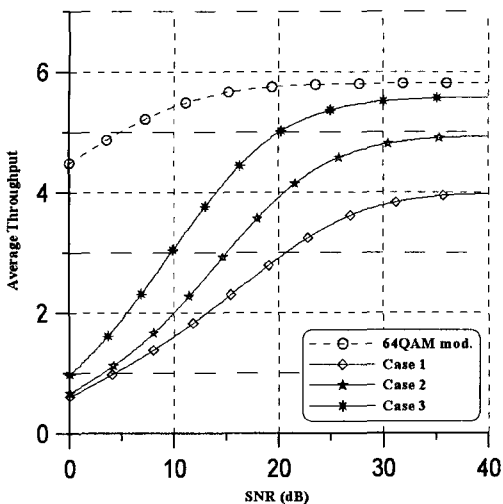
그림 3은 적응형 변복조 방식을 적용한 시스템에 있어서의 MCS 레벨의 종류에 따른 throughput 성능을 보여준다. MCS 레벨 Case 1의 경우, SNR이 증가함에 따라 64-QAM 변조방식과 같은 6bit/subcarrier의 전송률에 근접해나감과 동시에 64-QAM 변조방식보다 향상된 성능을 보임을 알 수 있다. MCS 레벨 Case 2를 설정함에 있어서, SNR의 증가에 따른 각 변조 모드가 선택되어질 확률을 그림 4에서 보여준다. 그림에서 살펴볼 수 있듯이, 채널 상태가 양호해질수록 고차의 변조 모드가 선택되어질 확률이 높아짐을 확인할 수 있다.

2) Scale-free 적응형 다중 전송 기법

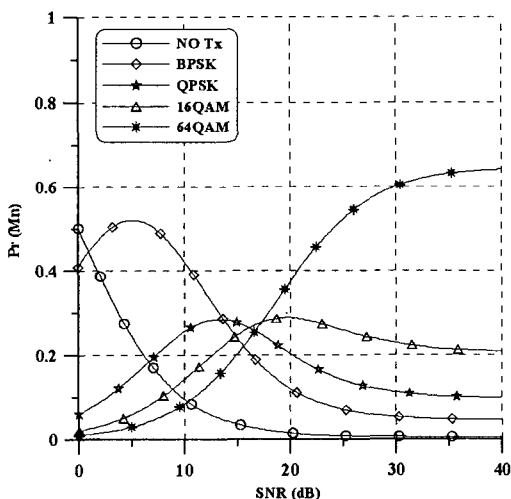
차세대 이동 통신 시스템에서 고속의 데이터 전송을 실현하기 위한 핵심 기법으로 주목을 받고 있는 MIMO 시스템은 크게 두 가

〈표 3〉 적응형 변복조를 위한 MCS 레벨

	Case 1	Case 2	Case 3
No Tx	$SNR(i) < 0$	$SNR(i) < 0$	$SNR(i) < 0$
BPSK	$0 \leq SNR(i) < 10$	$0 \leq SNR(i) < 10$	$0 \leq SNR(i) < 5$
QPSK	$10 \leq SNR(i) < 20$	$10 \leq SNR(i) < 15$	$5 \leq SNR(i) < 10$
16QAM	$20 \leq SNR(i) < 25$	$15 \leq SNR(i) < 20$	$10 \leq SNR(i) < 15$
64QAM	$SNR(i) \geq 25$	$SNR(i) \geq 20$	$SNR(i) \geq 15$



〈그림 3〉 VBR 적응형 변복조 방식을 적용한 OFDM 시스템의 throughput 성능



〈그림 4〉 MCS 레벨 Case 20에 대해 각 전송모드가 선택되는 확률

지로 분류된다. 그 첫번째는 STC(Space-Time Coding) 기법으로 대표되는 MIMO 다이버시티 전송 기법이다. 두번째는 MIMO 멀티플렉싱 전송 기법으로 BLAST를 대표적인 기법으로 들 수 있다. 여기에서는 다중 송수신 안테나를 적용한 OFDM 시스템에서의 다이버시티 이득뿐만 아니라, 전송률의 이득을

동시에 가져오기 위한 방안으로써 MIMO 다이버시티 전송 기법과 MIMO 멀티플렉싱 전송 기법을 결합한 적응형 전송 기법을 기술한다.

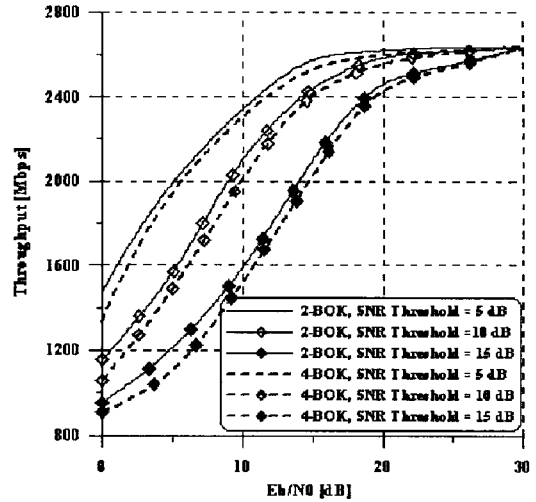
다중 송수신 안테나 기술은 송신기와 수신기에 다중의 안테나를 이용하여, 서로 다른 데이터 동시에 전송함으로써 시스템의 대역폭을 더 증가시키지 않고, 보다 고속의 데이터를 전송할 수 있는 MIMO 멀티플렉싱 전송 기법과 다중의 송신 안테나에 같은 데이터를 전송하여 송신 다이버시티 이득을 얻고자하는 MIMO 다이버시티 전송 기법으로 구분된다. MIMO 다이버시티 전송 기법의 경우, 다중 송신 안테나를 적용하여 다이버시티 이득을 얻음으로써 에러 성능을 향상시키는 것에 초점을 두고 있다. 따라서, 직접적으로는 다중 안테나를 적용함으로써 시스템의 평균 전송률의 증대는 얻지 못한다. 반면에 MIMO 멀티플렉싱 전송 기법은 시스템의 평균 전송률을 향상 시키는데 목적이 있다. 최근의 무선 통신에서 순방향 링크의 전송량 증대가 중요시 되는 추세를 고려해 볼 때, MIMO 다이버시티 기법과 MIMO 멀티플렉싱 기법과 같은 서로 다른 이득을 취하는 두 전송 기법의 결합은 이러한 요구에 부합된다고 할 수 있다. 두 전송기법의 결합을 위해 제시된 MIMO 다이버시티 전송 기법으로는 Alamouti에 의해 제안된 STBC(Space-Time Block Coding) 방식이, MIMO 멀티플렉싱 전송 기법은 V-BLAST 방식이 고려된다. 수신 안테나의 개수에 구애받지 않는 STBC 방식과 달리, V-BLAST 방식은 수신 안테나의 수가 송신 안테나의 수와 같거나 많아야 한다. 따라서 V-BLAST 방식과 STBC 방식을



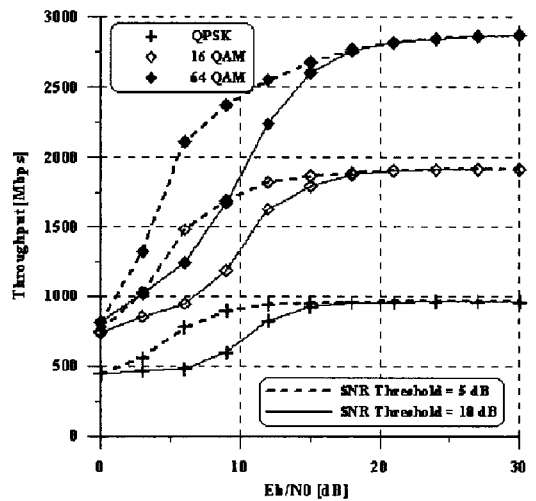
동시에 수용하기 위하여, 제안된 시스템의 송수신단의 안테나 수는 동일하다고 가정한다.

리턴 채널을 통해 수신한 채널 상태에 따라 멀티플렉싱 전송 기법 혹은 다이버시티 전송 기법을 선택한다. 전송 비트열은 설정된 변조 방식에 따라 성상도의 심볼로 매핑이 된 후, 선택된 전송기법에 따라 전송 처리 과정을 거친다. 전송 처리된 심볼들은 IFFT 과정을 통해 OFDM 변조되어 두 개의 안테나를 통해 전송된다. 이 때, 수신단에서의 복조를 위해 선택된 전송 기법에 대한 정보가 함께 전송된다. 수신단에서는 각 안테나에 있어서의 채널 추정을 수행함과 동시에 선택된 전송 기법에 대한 정보를 확인하여 그에 맞는 전송 방식을 동작시키고, 수신 신호를 FFT 과정을 통해 복조시킨다. 그 후 전송 방식에 따라 역 전송처리 및 역 매핑 과정을 통해 심볼 검출을 시행, 전송된 비트를 복조하게 된다.

그림 5와 그림 6은 각각 단일반송파 WPAN과 다중반송파 WPAN 시스템에서 지능형 송수신 기법에 대한 성능 곡선이다. 지능형 송수신 기법을 통하여 신뢰성 있는 데이터의 송수신이 가능함을 알 수 있다.



〈그림 5〉 단일반송파 WPAN의 지능형 송수신 기법



〈그림 6〉 다중반송파 WPAN의 지능형 송수신 기법

3. Scale-free Access Protocol

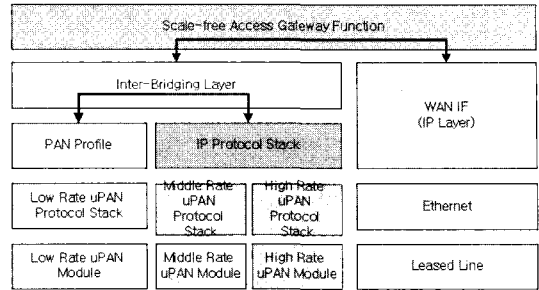
1) Scale-free Autonomic Computing Access Protocol 기술

이 절에서는 Autonomic Computing 기능을 만족하는 Scale-free Access Module Emulator 기능 모듈 중의 하나로 uT-Access 모듈/호스트간 인터페이스 Protocol에 대하여 기술한다. Situation Aware Scale-free

Access Protocol을 구현하기 위해 수kbps급에서 400Mbps급의 네트워크를 지원하기 위하여 수kbps급의 저속인 Low Rate WPAN, 중속인 54Mbps급의 Middle Rate WPAN, 고속인 400Mbps급인 High Rate WPAN을 지원하는 Access 모듈/호스트간 인터페이스 Protocol을 살펴본다. 그림 7은 Scale-free Access Module Emulator의 시스템 구조를

나타내주고 있다. Scale-free Access Module Emulator는 내부 망을 구성하는 Low Rate WPAN, Middle Rate WPAN, High Rate WPAN들 사이의 통신을 위한 Inter-Bridging Layer와 인터넷을 통하여 외부망과 연동하기 위한 Scale-free Access Gateway Function 기능 모듈이 구현되어 있다.

Low Rate WPAN Protocol Stack은 WPAN 무선 기기간 통신을 하기 위한 Bluetooth Core Stack 및 응용 프로파일로 구성되어 있다. Stack의 구조는 Bluetooth Module과 L2CAP, LMP, SDP 및 HCI로 구성된 Bluetooth Core Stack, 응용 프로파일인 LAN Access Profile 및 PAN Profile과 각 응용별 Adaptation 계층인 RFCOMM, BNEP 계층으로 이루어진다. Middle Rate WPAN Protocol Stack은 MAC 계층과 PHY 계층으로 구성되며 그 상위 계층으로 IP Protocol Stack을 사용하고 있다. High Rate WPAN Protocol Stack도 Middle Rate WPAN Protocol Stack과 유사한 구조를 보이는데 MAC 계층과 PHY 계층만으로 구성되어 있어 Middle Rate WPAN Protocol Stack과 같이 호스트 시스템의 IP Protocol Stack을 사용하고 있다. 이때 사용자를 위한 사설 네트워크에 해당하는 네트워크로는 Low Rate WPAN, Middle Rate WPAN, High Rate WPAN이 있으며, 사설 네트워크간의 네트워크 통합을 위하여 Inter-Bridging Layer가 요구 된다. Inter-Bridging Layer에서는 이기종의 uPAN 망들을 하나의 망으로 통합시키는 기능을 담당하게 되며, 이를 통하여 각 사설망간은 네트워크 Layer-2계층에서의 통합성이 제공 된다. 또한 사설 내부망과 외부 액세스망과의 네트워크 패킷

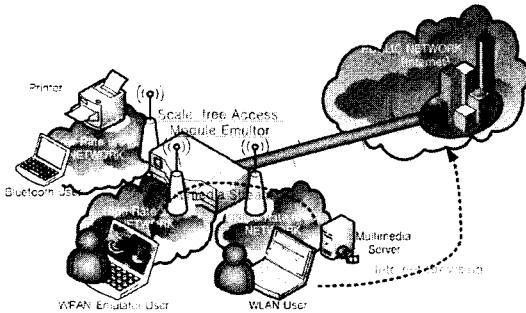


〈그림 7〉 Scale-free Access Module Emulator 구조

처리를 위해서 Situation Aware Scale-free Access Gateway 기능이 구현되어 있다.

반면에 WPAN Adaptation Protocol은 Situation Aware Low Rate WPAN, Middle Rate WPAN, High Rate WPAN에 관계 없이 상위 Protocol 계층에 접근하며 서로 통신할 수 있게 기능이다. 또한 이기종 네트워크에 상관없이 서로 통신 할 수 있도록 Inter-bridging 계층과 Scale-free Access Gateway 계층을 이용하여 이를 가능하게 한다. Situation Aware Low Rate WPAN, Middle Rate WPAN, High Rate WPAN은 서로 다른 Protocol을 사용하여 이기종의 네트워크를 형성하고 있다. 이들은 주로 홈 네트워크와 같은 10m 반경의 PAN 영역에서 동작하며 주로 내부의 사설망을 구축하여 공존하고 있다. 이들 간에 데이터 통신이 필요하며 이를 위해서 Inter-bridging 기능이 필요하다. 또한 이들 네트워크의 기기들은 인터넷이나 공중망을 접근하여 지역적으로 멀리 떨어져 있는 다른 사용자들과의 통신을 가능하게 하거나 그들의 컴퓨터 자원을 사용할 수 있게 하기 위해서 Situation Aware Scale-free Access Gateway 기능을 담당하는 소프트웨어

어 계층을 구현함으로써 이를 가능하게 한다. 그림 8은 WPAN Adaptation Protocol 및 Situation Aware Scale-free Access Architecture 시스템을 시험할 수 있는 시나리오를 보여준다.



〈그림 8〉 WPAN Adaptation 및 Situation Aware Scale-free WPAN Access 검증

2) Scale-free Access 저전력 Protocol 기술

WPAN의 MAC 계층에서는 크게 4종류의 MAC Frame이 전송된다. 첫째로 Beacon Frame은 PNC가 Piconet 내의 모든 DEV에게 Broadcast하는 Frame으로 Piconet에 속한 DEV이 Piconet에 동기를 맞출 때 사용한다. 또한 Association 정보와 CTA 할당에 대한 중요한 정보를 가지고 있다. 둘째로 Control Frame은 Piconet을 유지하기 위한 정보와 CTA를 요청하는 것과 같이 Piconet 관리에 중요한 정보를 가지고 있다. 셋째로 Data Frame은 실제 전송할 정보를 담고 있는 MAC Frame이다. 넷째 ACK Frame은 data Frame의 전송이 잘 되었는지 확인하기 위해 수신 DEV가 송신 DEV에게 보내주는 Frame이다. 무선 채널에 Error가 없을 경우와 Error가 존재하여 Frame을 못 받을 경우

각 ACK 정책이 다른 동작을 하게 된다. 만약 Error가 하나도 없는 이상적인 무선 채널일 경우 MAC 계층에서 ACK는 굳이 필요 없게 된다. 이런 환경에서는 No-ACK 정책을 사용할 경우 에너지와 Throughput 측면에서 가장 좋은 성능을 보일 것이다. Imm-ACK의 정책은 이런 이상적인 환경에서 ACK가 Overhead로 작용하게 된다. ACK를 전송하기 위한 에너지 소비가 커지고 ACK 전송시간 때문에 Throughput이 No-ACK 정책을 사용했을 때보다 낮아짐이 예상된다. 이 두 표준 ACK 정책과 제안된 Dynamic-ACK 정책을 이상적인 무선 채널 환경에서 비교하면 Dynamic-ACK 정책이 Energy 소비와 Throughput 모두 Imm-ACK 보다 향상될 것이라 예상된다. 채널에 Error가 있을 경우 MAC 계층에서 재전송이 없는 No-ACK 정책을 사용할 경우 Energy 소비는 같겠지만 Throughput 측면에서 많은 성능 저하가 있을 것이라 예상된다. 무선 채널이 좋지 않은 경우 Dynamic-ACK는 Imm-ACK와 비슷한 ACK 전송을 하기 때문에 QoS를 보장할 수 있다.

IV. 결론

유비쿼터스 IT 사회로의 진화는 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 기반으로 물리공간을 지능화함과 동시에, 물리공간에 펼쳐져 있는 각종 사물들을 네트워크로 연결시키려는 노력이라고 할 수 있다. 인터넷이 책상에 홀로 떨어져 있던 컴퓨터를 연결시켰다면, 유비쿼터스화는 환경속에 떨어져서 존재하는 도로, 다리, 터널, 빌딩, 건물,

화분, 냉장고, 컵, 구두, 종이 등과 같은 물리적 사물들을 연결하는 것이다. 즉 유비쿼터스화는 사물들의 인터넷화를 지향한다. 결국 유비쿼터스화는 사람, 컴퓨터, 사물들을 네트워크로 연결하고 다차원으로 정보를 송수하게 되는 발전 단계를 말한다. 앞에서 말한 사람, 컴퓨터 그리고 사물들을 네트워크로 연결하는 유비쿼터스 환경을 구축하기 위해서는 유선뿐만 아니라 무선 네트워크가 반드시 필요하다. 특히, 개인 중심의 작은 주변 장치들을 무선으로 연결하기 위한 WPAN 기술은 근거리에서 통신이 가능하며 고속률을 지원하여 무선 장치간 멀티미디어 통신을 효율적으로 할 수 있다. 본고에서는 이러한 WPAN 기술을 실현하기 위한 환경 적응형 다중 송수신 기술, 지능형 프로토콜 기술, 및 RF 기술을 기술하였다. 근거리 무선 통신 환경에 대한 위치 및 상황 인지를 통하여 2~10GHz의 주파수 대역에서 20Kbps~1Gbps 급 이상의 데이터 전송을 환경에 맞게 변화시킬 수 있는 scale-free WPAN access 기술은 향후 도래할 유비쿼스 IT 기술에 기초가 될 것으로 전망된다.

“본 연구는 21세기 프론티어 연구개발 사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기반기술개발사업의 지원에 의한 것임.”

===== 참고 문헌 =====

- [1] <http://grouper.ieee.org./groups/802/15/>
- [2] M. Weiser, “Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing,” *Communications of the ACM*, vol. 36, no. 7, pp.75-84, July 1993.
- [3] Anuj Batra et al., Multi-band OFDM Physical Layer Proposal for IEEE 802.15 Task Group 3a , IEEE P802.15-03/268r2, Nov. 2003.
- [4] 최윤화, 안중훈, 장수영, “UWB PHY 기술 분석,” *Telecommunications Review*, 제14권, 2호, 2004년 4월
- [5] D. Lao, J.H. Horng, J. Zhang, “Throughput analysis for W-CDMA system with MIMO and AMC,” *IEEE Proc. PIMRC*, vol. 3, pp. 2276-2280, Sept. 2003.
- [6] Jiangbo Dong, Yongzhong Zou, Daoben Li, “Combined adaptive modulation and coding with space-time block code for high data rate transmission,” *ICCT 2003*, vol. 2, pp. 1476-1479, Apr. 2003.
- [7] Y. D. Kim, Inhyoung Kim, J.Y. Ahn, Y.H. Lee, “Adaptive modulation for MIMO systems with V-BLAST Detection,” *IEEE Semiannual VTC 2003-Spring*, vol. 2, pp. 1074-1078, Apr. 2003.
- [8] V. Tsaoussidis, H. Badr and R. Verma, “Wave & Wait Protocol (WWP): An Energy-saving transport protocol for Mobile IP-devices,” *ICNP '99*.
- [9] T. Goff, D. S. Phatak and V. Gupta, “Freeze-TCP: A true end-to-end TCP enhancement mechanism for Mobile environments,” *IEEE Inforcom 2000*.

- [10] V. Tsaoussidis and H. Badr, "TCP-Probing: Towards an Error control schema with energy and throughput performance Gains," IEEE International conference 2000.

저자소개

송형규

1996년 1월 - 2000년 2월 전자부품연구원 책임연구원
 2000년 3월 - 현재 세종대학교 정보통신공학과 부교수
 주관심 분야 무선 통신 시스템

유영환

1999년 1월 - 2002년 2월 전자부품연구원 선임연구원
 2002년 3월 - 현재 세종대학교 인터넷공학과 부교수
 주관심 분야 무선 통신 시스템



조 위 덕

1983년-1990년 금성전기(현LG전자) 기술연구소
 DSP연구실장
 1990년-1991년 생산기술연구원 전자정보연구센터 개
 발팀장
 1995년-1996년 미국 TCSI/Berkeley PCG Group
 공동개발연구원
 1995년-1995년 영국 TTP/Cambridge GSM
 Division 공동개발연구원
 2003년-2004년 전자부품연구원 시스템연구본부 분
 부장
 2004년-현재 21세기 프론티어 사업단 유비쿼터스컴
 퓨팅및네트워크 사업 단장
 2004년-현재 아주대학교 전자공학과 교수
 주관심 분야 유비쿼터스 컴퓨팅