

## 主題

# 무선 홈 네트워킹 기술 표준화 동향 및 발전 전망

경원대학교 전기정보전자공학부 전 호 인

## 차 례

1. 서 론
2. 홈 네트워크 기술 개요
3. 무선 홈 네트워킹 기술
4. 유비쿼터스 네트워킹의 개념
5. 홈 네트워킹 서비스 및 유비쿼터스 환경 지원을 위한 광대역 무선 홈 네트워킹 기술 적용 방안
6. 결 론

## 국문요약

홈 네트워킹은 다양한 유·무선 네트워킹 기술을 적용하여 개개인의 생활을 더 윤택하게 해주는 서비스를 제공하고 이를 통해 커다란 시장을 형성할 수 있는 미래의 신 성장 동력 산업이다. 이를 위해 PLC, IEEE 1394, HomePNA와 같은 유선 홈 네트워킹 기술은 물론 WLAN, WPAN, UWB 등과 같은 무선 네트워킹 기술이 여러 가지의 응용 분야를 무기로 자신의 영역을 차지하려 하고 있다. 따라서 맥내의 기기는 이와 같은 네트워킹 기술을 지원하도록 설계되어야 하지만, 그 위에 UPnP나 HAVi, Jini, HNCP 등과 같은 미들웨어가 탑재되어야 상호 호환성이 지원된다. 그리고 하나의 표준화된 H/W나 S/W 플랫폼 위에 홈 게이트웨이가 동작하면 집 외부에

서 원격으로 새로운 서비스를 지원할 수 있게 되며 응용 분야가 다양하게 확장될 수 있다. 그 위에 유비쿼터스 네트워킹 개념을 도입하여 홈 네트워크가 필요로 하는 서비스를 지원함으로써 커다란 시장을 이끌어 갈 수 있게 된다.

본 논문에서는 홈 네트워킹 기술의 표준화 현황에 대해 정리하고, 차세대 성장 동력으로서의 홈 네트워킹을 위해 반드시 적용해야 할 유비쿼터스 네트워킹 개념과 이로부터 효과를 얻기 위해 집안에 홈 네트워크를 어떻게 수용하게 할 것인지에 대해 논하였다. 끝으로 유비쿼터스 네트워킹을 통한 막대한 시장을 먼저 확보하기 위한 무선 홈 네트워킹 기술의 아키텍처를 정의하면서 이를 구현하기 위해 먼저 수행해야 할 Mesh Networking 기술 및 Multi-Hop 네트워킹 기술과 같은 연구 분야에 대해 논하였다.

주제어 : Ubiquitous Computing, Home Networking Architecture, IEEE 1394, IEEE 802.11 WLAN, IEEE 802.15.3 WPAN, ZigBee, Middleware, Services Gateway, Bridges.

## I. 서 론

차세대 신 성장 동력 산업으로서의 홈 네트워킹 기술은 DTV와 함께 가장 많은 관심을 모으고 있는 산업으로 기존의 아나로그 방식의 가전기기와는 달리 맥내의 전체 기기가 하나의 네트워크로 연결함으로써 이 기술을 이용하는 사용자와 서비스를 제공하는 사업자, 그리고 가전 기기를 제조하는 제조업 모두에게 막대한 경제적 가치를 창조할 핵심 기술 분야이다.

홈 네트워킹 기술 [1, 2, 3, 4]을 채택한 주택이 기존의 주택과 다른 점은 맥내의 PC와 프린터 등과 같은 PC 관련 기기는 물론 냉장고, 세탁기 등 가정 내의 모든 가전 기기들을 하나의 네트워크로 연결하여, 서로의 정보를 공유하고 내부에서 제어할 수 있을 뿐만 아니라, 각각의 기기가 인터넷에 동시에 접속할 수 있으며, 이에 따라 인터넷을 통하여 외부에서도 제어가 가능한, 첨단 정보통신 시스템을 갖춘 주택이라는 점이다. 이와 같은 기능을 수행하려면, 가정 내에는 각 기기들 간에 네트워킹이 형성되어 상호 기기간의 통신은 물론 이를 통한 정보의 공유 및 엔터테인먼트 향유, 그리고 에너지 절약 기능과 홈 오토메이션 기능 등을 제공할 수 있는 시스템과 소프트웨어가 지원되어야 한다.

홈 네트워킹의 중요한 응용 분야를 살펴보면 광대역 인터넷 서비스의 공유, 다중 전화 서비스, 멀티미디어 신호의 전송, 원격 접속, 다수가 참여하는 게임, 컴퓨터 주변 기기의 공유, 데이터와 파일의 공유, 홈 오토메이션 등 매우 다양하다.

그러나 이 중에서 홈 네트워킹 시장을 주도할 진정한 퀄리 애플리케이션을 찾기는 그리 쉬운 일이 아니다. 이미 검증된 비즈니스 모델을 모두 걷어내고 새로운 홈 네트워킹 기술을 적용하기에는 너무나 많은 비용이 소요되기 때문에 사용자가 쉽게 새로운 비용에 대한 부담을 담당할 가능성이 그리 크지 않은 것이다. 또한 이미 나름대로 홈 네트워킹의 기능을 수행하고 있는 기술들이 존재하고 있으며 이 기술들은 각각의 다른 장점과 단점을 가지고 최선의 방안을 찾아 진화하고 있기 때문에 하나의 홈 네트워킹 기술이 맥내에 설치되면 다른 기술을 이 집안에 설치하기란 기대하기가 어렵다.

이와 같은 홈 네트워킹 산업이 겪고 있는 활성화의 많은 어려움은 한 마디로 많은 소비자가 채택할 퀄리 애플리케이션이 없다는 것이다. 가장 가능성을 많이 내포한 분야가 VoD, EoD 등을 통한 교육 및 Entertainment 분야이었으나 Contents 확보의 어려움이 가장 큰 걸림돌이었으며 현재의 망으로는 이와 같은 광대역의 트래픽을 전송할 수 있는 인프라 갖추어지지 않은 테에 커다란 이유가 있다. 또한 기축 주택의 홈 네트워크의 아키텍처를 보면 게이트웨이 거쳐 맥내로 유입된 광대역의 외부 신호는 QoS를 지원하며 맥내에 산재되어 있는 기기 모두에게 신호를 전송할 수 있는 방법 또한 마련되지 않은 채 Proprietary 기술로 솔루션을 제공하는 수준에 머물고 있는 것이 사실이다. 이와 같은 상황에서 유비쿼터스 컴퓨팅 기술은 홈 네트워크 산업에 많은 응용 분야의 가능성을 제시하며 무선 홈 네트워킹 기술의 채택을 종용하고 있는 실정이다.

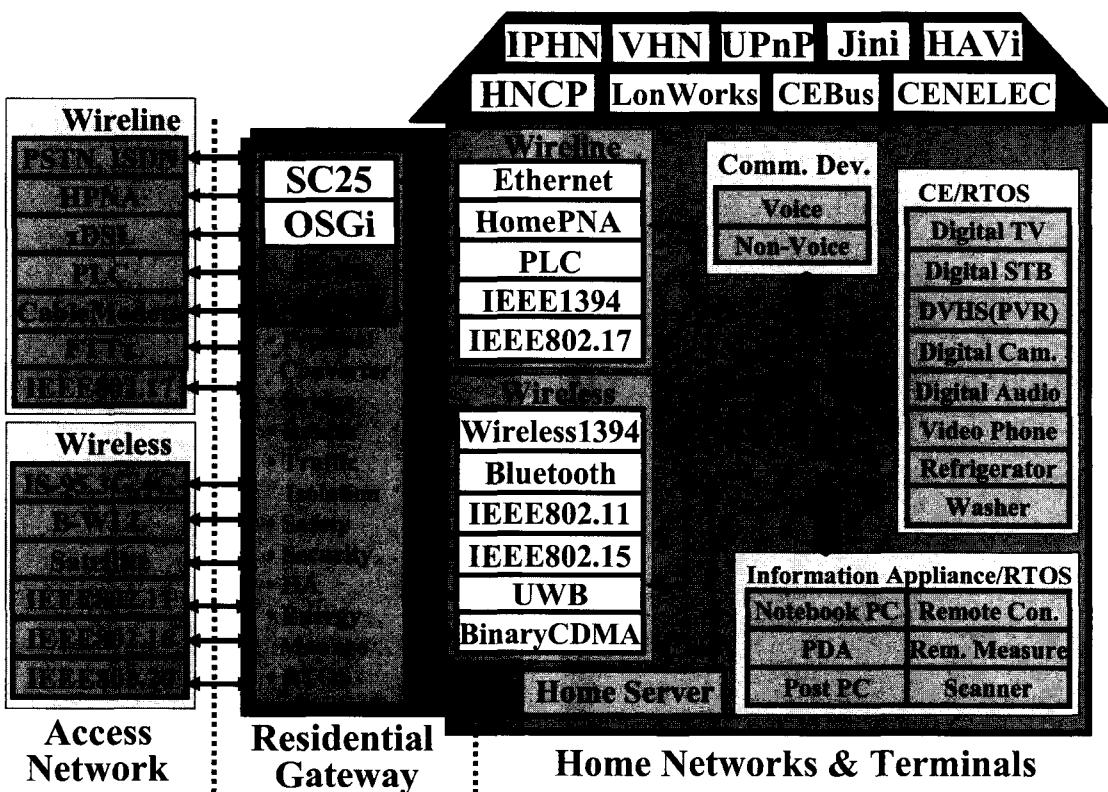
본 논문에서는 홈 네트워킹 기술의 개요에 대해 먼저 정리하고 미래의 전망에 대해 알아 보고, 유비쿼터스 네트워킹을 구현할 수 있는 무선 홈 네트워킹 기술을 소개하였다. 그리고 유비쿼터스 네트워킹의 개념과 이 개념을 구현하기 위

한 시나리오를 구성하였으며, 이와 같은 유비쿼터스 네트워킹을 구축하기 위한 무선 홈 네트워킹 아키텍쳐를 정의한 후 앞으로 필요로 하는 미래 기술에 대해 예측하고 그 방향을 제시하였다.

## II. 홈 네트워킹 기술 개요

홈 네트워킹 시장이 아직 시장을 점유하지 못하고 있는 이유는 설치하기가 복잡할 뿐만 아니라 유지 보수도 어렵고, 가격이 여전히 비싸며, 아직 시중에 많이 알려져 있지 않기 때문이다. 그러나 무엇보다 중요한 것은 기기들 사이의 통일된 미들웨어의 부재로 인하여 상호 운용성이 보장되지 않기 때문이다. 이러한 핵심적인

문제를 해결하고 홈 네트워킹 기술이 시장의 우위를 차지하기 위해서는 맥내 장치 간 고속의 데이터를 전송할 능력이 있어야 하며, 맥내 통신 및 가전 기기의 공통된 접속 규격이 뒤따라야 한다. 그리고 집안의 임의의 원하는 장소에서 이용이 가능하여야 하며 기존 설비를 적극 활용하고, 가능한 한 신규 배선 설치를 억제해야 하며, 신규 주택 건축 시 사이버 표준 공법을 이용하여 시공할 필요가 있다. 무엇보다 중요한 것은 Plug and Play형의 간편한 설치가 이루어질 수 있어야 하며, 낮은 가격으로 구현하고 Human Interface를 쉽게 구현하여야 한다. 그리고 보안 및 사생활이 보장되도록 안전 장치를 제공하여야 한다. 또한 맥내에서 각종 망 토플로지를 지원할 수 있도록 홈 네트워킹을 구성하여야 하며 멀티



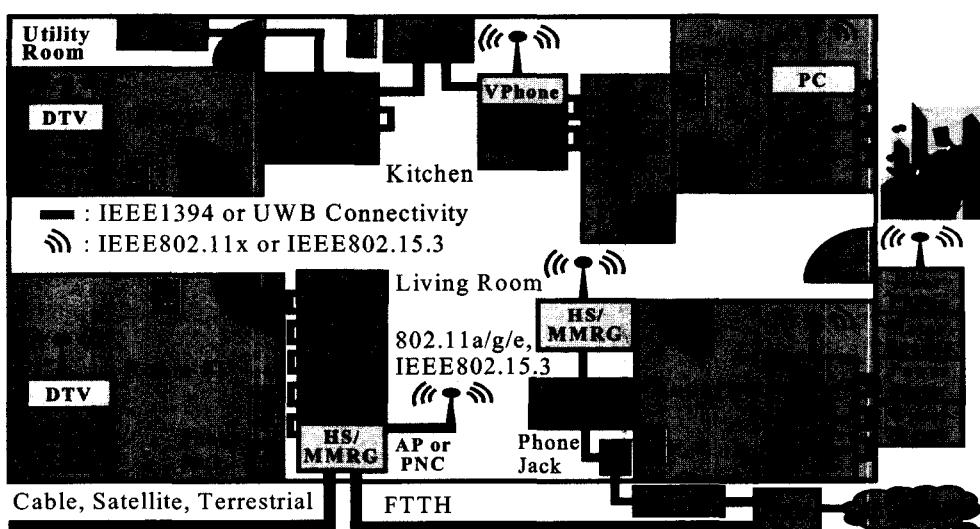
〈그림 1〉 Residential Gateway를 중심으로 하는 집중형 홈 네트워킹

미디어 신호를 수용할 수 있는 차세대 맥내 통신망으로의 전환이 용이하여야 한다.

홈 네트워킹 기술에서 가장 중요한 것은 산업체들이 공유할 수 있는 표준화일 것이다. 그 이유는 가전 기기를 각 사가 임의대로 만들면 상호 운용성의 문제로 인하여 시장을 키우지도 못할 뿐만 아니라 고가의 제품을 사 들여야만 하는 소비자의 부담으로 인하여 홈 네트워킹 시장은 꽃을 피우지 못하고 고사하는 위기를 맞을 수도 있기 때문이다. 이러한 위험성을 해소하기 위하여 홈 네트워킹 기술을 이용하여 스마트 홈을 구축할 때에는 가장 먼저 홈 네트워킹의 아키텍처를 표준화하고 이를 기반으로 제품을 개발하여야 지속적인 서비스의 업그레이드를 지원할 수 있을 것이며 이 방법이야말로 모든 산업이 자신의 파이를 확보할 수 있는 좋은 기회가 될 것이다.

홈 네트워킹 기술의 개념을 이해하기 위해 <그림 1>에 보인 바와 같은 일반적인 홈 네트워킹 구조를 먼저 고려해 보자[1, 2, 4]. 일반적인 가정에는 DTV, DSTB, Video Phone, 냉장고 등과 같은 가전 기기와 노트북 컴퓨터, PDA, 원격

검침기 등과 같은 기기들이 사용자의 욕구에 따라 다양한 장소에 배치되어 있다. 이 모든 기기들은 유·무선 네트워킹 기술로 상호 연결되어 맥내 혹은 집 바깥에서 다른 기기를 제어하고 비디오 신호를 전송할 수 있게 된다. 유선 홈 네트워킹 기술로는 Ethernet, HomePNA, PLC, IEEE 1394 [5, 6, 7, 8], IEEE 802.17 등이 사용되고 있으며, 무선 홈 네트워킹 기술로는 Bluetooth, IEEE 802.15.3 (HDR WPAN: High Data Rate WPAN)[6], UWB (Ultra Wide Band)[9], IEEE 802.15.4 (LDR WPAN: Low Data Rate WPAN) [10], IEEE 802.11 (WLAN) [11, 12], Binary CDMA 기술 등이 사용될 수 있다. <그림 1>의 지붕에 표시된 홈 네트워킹 제어 (혹은 스트리밍) 미들웨어 중의 하나가 공통으로 탑재되어 이와 같은 유·무선 네트워킹 기술로 연결되면 상호 운용성이 보장되며 각각의 기기들을 제어할 수 있게 되고 Residential Gateway를 통하여 유·무선 가입자망을 거쳐 외부 인터넷 망과 연결되므로 맥내에서의 인터넷 공유는 물론 집 바깥에서도 인터넷 망을 통하여 맥내의 기기를 제



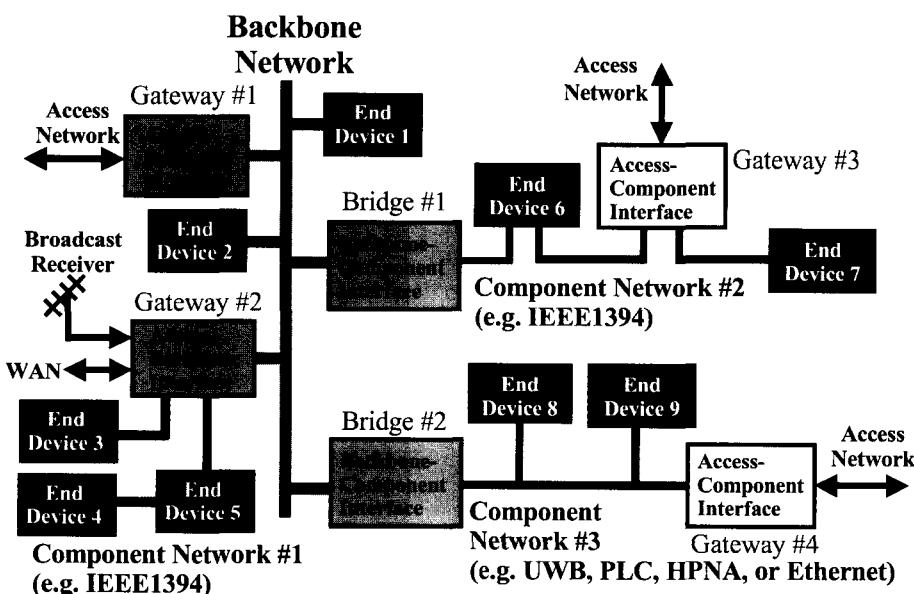
<그림 2>. 유비쿼터스 네트워킹 환경 지원을 위한 분산형 홈 네트워킹

어할 수 있게 된다.

<그림 1>은 홈 네트워킹에 대해 개념적으로 매우 잘 정리한 그림이지만 궁극적으로 이 그림은 완성된 홈 네트워킹을 제공해 주지는 못한다. 그 이유는, 일반적으로 집안의 거실에 위치하는 Residential Gateway가 이러한 모든 홈 네트워킹 인터페이스를 지원하더라도 IEEE 1394나 Bluetooth, 그리고 UWB와 같은 10m 이내의 전송거리를 지원하는 단거리 유·무선 홈 네트워킹 기기가 그 이상의 거리에 있는 집 안의 구석 구석에 위치할 경우 이와 같은 기기 모두를 하나의 홈 네트워크로 구성할 수 없기 때문이다. 이러한 상황은 한국의 전형적인 38평형 혹은 46평형 아파트를 도시한 <그림 2>를 보면 조금 더 구체적으로 파악할 수 있다. 즉 <그림 2>의 Room #2와 Room #3에 있는 IEEE 1394 기기는 MMRG (Multi-Media Residential Gateway)가 4.5m 이상의 거리에 있으므로 거실에 있는 MMRG를 이용하여 인터넷으로의 네트워킹이 불가능하게 됨

은 쉽게 이해할 수 있을 것이다. 또한 Room #1에 있는 UWB 기기의 경우는 -41.25 dBm/MHz의 RF 출력 이상은 방사할 수 없으므로 다른 방법을 동원하지 않고서는 벽을 통과할 수 없는 단점이 있다. 따라서 이와 같은 WPAN 기술이 적용된 홈 네트워킹 기기는 집안에 존재하면서도 네트워킹의 혜택을 받을 수 없는 고립된 상황이 되어 궁극적인 홈 네트워킹이 완성된 것이 아니며 따라서 <그림 1>의 구조만으로는 홈 네트워킹을 완성시킬 수 없음을 알 수 있다. 이와 같이 각 방에 산재해 있는 Cluster Network를 하나의 네트워크로 연결하려면 집안 전체에 네트워킹을 제공해 줄 홈 네트워킹 백본망의 필요성이 대두되는 것이다.

이러한 백본망은 적어도 전송 거리가 최소한 50m 이상을 지원하는 홈 네트워킹 기술이어야 하며 Ethernet, HomePNA, PLC, IEEE 1394b 등과 같은 유선 홈 네트워킹 기술과 IEEE 802.11 WLAN 기술이나 IEEE 802.15.3 등과 같은 무선



〈그림 3〉 분산형 홈 네트워킹 구조의 모델

네트워킹 기술이 이와 같은 백본 망이 될 수 있다. 다만 어떤 백본 망을 사용하느냐에 따라 어느 정도의 홈 네트워킹 서비스를 받을 수 있는지가 달라지게 된다. 예를 들어 PLC를 이용하여 백본망을 구성하면 새로운 선을 설치할 필요가 없어 매우 경제적이지만 멀티미디어 서비스는 기대할 수 없게 될 것이다. 한편 IEEE 1394b나 IEEE 802.15.3와 같은 QoS를 지원하는 네트워킹 기술을 이용하면 맥내의 멀티미디어 신호를 전달 할 수 있게 된다. <그림 3>은 이와 같은 백본 망을 기반으로 하는 홈 네트워킹 시스템의 모델을 보여주는 것이다.

<그림 3>에 보인 바와 같이 어떤 Component(혹은 Cluster) 네트워크에 있는 기기 사이의 통신은 백본 네트워크를 거치지 않고 자체의 통신 방식을 이용하여 네트워킹 기능을 수행하지만 Component Network #1에 속해 있는 End Device 3이 다른 Component Network #2에 속해 있는 End Device 7과 통신을 하려면 반드시 백본 네트워크를 거쳐야 하며 이와 같은 프로토콜 변환 기능을 Bridge가 수행하게 된다. <그림 2>에는 브리지를 나타내지 않았으며 거실에 있는 HS/MMRG나 Room #1의 DTV와 같은 무선 백본 네트워크 인터페이스를 가지고 있는 기기는 이와 같은 브릿지 기능을 동시에 수행한다. 백본 네트워크로 활용될 수 있는 기술에는 Ethernet 기술과 HomePNA 기술, 그리고 PLC 기술과 IEEE 1394b 등과 같은 유선 네트워킹 기술이 있으며, 무선 네트워킹 기술로는 IEEE 802.11 WLAN 기술과 IEEE 802.15.3 기술이 백본 네트워크로 활용될 수 있다. 한편 Cluster Network로도 불리는 Component Network로는 IEEE 1394 기술과 Bluetooth 기술, 그리고 IEEE 802.15.4 기술과 UWB 기술이 이에 속한다.

Wireless 1394 기술이란 이와 같이 IEEE 802.11a 기술이나 IEEE 802.15.3 기술과 같은 무

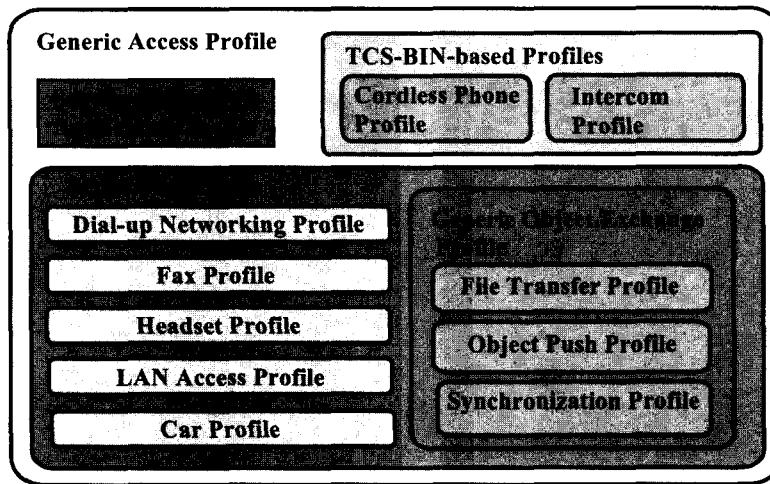
선 통신 기술을 이용하여 각 방에 분산되어 있는 4.5m의 짧은 전송 거리를 갖는 IEEE 1394 기기들을 전체 집안에 모두 연결시켜 줄 수 방안을 제공하는 기술이다. 이와 같은 일을 가능하게 하려면 먼저 IEEE 1394.1 High Performance Serial Bus Bridge 표준이 필요하게 된다. 그리고 이 표준을 준수하는 브리지는 반드시 IEEE 1394 신호를 백본 네트워크가 필요한 신호로 변환해 주고 백본 네트워크로 전송한 후 다시 IEEE 1394 신호로 변환해주는 PAL(Protocol Adaptation Layer)의 구현이 필수적이다.

### III. 무선 홈 네트워킹 기술

#### 3-1. Bluetooth 기술

홈 네트워크를 구현하는 무선 통신 기술 중 가장 커다란 각광을 받았던 기술은 Ericsson과 Nokia 등 유럽의 대형 이동통신 회사들을 포함하여 전 세계 1,790여개의 회사들이 심혈을 기울여 표준을 주도하고 있는 Bluetooth이다. 한국에는 현재 삼성, LG 정밀, 그리고 SK Telecom 등 50여 개 업체가 이 그룹에 참여하고 있다. 홈 네트워킹을 위한 Bluetooth 기술은 버전 1.1이 가장 최근에 발표된 버전이며 2.4 GHz의 ISM 밴드를 사용함으로써 무선 자원의 사용 규제에 대한 법적인 제한이 없는 것이 강점이다. 블루투스의 동작은 동기 모드일 경우 1 Mbps의 전송 속도를 지원하며, 비동기 모드일 경우 최대 723.2 Kbps의 전송 속도를 지원한다. 마스터로부터 10m 이내의 거리에 슬레이브 단말기가 들어오면 Frequency Hopping 방식에 의해 데이터를 송·수신한다.

무선으로 모든 정보를 교환하므로 가장 편리한 홈 네트워킹 방법이지만 기기간의 간섭 문제



〈그림 4〉 Bluetooth가 제공해 주는 몇 가지 응용 분야와 이에 대한 Profile

를 해소하기 위해 대역 확산 방식을 사용함으로써 높은 대역폭을 갖는 통신은 기대할 수 없는 실정이다. Bluetooth 2.0은 10 Mbps의 전송 속도를 지원하기 위해 준비 중인 표준안이다. Bluetooth 기술은 \$5.00대의 저렴한 가격으로 칩을 생산하기 위해 매우 간단한 기술을 선택하였지만, 아직 칩 가격의 저가화가 실현되지 않아 휴대폰을 위한 핸즈 프리 서비스를 가능하게 해 주는 헤드셋 프로파일이나 PC의 큰 스크린을 이용한 무선 인터넷 서비스를 가능하게 해 주는 Dial-Up Networking Profile 서비스의 도입에 아직 활용되지 못하고 있는 실정이다. <그림 4>는 Bluetooth가 제공해 주는 몇 가지 응용 분야와 이에 대한 Profile을 정리한 것이다.

Bluetooth 기술이 소개된 초기에는 <그림 4>과 응용 분야를 기반으로 많은 활용이 기대되었으나 낮은 데이터 전송률과 동시에 통신에 참여할 수 있는 최대의 기기 수가 8개로 제한되어 있다는 점, 그리고 Master-Slave 모드로 동작한다는 데에 한계가 있어 무선 홈 네트워킹 기술로는 적용에 한계가 있는 기술이다. 특히 홈 네트워킹은 매우 분산적인 환경에서 동작하는 상황이므로

가전 기기를 제조할 때 어떤 기기는 Master로 만들고 어떤 기기는 Slave로 만들 것인지는 하나의 조직이 관리하기에도 불가능한 일이다. 더구나 2.4 GHz의 Full Band를 79 개의 다른 주파수 밴드로 Hopping하므로 여러 개의 피코넷이 참여하면 같은 주파수를 사용함으로써 발생할 충돌로 인한 데이터의 손실 확률은 적어도 1/79 보다는 높아진다는 것이다.

또한 IEEE 802.11b WLAN 기술이 이 대역을 이용하여 빠른 속도로 시장을 차지하고 있으므로 주파수 공존 문제가 대두되고 있는 실정이다. 이 문제를 해결하기 위해 IEEE 802.15.2 에서는 AFH (Adaptive Frequency Hopping) 방식을 제안하여 이미 다른 기기가 사용하고 있는 대역은 피해가면서 Hopping하는 방식을 권고하고 있다.

### 3-2. IEEE 802.11 WLAN 기술

Wireless LAN [11, 12]을 구현하기 위한 규격인 IEEE 802.11은 1999년에 처음 표준이 발표되어 2.4 GHz대와 5 GHz 대의 무선 주파수를 사용하여 다양한 전송 속도를 지원하지만 DS(Direct Sequence) 대역 확산 기법을 이용하

여 최대 11Mbps를 지원하는 IEEE 802.11b 표준이 현재 가장 많은 시장을 구축하고 있다. PCMCIA 카드 형태로 무선 랜을 구축하여 노트북 컴퓨터에 장착하면 선을 연결하지 않고도 즉시 컴퓨터 사이의 연결이 이루어져 기존의 Ethernet을 이용한 랜을 급속히 대체하고 있으며, 외부의 인터넷과 연결된 AP(Access Point)를 설치하면 무선 랜에 연결된 모든 기기들이 동시에 인터넷에 접속되므로, 인터넷 접속 데모 등과 같은 실시간 교육이나, 발표 도중 자료를 직접 다운받을 필요가 있는 대형의 학술발표회, 그리고 워크샵, 혹은 표준화회의 등에 폭발적으로 활용되고 있는 기술이다. 이러한 시장을 위해 현재 Cisco, Atheros, Lucent Technologies나 삼성전기와 같은 IT관련 회사에서는 이미 IEEE 802.11b 기술을 이용하여 무선 랜 솔루션을 공급하고 있지만 Bluetooth가 사용하고 있는 2.4 GHz대의 반송파를 사용하므로 전자파의 간섭 현상으로 인하여 사용에 곤란을 겪을 가능성성이 매우 높다. 이와 같은 간섭 문제도 해결하면서 보다 높은 대역폭을 얻기 위해 무선 랜 기술은 5 GHz대의 반송파를 이용하여 최대 54 Mbps의 광대역 데이터를 전송할 수 있는 IEEE 802.11a로 방향을 바꾸고 있는 상황이다.

IEEE 802.11a 혹은 802.11g High Data Rate WLAN 기술이 많은 관심을 모으고 있는 이유는 미래의 유비쿼터스 네트워킹을 이끌어 갈 핵심적인 무선 백본 네트워킹의 역할을 담당하기에 충분한 기능을 보유하고 있기 때문이다. 즉 IEEE 802.11a가 지원하는 54Mbps의 전송 속도는 HDTV급 멀티미디어 신호를 전송하기에 충분한 기술이다. 다만 멀티미디어 신호의 전송 시 반드시 요구되는 QoS 지원 방안이 마련되어야 하는데 이를 위하여 IEEE 802.11e에서는 HCF (Hybrid Coordination Function)를 이용하여 실시간 멀티미디어 데이터 전송을 위한 향상된 QoS 제공 기법을 표준화하고 있다.

IEEE 802.11e[12]는 QoS를 제공하는 데이터 전송을 위해 공유 매체에 차별화된 접근제어를 제공한다. 이를 위해 IEEE 802.1d에서 사용하는 0에서 7까지의 총 8개의 우선순위와 이 우선 순위로부터 유도된 4개의 Access Category (AC)를 사용한다. <표 1>에서 IEEE 802.1d의 우선순위와 AC로의 맵핑에 대한 기본 설정값을 설명하였다. 이 우선 순위 값은 IEEE 802.11e MAC 프레임에서 새롭게 추가된 QoS 제어 필드의 앞 3 비트인 Traffic Identifier (TID) 필드에 표시하고 이 값을 기반으로 트래픽을 차별화시킨다. <그림

<표 1> IEEE 802.1d의 우선순위와 AC와의 맵핑

User Priority	IEEE 802.1d 트래픽 분류	Access Category	IEEE 802.1e 트래픽 분류
1	BK(Background)	AC_BK	Background
2	-	AC_BK	Background
0	BE(Best Effort)	AC_BE	Best Effort
3	EE(Excellent Effort)	AC_BE	Video
4	CL(Controlled Load)	AC_VI	Video
5	VI(Video)	AC_VI	Video
6	VO(Voice)	AC_VO	Voice
7	NC(Network Control)	AC_VO	Voice

〈표 2〉 QoS 제어 필드

Application Frame Type	Bit 0 ~ 3	Bit 4	Bit 5 ~ 6	Bit 7	Bit 8 ~ 15
QoS CF-Poll frames sent by HC	TID (UP, TSID)	End of Service Period (EOSP)	ACK Policy	Reserved	TXOP limit (32us)
		EOSP			Reserved
		0			TXOP duration requested (32us)
		1			Queue size (256octets)

5>에 새롭게 정의한 프레임 형태를, <표 2>에서 QoS를 제공하기 위한 제어 필드를 설명하였다.

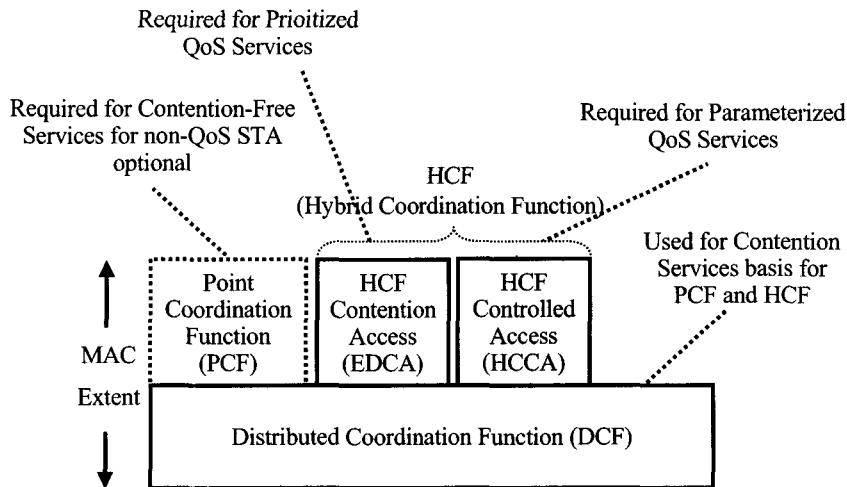
QoS 제어 필드에서 각각의 비트를 살펴보면, TID는 앞에서 설명한 8가지의 우선순위를 가지는 Prioritized QoS (TC)를 위한 우선 순위 값 또는 Parameterized QoS (TS)를 위한 TSID 값을 가진다. EOSP(End of Service Period)는 현재 SP(Service Period)의 끝을 나타낸다. 현재 프레임이 성공적으로 전송된 후 SP가 끝나면 1로 설정한다. Ack Policy는 Ack의 종류 (Normal ACK, No ACK, No Explicit ACK, Block ACK)를 나타내고, 비트 8에서 15 값은 각각의 프레임에 따라 필요로 하는 값들을 나타낸다. Queue Size나 TXOP duration 값을 통해 다음 프레임을 보내는데 필요한 Queue의 크기나 TXOP 길이를 요구할 수도 있다.

<그림 6>은 IEEE 802.11e의 MAC 구조를 나

타내고 있다. IEEE 802.11e는 기존의 하향 호환성을 위해 IEEE 802.11에서 제공되는 DCF와 PCF 기능을 제공하고, QoS를 제공하기 위해 Hybrid Coordination Function (HCF)을 추가하였다. HCF는 Contention을 기반으로 Prioritized QoS를 제공하는 Enhanced Distributed Channel Access (EDCA)와, Polling 및 Parameterized QoS를 제공하는 HCF Controlled Channel Access (HCCA) 두 가지의 매체 접근 메카니즘을 제공한다. EDCA와 HCCA 메카니즘은 각각 기존의 DCF와 PCF에 새로운 기능을 추가한 것이다. QoS STA(QSTA)들은 이 채널 접근 메카니즘들을 통해 Transmission Opportunity (TXOP)을 획득할 수 있는데, QSTA들은 이 TXOP를 획득해야만 프레임들을 전송할 수 있는 권한을 가지게 되어, IEEE 802.11e에서 정의한 방식에 따라 TXOP 동안 프레임들을 전송하게

Frame Control (2octet)	Duration /ID (2)	Address 1 (6)	Address 2 (6)	Address 3 (6)	Sequence Control (2)	Address 4 (6)	QoS Control (2)	Frame Body	FCS (4)
------------------------	------------------	---------------	---------------	---------------	----------------------	---------------	-----------------	------------	---------

〈그림 5〉 IEEE 802.11e의 프레임형태



〈그림 6〉 IEEE 802.11e의 MAC 구조

된다. TXOP은 이전 프레임이 끝난 이후 새로운 프레임의 시작 시간으로부터 사용할 수 있는 최대 시간 길이로 정의된다. TXOP은 EDCA를 통해 획득한 EDCA TXOP과 HCCA 메카니즘을 통해 획득한 HCCA(Polled) TXOP 두 가지로 나뉘어진다.

한편, 다른 여러 벤더들이 제작한 AP들 간의 상호 운용성을 제공할 수 있는 방안에 대해 표준화 작업을 진행하여 Recommended Practice의 형태로 최종안이 완성된 IEEE 802.11f가 있다. 그리고 IEEE 802.11g는 IEEE 802.11b 표준이 사용하는 2.4GHz대에서 54Mbps를 지원할 수 있는 표준으로 2003년에 완성되었다. IEEE 802.11i 표준은 무선을 통해 데이터를 송수신하는 기기간의 데이터 보안 및 인증에 관련된 안정된 기술을 제공하는 방식에 대한 표준으로 2004년 1월 현재 데이터의 보안에 대한 대부분의 기술적인 내용은 확정되었으며 IEEE-SA의 Sponsor Ballot을 준비중이어서 무선 통신 기술을 이용한 센서 네트워크의 사용을 확산시킬 수 있는 기폭제 역할을 할 것으로 기대된다.

IEEE 802.11k 표준은 Radio Resource

Measurement에 대한 새로운 규격을 제정하는 표준으로 기존의 RSSI (Received Signal Strength Indicator) 파라미터만으로는 Fast Hand-Off 기능은 물론 Mesh Networking 기능을 수행하는 데에 어려움이 있으므로 이 보다 나은 새로운 파리미터를 정의하고 있다. 그 대표적인 내용이 PSNI (Perceived Signal-to-Noise-plus-interference Indicator)와 RPI (Received Power Indicator), 그리고 RCPI (Received Channel Power Indicator)이다. IEEE 802.11k의 표준 활동에 따라 기존의 WLAN이 가지고 있는 단점이 어느 정도 해소되면 Mobility 지원과 Fast Hand-Off 기능, 그리고 Mesh Networking 기능들이 지원되어 유비쿼터스 네트워킹을 위한 잠재력을 충분히 가질 수 있게 되겠지만 IEEE 802.11 WLAN의 궁극적인 문제는 DCF를 기반으로 하는 CSMA/CA가 다중 접속의 기본 구조이기 때문에 PHY가 제공해 주는 속도가 아무리 빨라져도 최대 70Mbps 이상의 전송 속도를 지원받기에는 어려운 것이 사실이다.

가장 최근에 결성된 IEEE 802.11n은 MIMO 기술을 이용하여 108Mbps 이상의 데이터 전송

속도를 지원하는 표준을 정의하는 Task Group이다.

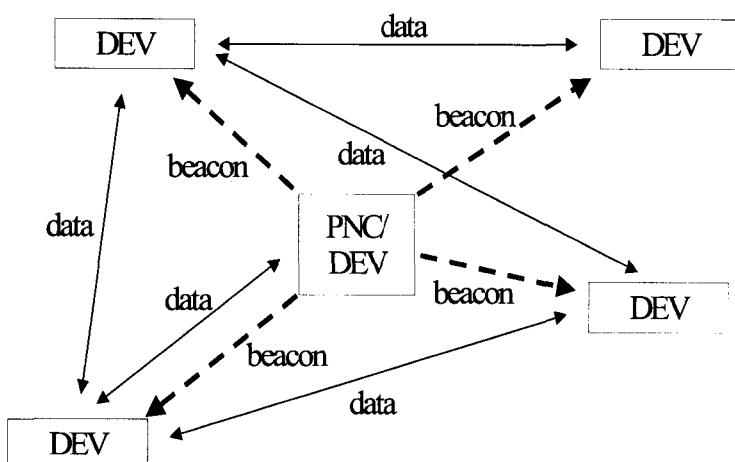
### 3-3. IEEE 802.15.3 HDR WPAN 기술

홈 네트워킹을 위한 WPAN 기술은 IEEE 802.15 Working Group에서 정의하고 있다. 원래 WPAN 기술은 10m 이내에 존재하는 기기 간의 데이터 전송을 가능하게 해 주는 방식에 대한 기술로 Ericsson을 중심으로 진행되었던 Bluetooth가 대표적인 기술인 셈이다. 그러나 Bluetooth는 최대 723.2 Kbps의 통신 속도 상의 한계와 최대 8개만이 통신에 참여할 수 있는 한계 등으로 인하여 보다 빠른 WPAN 기술에 대한 요구가 있어 왔다. 이를 위하여 IEEE 802.15 Working Group에서는 모두 5개의 Task Group이 구성되었는데 이 중 IEEE 802.15.1 Task Group에서는 유럽의 Bluetooth 기술을 IEEE 802 위원회에서 어떻게 유도할 것인지를 다루는 것으로 이미 표준이 완료된 상태이다.

IEEE 802.15.2 Task Group은 2.4 GHz대의 대역폭을 사용하는 기기 사이에 상호 간섭을 어떻게 해소할 수 있을 것인지를 대한 표준을 만들고 있다. 대표적인 방법으로는 IEEE 802.11b 기기와

Bluetooth 기기가 사전에 서로의 정보를 미리 나누어 각각의 기능과 사용 주파수 채널에 대해 파악한 후 최적의 통신 방식을 사용하는 Collaborative 방식이 있으며, 어느 한 쪽이 통신을 시작한 이 후 다른 기기가 이를 사용하려면 서로에 대한 정보의 교류 없이 같은 주파수 대역을 피하여 사용하는 Non-Collaborative 방식이 있다. 현재 IEEE 802.15.2 표준에는 Non-Collaborative 방식으로 DFH (Dynamic Frequency Hopping) 방식이 채택되어 있으나 Mobilian 등과 같은 회사는 IEEE 802.11b 기술과 Bluetooth 기술을 동시에 탑재한 칩을 개발하여 Collaborative 방식을 채택하고 있다.

한편 IEEE 802.15.3 표준[9]는 WLAN보다 낮은 전력을 소모하는 저가의 칩으로 Security와 QoS는 물론 최대 55 Mbps의 데이터 전송 속도를 지원함으로써 이동용 무선 영상 시스템과 멀티미디어 시스템에의 적용을 고려하고 있다. 특히 QoS를 지원할 뿐만 아니라 WPAN 솔루션이에서도 최대 70m의 전송을 지원하므로 아직 QoS 지원 방식이 확정되지 않은 IEEE 802.11e 기술이 차지할 시장을 급속히 잠식할 것으로 보인다.



〈그림 7〉 IEEE 802.15.3 표준의 피코넷 구성요소

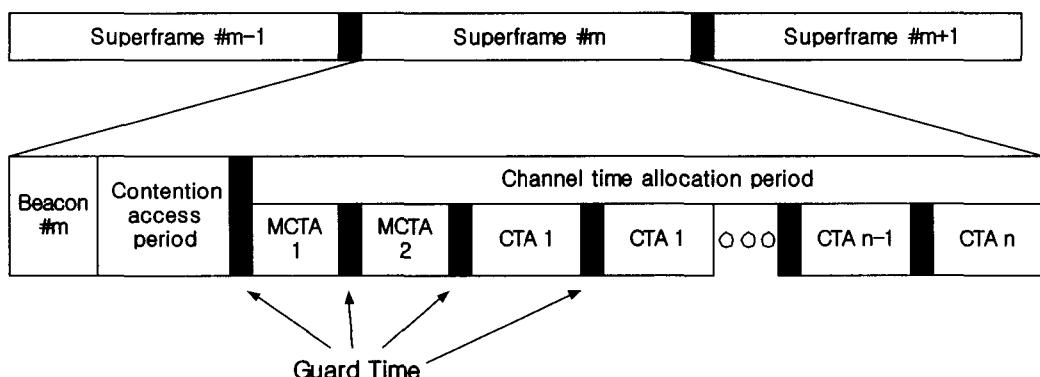
IEEE 802.15.3 피코넷은 <그림 7>에 보인 바와 같이 몇 가지의 구성 요소들로 형성된다. 가장 기본적인 구성요소는 DEV이다. 피코넷을 구성하기 위해서는 PNC(Piconet Coordinator) 역할을 하는 DEV가 반드시 있어야 한다. PNC는 비컨(Beacon)을 사용하여 그 피코넷의 타이밍 동기 및 피코넷의 동작에 필요한 여러 정보 요소(Information Element)들을 제공한다. 또한 PNC는 피코넷을 구성하는 DEV들의 채널 타임 관리, 채널 접근 제어, 전력 관리 등을 담당한다.

IEEE 802.15.3 피코넷은 Ad hoc 네트워크에서처럼, 어떤 DEV가 통신을 하려고 할 때, 기존에 있던 피코넷에 가입하거나 피코넷이 없는 경우 자신이 PNC가 되어서 피코넷을 구성하고, 피코넷의 DEV들이 더 이상 통신하지 않는 경우 피코넷을 제거한다. IEEE 802.15.3 표준에서는 DEV의 요구에 따라 종속적인 피코넷을 구성할 수도 있다. 종속적인 피코넷을 만든 원래의 피코넷을 부모(Parent) 피코넷이라고 한다. 부모 피코넷에 있는 PNC와 연관(Association)된 방식에 따라 종속적인 피코넷을 자식(Child) 또는 이웃(Neighbor) 피코넷이라고 한다. 부모 PNC의 채널 타임 할당 방식에 따라 종속적인 피코넷의 동작은 결정된다. 독립적인 피코넷은 어떠한 종속적인 피코넷들도 가지지 않는다.

<그림 8>에 보인 바와 같이 IEEE 802.15.3 피코넷에서 타이밍은 슈퍼프레임을 기반으로 한다. 각 슈퍼프레임은 비컨으로 시작하여 CAP, CTAP (Channel Time Allocation Period)로 구성된다. CAP를 통해서는 비동기 데이터나 커맨드를 전송한다. CTAP는 CTA (Channel Time Allocation), MCTA (Management CTA)로 구성되고, CTA를 통해서는 커맨드, 동시성 데이터, 비동기 데이터 모두를 전송할 수 있다. 또한 동기를 맞추기 위해서 중간에 가드 타임이란 여유를 두었다. <그림 8>에서 MCTA가 CTAP의 맨 처음에 위치하지만, PNC는 수퍼 프레임 내의 원하는 위치에 원하는 번호의 MCTA 또는 CTA를 위치시킬 수 있다.

CAP의 길이는 PNC가 결정하고, 비컨을 통해 피코넷에 있는 DEV들에게 전달된다. PNC는 CAP에서 제공되는 기능을 MCTA로 변경할 수 있다. 그러나 2.4 GHz PHY에서는 모든 DEV들이 CAP를 사용하도록 하고 있다. MCTA는 DEV와 PNC간의 통신에 사용되는 CTA 형태이다.

CAP에서는 매체 접근 방식으로 CSMA/CA를 사용한다. 반면에 CTAP는 DEV마다 특정한 타임 윈도우를 가지는 TDMA 프로토콜을 사용한다. MCTA는 특정 송/수신 DEV 쌍에 할당되어



<그림 8> IEEE 802.15.3 피코넷의 슈퍼프레임 구조

TDMA로 액세스를 하거나 Slotted Aloha 프로토콜을 사용하는 공유 CTA로써 사용된다.

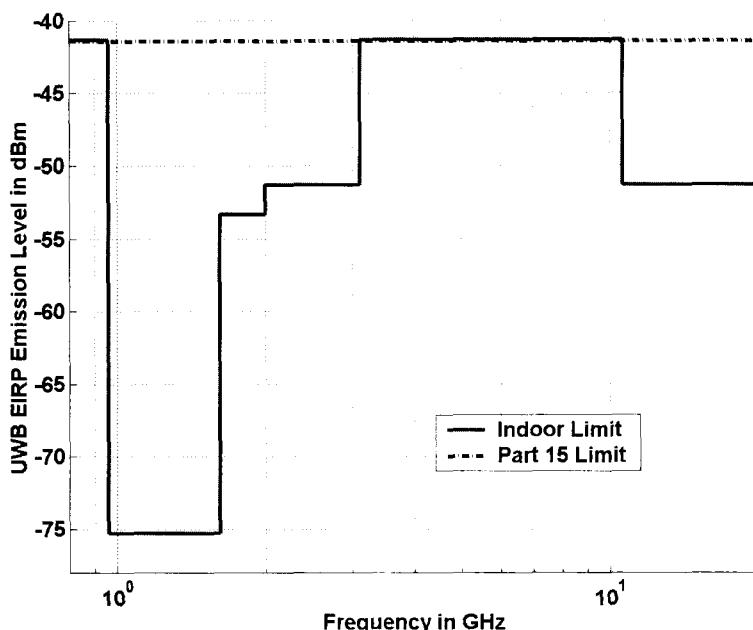
IEEE 802.15.3가 WiMedia Alliance 등과 같은 조직으로부터 많은 관심을 모으고 있는 이유는 MAC이 가지고 있는 효율성과 55 Mbps를 지원하는 고속의 전송 속도, 그리고 주어진 QoS와 표준화된 Security 방식이다. 여기에 전송 거리가 70m에 달하므로 멀티미디어 데이터의 전송을 위한 광 대역 무선 홈 네트워킹 백본 네트워크로는 가장 좋은 조건을 가지고 있기 때문이다. 이와 같은 이유로 1394TA에서는 IEEE 1394 표준으로 연결된 오디오/비디오 기기들을 무선으로 연결하는 무선 1394 기술에 대한 표준을 제정하고 있는 것이다.

#### 3-4. IEEE 802.15.3a UWB 기술

IEEE 802.15.3a 표준은 IEEE 802.15.3 기술이 사용하는 MAC (Medium Access Control)을 그

대로 이용하며 PHY 기술만 UWB (Ultra Wide Band) 기술[24]을 이용하여 보다 높은 대역폭을 갖도록 함으로써 고속의 데이터 전송을 요구하는 오디오/비디오 기기들을 무선으로 연결하는 데에 초점을 두고 있다.

UWB 기술은 매우 오래된 역사를 가지고 있는 기술로 사용할 수 있는 대역폭은 <그림 9>에 보인 바와 같이 3.1 GHz부터 10.6 GHz까지 총 7.5 GHz라는 광대역의 대역폭을 사용할 수 있지만 실제로 신호의 대역폭은 중심 주파수의 25% 이상을 점유하여야 하고 이 대역의 전자파는 방사 출력이 -41.25 dBm/MHz를 넘지 않아야 한다. 따라서 펄스 폭은 약 1 nsec보다 작으며 Carrier를 통한 변조를 사용하지 않고 Baseband 신호로 전송하므로 송신기의 제작이 매우 쉽고 싼 가격으로 구현할 수 있는 장점이 있다. 변조 방식은 PPM (Pulse Position Modulation) 방식과 BPSK (Binary Phase Shift Keying) 방식을



<그림 9> UWB 기술이 사용할 수 있는 스펙트럼 분포도

이용하며 수신단에는 대부분 Correlator를 이용하여 데이터를 수신한다. 방사 전력이 FCC Part 15에 의해 -41.25 dBm/MHz로 엄격히 제한되어 있으므로 10m 이상의 거리를 전파할 수 없는 단점이 있으며 벽을 통과할 수 없어서 홈 네트워크로 사용할 경우 Cluster Network으로만 사용 가능하다.

UWB 기술이 가지는 가장 큰 장점은 ISI를 일으킬 확률이 매우 낮다는 것이다. 따라서 UWB는 GPS나 PCS, 그리고 WLAN 기능과 함께 하나의 기기에 통합될 수 있다. 그리고 매우 낮은 감지 확률로 인하여 신호 레벨에서 데이터의 안전성이 보장되며 저 전력을 소모한다는 것도 매우 큰 강점이다. 또한 10m 거리에 110 Mbps를 지원하며 4m 거리에서는 200 Mbps라는 초고속의 무선 데이터 전송이 가능하므로 비디오/오디오 용용과 디지털 카메라 신호의 전송, 그리고 MP3 Player 데이터의 다운로드 등에 매우 좋은 용용 분야를 갖는 기술이다. 무엇보다 UWB가 홈 네트워킹 기술로 적합한 이유는 넓은 대역폭을 사용하므로 다중 반사로 인한 다중 페이딩 문제에 매우 강한 특징을 가지고 있다는 점이다. 이와 같은 무선 통신 기술을 이용하여 홈 네트워킹에 적용하고자 하는 단체가 WiMedia이다.

UWB 기술을 개발하여 보유한 회사는 Time Domain Corporation, WisAir, Aether Wire & Location, Inc., ANRO Engineering, Inc., Fantasma Networks, Inc. (Interval Corp.), Livermore Labs, Multispectral Solutions, Inc., 그리고 XtremeSpectrum Inc. 등이 있다. 이 대부분의 회사들은 서로 다른 기술을 이용하여 데이터를 송신하고 있으므로 기기간의 상호 운용성이 보장되지 않는다. 이를 위하여 IEEE 802.15.3a Task Group에서는 이를 중의 오직 하나만의 방식을 단일 표준으로 정하기로 하고 여러 가지의 제안서를 받아 발표하도록 하였으며 TI 진영의

Multi-Band OFDM 방식과 Motorola 진영의 DS-UWB 방식 두 가지가 각각 60%와 40%의 지지도를 받고 있으나 IEEE SA의 규정상 75%의 지지를 얻지 못하면 표준으로 확정될 수 없으므로 약 1년 동안 Deadlock 상태에 머물러 있었다. 처음에는 여러 라운드를 거쳐 단일 기술의 PHY 칩이 최종적으로 결정될 예정이었으나 이와 같은 Deadlock 문제를 해소하기 위해 IEEE 802.11b나 IEEE 802.11g와 같이 두 가지의 기술을 동시에 Option의 형태로 수용할 수 있는 방안을 Motorola가 제안하였다. 이 개념은 CSM (Common Signaling Mode)를 이용한 것으로 Multiband OFDM 기술에 약간의 변화를 가하면 하나의 하드웨어 설계로 두 개의 모드가 동시에 동작하는 방안을 제안한 것이다. 그러나 이와 같은 좋은 방안에도 불구하고 MBOA (Multi-Band OFDM Alliance)에서는 이와 같은 안을 반대하고 있어 UWB 기술의 IEEE 802.15에서의 표준화는 당분간 시간이 걸릴 것으로 보인다.

### 3-5. IEEE 802.15.4 Low Data Rate WPAN 기술

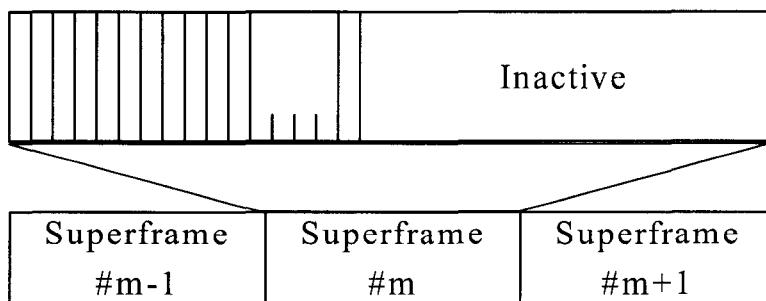
IEEE 802.15.4 기술[10]은 20 Kbps (868 MHz)와 40 Kbps (915 MHz), 그리고 250 Kbps (2.4 GHz)만을 지원하는 WPAN 기술로 낮은 전력을 소모하며 초 저가의 센서 네트워크를 구현하기에 최적의 방안을 제공하는 기술이다. 이 기술의 또 다른 용용은 아마도 Universal Controller가 될 것으로 보인다. 즉 이 기술이 채택된 리모콘이 있으면 집안의 어디를 가더라도 10m 이내에 있는 모든 기기를 무선으로 제어할 수 있게 되는 것이다.

IEEE 802.15.4의 절전은 <그림 10>에 보인 바와 같이 하나의 수퍼 프레임 동안 16개의 Slot을 두고 이 기간에 대부분의 데이터를 전송하며 그 이외는 비활성 상태에서 절전 모드로 동작하게

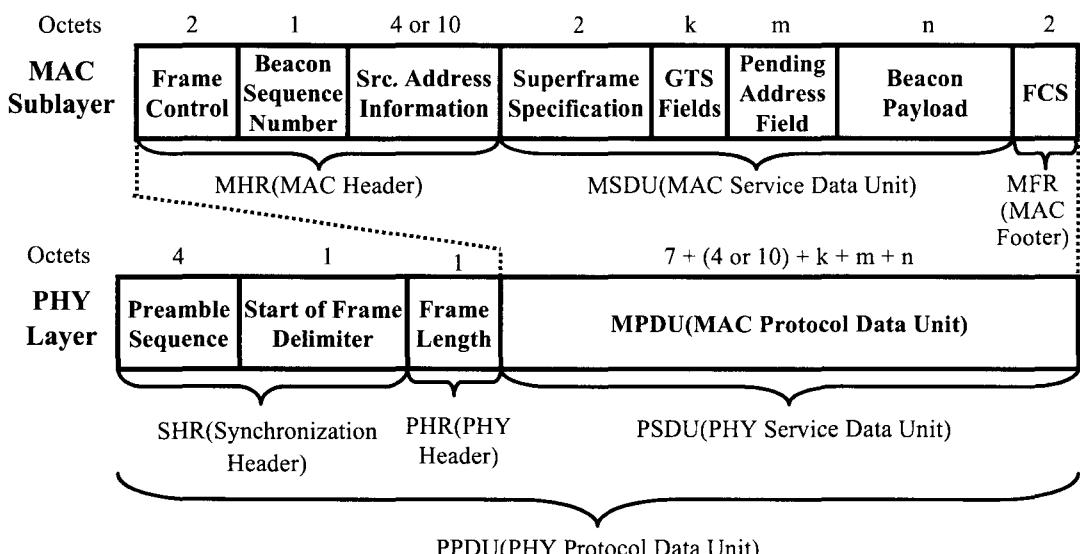
하는 방식을 채택함으로써 이루어진다. 이와 같은 데이터 전송 기간의 할당은 FFD (Full Function Device) 기능을 갖춘 기기가 PNC (Piconet Coordinator)가 되고 Beacon Frame에 모든 관리 정보를 실어 자원 사용을 중재함으로써 형성되는 것이다. 기본적으로 IEEE 802.15.4의 데이터는 CAP (Contention Access Period) 기간 동안 CSMA/CA를 기반으로 동작한다. 선택 사양이지만 CFP (Contention Free Period) 동안 GTS (Guaranteed Time Slot)을 이용하여

데이터를 전송할 수도 있다. IEEE 802.15.4 기기는 이와 같은 Beacon을 기반으로 수퍼 프레임을 지정하고 이에 따라 데이터를 전송하는 모드는 물론이고 Beacon이 없는 상태에서 데이터를 송수신하는 모드도 지원한다. Beacon이 없는 상태에서 데이터를 전송하는 모드에서의 CSMA/CA 기반 MAC 방식은 채널이 유휴상태일 경우 자체적으로 발생한 랜덤 수 만큼 Back-Off한 후 즉시 데이터를 보내게 되는 것이 차이점이다.

IEEE 802.15.4 네트워크는 16비트의 짧은 주소



〈그림 10〉 IEEE 802.15.4 표준이 채택한 수퍼 프레임 구조



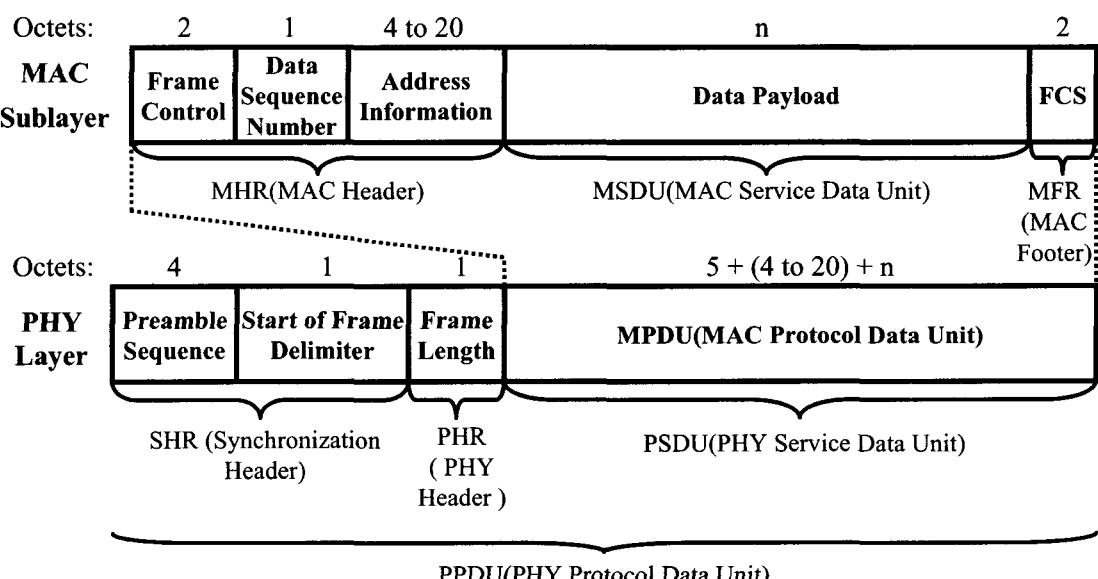
〈그림 11〉 IEEE 802.15.4 네트워크의 비콘 프레임 포맷

체계와 64비트의 긴 주소 체계를 동시에 사용한다. 64비트의 주소 체계는 모든 기기가 단일의 주소를 가지므로 제어의 오류를 방지하는 좋은 방식이지만 데이터 전송에 자원의 낭비가 크고 메모리 용량도 많이 필요하므로 16비트의 짧은 주소 체계를 동시에 사용하는 것이다. 그러나 이와 같은 두 가지의 주소 체계를 이용하므로 Network Layer에서 Application Layer로 데이터를 전송할 때 Address Mapping을 다시 수행해야 하는 문제가 남아 있으며 이 문제는 ZigBee Alliance에서 해결 중이다. <그림 11>과 <그림 12>는 비콘의 프레임 포맷과 데이터의 프레임 포맷을 보여주는 것으로 논리적 주소와 확장 주소를 사용함에 따라 어드레스 필드의 길이가 달라짐을 보여 주는 그림이다.

IEEE 802.15.4 네트워크는 Star, Peer-to-Peer, 그리고 Tree와 Mesh Topology를 지원할 수 있다. 어떤 네트워크 Topology를 형성할지는 Network Layer에서 결정되며 Peer-to-Peer Network의 경우 Ad Hoc Networking 기능과 자

체 구성 기능, 그리고 Link에 이상이 발생할 경우 스스로 복구하는 기능도 포함되어 있다. 또한 메시지를 전송하기 위해 다중 흡을 이용하는 Cluster-Tree Network에 대한 동작은 ZigBee Alliance에서 제정되는 Network Layer에서 정의하는 대로 동작하게 된다.

IEEE 802.15.4 Low Data Rate WPAN 기술은 IEEE 1451 표준 위원회가 미래의 유비쿼터스 환경 지원을 위한 센서 네트워킹 기술로 결정한 기술로 PHY와 MAC 표준만을 정의하고 있으며, Network Layer와 Application Layer와 같은 상위 계층에서의 프로토콜은 ZigBee Alliance에서 정의하고 있다. <그림 13>은 ZigBee Alliance에서 다양한 제어와 센서 네트워크를 위해 정의한 전체 프로토콜 스택을 나타낸 것이다. 가장 아래 계층에 있는 PHY 계층과 MAC 계층은 IEEE 802.15.4 표준에서 정의하며 Network Layer와 Application Support Sublayer (APS), 그리고 ZigBee Device Object (ZDO)와 Application Framework, Security Service Provider는



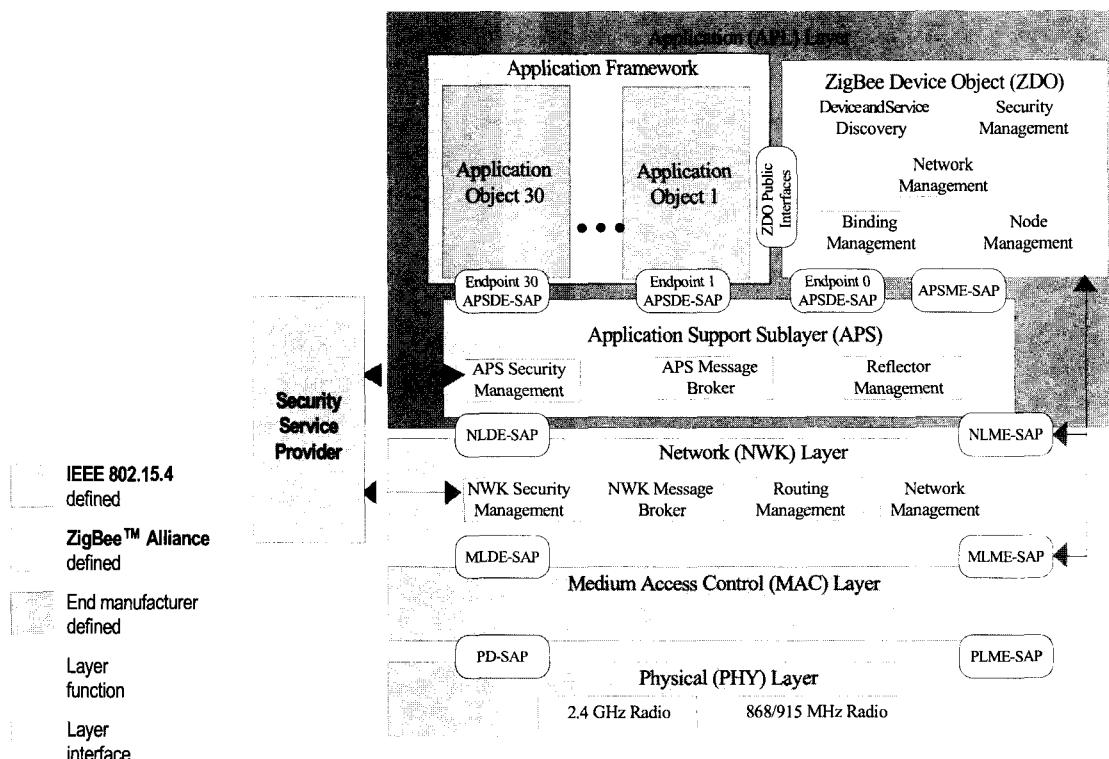
<그림 12> IEEE 802.15.4 네트워크의 데이터 프레임 포맷

ZigBee Alliance의 Working Group에서 정의하고 있다.

Application Framework은 최대 30개의 Application Object를 가지고 있으며 이들을 구분하기 위해 Endpoint를 정의하고 있다. 즉 하나의 ZigBee 기기는 그 내부에 여러 가지의 다른 기능을 수행하는 기기를 내포할 수 있으며 Endpoint APSDE-SAP을 통해 각각의 내부 기기에 접근한다. 따라서 이와 같은 내부 기기의 접근을 위해 반드시 필요한 기능이 Binding Table이다. Binding Table은 제어하고자 하는 기기와 제어되는 기기 내부의 각각의 용용에 따라 서로를 연관지어주는 Binding Table을 구성하고 이를 관리하는 모듈을 ZDO에 둠으로써 효율적

으로 기기를 제어하고자 하는 것이 그 목적이다. ZigBee 포로토콜이 Application Layer에서는 필요에 따라 데이터 보호를 위한 Security Suite도 관리할 수 있다.

한편 Network Layer에서는 새로운 기기를 구성하거나 새로운 네트워크를 시작하는 일, 그리고 어떤 네트워크에 참여하거나 이탈하는 일과 논리적 주소를 할당하며, 주변 기기 및 데이터 전송 경로를 발굴하는 일 등을 관리한다. 이 중에서 가장 중요한 기능이 Multi-Hop 네트워크에서 데이터 전송 경로를 찾는 Routing이다. Routing 방식에는 Hierarchical Routing 방식과 테이블을 이용한 방식이 있다. Hierarchical Routing 방식은 트리를 따라 목적지 기기를 찾



〈그림 13〉 ZigBee 포로토콜 스택 구조

아 가는 방식으로 최적의 루트를 찾아 가는 방식은 아니며 따라서 비교적 쉬운 Routing 방식이다. 한편 Routing Table을 이용한 방식은 데이터를 전송하려는 기기가 RREQ 패킷을 보내고 RREP 패킷을 수신하면서 LQI (Link Quality Indicator) 혹은 PCM (Path Cost Metric)을 기반으로 하여 최적의 Routing 경로를 찾아 내는 방식이다. 계산량의 증가로 인한 CPU의 부담을 줄이기 위해 단순히 Hop Count만을 이용하자는 제안이 꾸준히 제기되고 있지만 Draft 0.8에서는 RREQ에 의해 Routing Table을 설정하는 방식이 채택된 상태이다.

ZigBee Alliance의 Network Group에서 해결해야 할 이슈는 Unicast Routing, Broadcast Routing, Network Formation, Network Operation, Logical Address Mapping 등이 있다. 이 중에서 가장 해결하기 어려운 부분이 Broadcast Routing이다. 유선 네트워킹과는 달리 ZigBee와 같은 무선 네트워킹 기술은 PNC가 Routing이나 어떤 관리를 위해 Broadcasting을 한다고 해도 모든 기기가 이 정보를 수신했다고 가정할 수 없기 때문이다. Hierarchical Routing의 경우 Link나 Node 상에서 동작을 하지 않는 경우가 발생하면 Broadcasting에 의한 데이터의 전송은 불가능하며 이 경우 어떻게 처리할 것인지를 매우 중요한 핵심 이슘이다. 이에 대한 제안이 지난 2004년 2월 Austin 회의에서 발표되었으나 아직 컨센서스를 이루지 못해 다음 회의에서 조금 더 논의될 것으로 보인다.

또한 동작 모드도 Network Layer가 어떤 결정을 내려 줄 것인지는 네트워크의 정책적인 차원에서 쉽게 결정하기 어려운 일이다. 즉, 새로운 기기가 이미 동작하는 PAN 안에서 전원이 공급되었을 때 이 PAN에 Associate 되는 방안이 있고 다른 보다 나은 채널을 사용하여 자신의 PAN을 형성하는 방안이 있을 것이다. Cluster-

Tree Network에 의한 Multi-Hop 방식의 네트워킹을 한 집에서 구현하려면 하나의 PAN에 같은 채널을 이용하여 계속 Associate 되어야 하지만 이웃 집의 경우 자체적으로 자신의 채널을 찾아 자신의 PAN을 구성하는 것이 더 타당한 방법일 것이기 때문이다. 이에 대한 논의도 앞으로 결정해야 할 정책 중의 하나이다.

Address Mapping도 Network Group과 Application Group이 동시에 고려하고 있는 중요한 이슈 중의 하나이다. PHY 계층과 Application 계층에서는 주소 충돌을 막기 위해 64 비트의 확장 주소 체계를 사용하지만 Network Layer에서는 메모리의 소모를 막기 위해 Routing Table을 만들 때 16 비트의 논리 주소를 사용한다. 따라서 16비트와 64 비트 사이의 주소 변환이 없이는 원하는 기능을 수행할 수 없게 되지만 이와 같은 주소의 변환은 매우 많은 CPU의 계산을 필요로 하므로 이에 대한 공통의 의견이 필요하며 ZigBee Darft 1.0에서 최종적으로 결정될 예정이다.

#### IV. 유비쿼터스 네트워킹의 개념

유비쿼터스 네트워킹[13 - 22] 환경은 사람 주변의 모든 기기가 하나의 네트워크로 연결되어 끊김없이 정보를 주고 받으며 통신을 가능하게 해 주는 전자공간과 실제 공간의 융합이다. 이와 같은 유비쿼터스 환경이 지원되면 우리가 살고 있는 세상은 평온하고 지능화된 느낌에 상황 인지 능력을 갖추게 되어 생산적이며 대용 능력을 지원받을 수 있는 안락한 상황이 된다. 이러한 유비쿼터스 환경의 제공을 위해서는 "Always Connected"와 "Broadband" 그리고 "Every Device in One Network"의 세 가지의 키워드가 필수적인 요소이다. 이 세 가지의 요소가 충족되

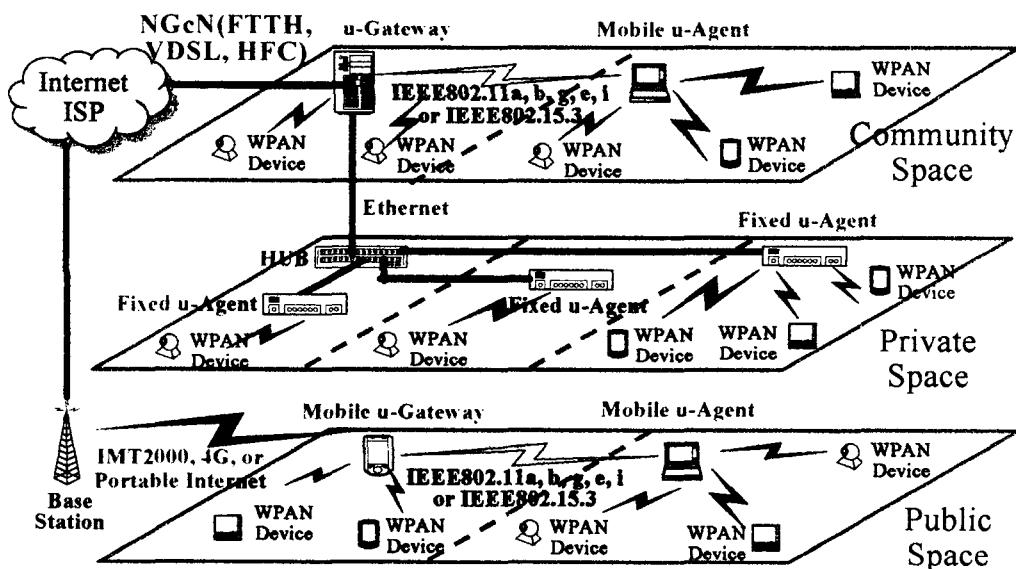
려면 많은 기술들이 필요하게 된다.

<그림 14>는 이와 같은 유비쿼터스 네트워킹이 구현된 세 가지의 공간을 다른 관점에서 도식한 것으로, 개념상 개인적인 공간(Private Space), 지역 공간 (Community Space), 그리고 공중 공간 (Public Space)으로 나누었다. 이 세 개의 공간은 개념적인 의미의 부연이지만 각각의 공간은 병원의 경우 세 개의 층을 의미할 수도 있고 고층 아파트의 경우 3개 층의 서로 다른 주택일 수도 있으며 제일 아래에 보이는 Public Space는 일반적으로 사람들이 걸어 다니는 길거리로 간주하여도 무방하다. 그 이유는 IMT-2000이나 휴대 인터넷 기술을 이용하여 항상 네트워크에 연결되어 있기 때문이다.

<그림 14>에 보인 바와 같이, 가장 윗 층에 보이는 u-Gateway는 BcN (Broadband Convergence Network) 개념[23, 24, 25]을 지원하는 FTTH (Fiber To The Home)와 VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line), 그리고 HFC (Hybrid Fiber Coaxial)와 같은 브로

드밴드 네트워킹 기술을 통해 인터넷 세상과의 연결을 가능하게 해 준다. 유비쿼터스 네트워킹 환경이 이와 같은 광대역 BcN 망을 필요로 하는 이유는 집 안은 물론 외부 도처에 널리 있으면서 수 없이 많은 센서 데이터를 모아 중앙의 서버에 전송하게 되면 합쳐져 백본 네트워크를 활용하는 데이터의 양이 매우 많을 것이기 때문이다.

u-Gateway는 또한 이더넷 인터페이스를 보유하고 있어서 다른 층 (그림의 아래층)과의 연결을 가능하게 해 주며 자체의 센서 네트워킹 기능이 있어서 10m 내에 존재하는 WPAN 기기와의 통신이 가능하고 이 센서들로부터 Health Care에 필요한 개인의 건강 정보들을 수집할 수 있다. 이 거리를 벗어나는 센서들은 WLAN이나 IEEE 802.15.3와 같은 무선 백본 네트워크를 이용하여 Mobile Agent와 연결되면 매우 편리하게 다른 위치에 존재하는 센서들로부터 정보를 수집할 수 있지만 이더넷을 이용하여 Fixed Agent를 통해 다른 스페이스에 있는 센서들로부터 정보를 수집할 수도 있다. 어느 경우든 이와 같은 기기



〈그림 14〉 유비쿼터스 환경을 제공하는 세 가지의 공간 및 소요 기술들

들은 WPAN 기기와의 통신이 가능한 무선 네트워킹 기능을 보유하고 있어야 한다.

u-Gateway와의 연결이 허용되지 않는 극한 상황이나 가정을 벗어난 곳이라면 제일 아래층에 보인 바와 같이, 다소 가격은 비싸더라도 고속의 데이터 전송을 지원하는 휴대 인터넷 기술을 이용한 Mobile u-Gateway로 사용해야 할 것이다. 이 경우 Mobile u-Gateway는 휴대 인터넷 기술은 물론 무선으로 Mobile Agent와 연결되기 위해 WLAN 혹은 IEEE 802.15.3가 필요하며, 센서와의 통신을 위한 Zig-Bee와 같은 센서 네트워크가 필요하다.

유비쿼터스 네트워킹을 이루기 위해 가장 중요한 요소는 기반 기술의 확립과 개발 체제의 확립, 그리고 운용체제의 확립 및 범 세계적인 표준화일 것이다. 기반 기술에는 초소형 칩 제조 기술과 RF-ID 등과 같은 범용 위치 측정 기술이 이에 속하며 실시간 지원성과 보안 기능의 지원, 그리고 저가로 제품의 구현이 가능해야 한다. 그리고 개발 체제의 확립을 통하여 가능한 빨리 제품을 만들고 바로 사용할 수 있는 즉시성을 제공할 수 있어야 하는데 이를 위하여 일본의 TRON 프로젝트에서는 T-Engine을 개발하였다 [8].

광대역 통합 네트워크의 도입은 유비쿼터스 네트워킹을 구현하는 데에 핵심적인 키워드인 브로드밴드 네트워크의 구현 관점에서 매우 중요한 일이다. “Every Device in One Network”으로 표현되는 이 키워드는 Sensor Network를 어떻게 구현하느냐가 가장 큰 관건이 될 것이다. IEEE 1451에서는 IEEE 802.15.4 PHY 기술을 접목한 ZigBee 솔루션을 이와 같은 센서 네트워크의 핵심 대안으로 고려하고 있다.

## V. 홈 네트워킹 서비스 및 유비쿼터스 환경 지원을 위한 광대역 무선 홈 네트워킹 적용 방안

인간이 살아가는 지구상에서 유비쿼터스 세상의 필요성을 가장 많이 느끼는 곳이 가정이라는 것은 짐작하기에 그리 어려운 일이 아니다. 그 이유는 하루 중에서 반 이상을 놀 지내는 곳이며 세상을 살아가는 기쁨과 애환이 항상 녹아 있는 곳이 가정이고, 개인의 모든 비밀과 미래를 묻어두는 곳이 가정이요, 내가 유일하게 왕과 같은 지위를 부여받는 곳이 가정이기 때문이다. 또한, 가정이라는 하나의 작은 세상에 유비쿼터스 환경을 구현하는 것은 자신의 의지에 따라 나만의 맞춤형으로 언제든 구현 가능한 일이기 때문에 유비쿼터스 세상이 가장 먼저 이루어질 곳은 가정이 될 것으로 보인다. 이러한 관점에서 유비쿼터스 환경을 제공할 수 있는 홈 네트워킹 기술은 매우 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다. 그리고 가정에서 유비쿼터스 네트워킹이 이루어지면 국가적인 차원의 인프라를 구축하는 데에 커다란 모티브를 제공할 것이기 때문에 가정 내의 유비쿼터스 네트워킹 환경의 구축은 매우 중요한 의미를 갖는다.

유비쿼터스 환경 지원을 위한 광대역 무선 홈 네트워킹 기술에 대해 논의하기 위해 <그림 2>에 나타난 분산형 홈 네트워킹 상황을 다시 한번 되돌아 갈 필요가 있다. 앞 장에서도 이미 언급하였지만 유비쿼터스 홈을 구현하려면 세 가지의 키워드를 만족하여야 한다. 즉, 항상 접속성과 광대역 네트워크, 그리고 모든 기기가 하나의 네트워크로의 연결이 그것이다.

광대역성을 통하여 VOD (Video on Demand) 혹은 EOD (Education on Demand)[4]와 같은 영

상 서비스를 받을 수 있게 된다. VoD 서비스는 오랫동안 홈 네트워킹의 퀄리 애플리케이션으로 인정받고 있었지만 콘텐츠 제공자와 서비스 제공자의 이해 관계가 맞아 떨어지지 않아 제대로 사업을 수행되지 못하고 있었다. 택내에 광대역의 홈 네트워킹 기술이 적용되면 오디오/비디오 신호가 각 방을 거쳐 집안 전체에 분배될 것이므로 부모가 거실에서 다른 손님들과 거실에 있는 DTV 프로그램을 즐길 때 큰 아들은 자기 방 (Room #3)에서 EoD 서비스를 통해 원격 교육을 받을 수 있을 것이며 동시에 둘째 아들은 안방에서 또 다른 VOD 서비스를 받을 수 있을 것이다. 이 경우 집 안에서 전송해 주어야 할 영상 신호는 적어도 세 개가 되어 SD급 영상이라면 32Mbps의 전송 속도를 지원하는 백본 네트워크를 통해 서비스가 가능하게 된다.

문제는 이와 같은 백본 네트워크로 어떤 네트워킹 기술을 사용할 것인가 하는 것인데 PLC와 HomePNA 기술은 지원 가능한 전송 속도의 제한으로 가능한 방안이 아니다. Fast Ethernet 기술은 최대 100Mbps를 지원하므로 이 경우에 사용할 수 있지만 신축 주택이 아니면 적용하기에 어려움이 있는 기술이다. 또한 유선으로 데이터를 전송하므로 이동성을 제공하지 않아 진정한 항시 접속성을 제공해 주지는 않는다. 따라서 가장 먼저 고려할 수 있는 기술은 최대 54Mbps를 지원하는 IEEE 802.11a 혹은 IEEE 802.11g WLAN 기술이다. 그러나 오디오/비디오 신호는 QoS가 지원되어야 하므로 IEEE 802.11e 표준도 함께 고려되어야 하며 집안의 정보가 무선으로 전송되므로 데이터 보안 방안이 매우 중요한 이슈로 떠오르게 된다. 이 문제를 해소하기 위해 RSN (Robust Security Network)을 제공하는 IEEE802.11i 표준이 함께 고려되어야 할 것이다.

또 다른 무선 전송 방식으로 IEEE 802.15.3를 사용할 수 있다. 제 2장에서 이미 언급하였지만

IEEE 802.15.3 표준은 QoS 방식이 이미 지원되고 Peer-to-Peer 통신이 가능하고 데이터 보안 방식이 확정되었으며 최대 55 Mbps를 사용할 수 있으므로 매우 좋은 무선 네트워킹 기술이다. 또한 QoS 지원 방식이 표준에 명시되어 있으므로 1394TA에서는 이 무선 네트워킹 기술을 이용하여 IEEE 1394 신호를 전송하는 PAL (Protocol Adaptation Layer) 규격을 정의하고 있다. 따라서 IEEE 802.15.3 표준을 이용한 광대역 무선 홈 네트워킹 기술은 그 자체만으로도 오디오/비디오 신호의 전송에 적용될 수 있지만 IEEE 1394 기술이 시장을 많은 제품에 채택되면 같은 규모로 성장할 기술이다. 여기에 무선 네트워킹 기술이 접목되고 WLAN보다 전력 소모가 작으며 칩의 가격이 저렴하므로 미래의 유비쿼터스 네트워킹 환경을 지원하기에 많은 장점을 가지고 있는 기술이다.

그러나 IEEE 802.15.3 표준은 2.4 GHz대를 사용하여 최대 4 개의 전송 채널만을 사용할 수 있으므로 IEEE 802.11b나 Bluetooth, 그리고 HomeRF와 같은 무선 네트워킹 기술과 간섭이 우려되며 실제로 전자 레인지의 사용 대역이 2.4 GHz여서 실제로 다른 서비스와 간섭없이 사용하기에는 어려움이 예상되는 기술이다. 이 문제의 해결은 많은 전송 채널의 확보이며 지난 2003년 6월 WRC-03 회의에서 확정된 5GHz 대역을 이용하는 방법이 최선으로 보인다. 5GHz대를 사용하면 전체 대역이 555 MHz까지 사용이 가능하므로 이미 구현된 DFS (Dynamic Frequency Selection) 기술을 적용함으로써 보다 나은 오디오/비디오 신호의 실시간 전송이 가능하게 될 것이다.

IEEE 802.15.3 표준을 홈 네트워킹을 위한 백본 네트워크로 사용하면 UWB를 Cluster Network로 사용하는 경우에 장점을 얻을 수 있다. 즉 UWB는 10m에서 110Mbps를 지원하며 1m

이내에서는 최고 480Mbps를 지원하는 초고속 무선 네트워킹 기술이지만 방사 전자파 출력의 제한으로 인하여 홈 네트워킹 관점으로 보면 IEEE 1394 기술과 같이 Cluster Network으로만 사용이 가능하다. UWB로 구성된 Piconet들이 10m 이상의 거리에 존재하면 무선으로 이 신호들을 전송해야 하는데 WiMedia 상위 계층이 IEEE 802.15.3a PHY 표준과 IEEE 802.15.3 MAC을 이용하므로 브릿지 설계를 쉽게 해 줄 것으로 보인다. 이와 같은 이유로 IEEE 802.15.3 표준을 광대역 무선 홈 네트워킹 기술의 백본 네트워크로 사용할 경우 WLAN을 백본 네트워크로 사용하는 것 보다 큰 장점을 가지게 되는 것이다.

앞에서도 이미 소개하였지만 유비쿼터스 네트워킹 환경이란 이 세상의 모든 기기가 하나의 네트워크에 연결됨으로써 언제, 어디서나, 모든 기기와 사람이 필요한 정보를 주고 받으며 우리의 생활을 더욱 더 풍요롭게 만드는 환경을 의미한다[25]. 이와 같은 특전을 위해서는 “상시 접속”과 “브로드밴드화”, 그리고 “모든 기기의 네트워킹화”가 필수적이다. 이 세 가지 기술이 완성되면 사용자와 네트워크의 다양화 및 유통 콘텐츠의 대용량화, 그리고 네트워크에 접속되는 기기의 증대로 인하여 다양한 새로운 기술의 발전이 이루어지게 된다. 이 중 대표적인 것이 상태 감지, 위치 추적 능력의 확대가 일어나게 되며 커뮤니티의 파워가 증대하게 되고 형태지의 교환 및 공유가 가능해져서 기존의 기술로는 얻을 수 없었던 많은 새로운 시장이 창출되는 것이다.

유비쿼터스 네트워킹을 통해 누릴 수 있는 사업 모델[18]로는 개인 시장을 대상으로 하는 컨시어지형 사업 모델과 기업 대상의 지역 자산 관리형 사업 모델, 그리고 공공 분야를 대상으로 하는 대역 계측형 사업 모델이 있다. 건강 화장실이나 홈 시큐리티 등과 같은 불안 해소형 사업

모델이 컨시어지형 사업 모델이라면 형태지에 의한 지식의 종목과 커뮤니티에서의 지식의 집적으로 인한 데이터 베이스화 등이 지역 자산 관리형 사업 모델이며, 교통계와 환경계, 그리고 국토 관리계 등에 사용되는 자동 요금 징수 시스템, 수목 관리 RFID Tag 등이 대역 계측형 사업 모델에 해당한다. 이와 같은 사업 모델을 통하여 2005년에는 총 580조원의 시장 창조 효과가 있는 것으로 분석되고 있다[18].

그러나 이와 같은 시장 창조 효과를 거두기 위해서 가장 먼저 고려해야 할 사항은 유비쿼터스 네트워킹 환경의 구현을 통해 얻으려는 서비스를 먼저 정의하여야 한다는 것이다. 이 서비스는 말하자면 건물을 짓기 전에 어떤 용도의 건물을 지을 것인가를 먼저 고려하여 설계를 하는 것과 마찬가지의 개념이다. 이러한 서비스가 정의되면 이 서비스를 제공해 줄 기술의 수준이 정의되고 정의된 기술의 수준을 하나의 통일된 표준으로 가져감으로써 전체 시장의 규모를 확대해 나갈 수 있기 때문이다. 따라서 이 시점에서 가장 먼저 해야 할 일은 홈 네트워킹 기술의 방향과 서비스의 수준을 정의한 후 이 수준에 따라 한국형 유비쿼터스 네트워킹 환경의 실체를 정의하는 것이고 이를 구현하기 위한 차세대 통합 네트워크의 사양을 결정해야 한다. 예를 들어 홈 네트워킹 기술을 단순히 홈 오토메이션 수준의 제어용으로만 정의한다면 차세대 통합 네트워크의 구현 부담은 매우 줄어들 것이다. 그러나 다수의 멀티미디어 스티리밍을 지원하는 홈 네트워킹을 구현하고 백본 망을 통하여 VOD와 같은 대용량의 실시간 서비스를 지원하는 것으로 한국의 유비쿼터스 네트워킹 환경의 실체를 정의한다면 개발해야 할 기술의 수준이 달라질 것이기 때문이다.

조금 더 구체적으로 설명하면 유비쿼터스 네트워킹 환경은 유선을 이용한 광대역 통신망을

이용한 백본 망을 사용하여야겠지만 단말과 센서 사이에는 무선 통신 시스템일 수 밖에 없다. 센서 네트워크로는 저전력을 소모하는 IEEE 802.15.4 기술을 사용한다 하더라도 WLAN 기술을 이용하여 홈 네트워킹 백본 망을 구현한다면 IEEE 802.15.3 기술을 이용하는 것보다 많은 혜택을 받게 될 것이며 따라서 이미 시장을 선점하고 있는 무선 랜 단말기와의 호환성 문제는 서둘러서 고려해야 진정한 유비쿼터스 네트워킹 환경을 최적의 수준으로 scalability를 제공하는 차원에서 이룩할 수 있기 때문이다. QoS 기능과 Security 기능 등 앞으로 다가올 UWB에 의한 고속 통신 기능을 고려하면 IEEE 802.15.3 기술에 대한 구체적인 검토가 빨리 이루어져야 할 것으로 보인다.

이와 같이 트래픽 특성에 따른 무선 홈 네트워킹 기술은 매우 중요한 역할을 하게 된다. 예를 들어 PC나 랩톱, 그리고 손에 들고 다니는 기기의 경우 광대역 접속망을 이용하여 웹이 접속하게 된다. 이 경우 대역폭 보다는 지연 시간이 보다 중요한 요소로 작용하게 될 것이며 실시간으로 상호 데이터를 주고 받는 이와 같은 Interactive 서비스의 경우 트래픽의 지연 시간과 영상과 음성의 동기화는 매우 중요한 사용자 경험을 필요로 할 것이기 때문이다. 한편 데이터의 백업이나 네트워크 저장 장치, 그리고 프린팅 작업 등은 시간 지연 보다는 대역폭에 보다 많은 필요성을 요구하게 될 것이다. 그리고 무선 전화 기와 같은 오디오 응용 기기는 대역폭 보다는 낮은 지연 시간에 집안 전체에서 로밍이 가능한 서비스를 요구하게 된다. 끝으로 오디오/비디오 신호의 전송을 요구하는 DTV, DSTB, DVD, Camcorder와 같은 엔터테인먼트 시스템은 QoS를 지원하며 높은 대역폭을 지원해 주는 시스템을 필요로 하고 있다. 따라서 이와 같은 트래픽의 특성에 따라 무선 네트워킹 기술의 추가 기능

을 연구하여야 홈 네트워크가 시너지를 발휘할 것은 자명한 일이다.

거리에 따른 무선 네트워킹 시스템의 채널 용량 또한 매우 중요한 역할을 차지하게 된다. 대표적인 예로 5GHz대를 이용하는 IEEE 802.11a 기술은 최대 54Mbps의 매우 높은 전송 속도를 지원하지만 <표 3>에 나타낸 바와 같이 이 속도는 5m의 거리에서 지원되는 속도이며 맥내의 백본으로 사용하려면 적어도 40m의 거리를 전파하여야 한다고 했을 때 지원되는 속도는 불과 18Mbps에 불과하다. 이는 IEEE 802.11a 기술로는 22개의 많은 채널을 제공해 주어 매우 좋은 솔루션임에도 불구하고 홈 네트워크의 백본 기술로 사용하기에 적합하지 않음을 의미한다. 이와 같은 이유로 무선 네트워킹 기술을 이용한 홈 네트워킹은 이와 같은 문제를 해소할 수 있는 다른 아키텍처, 즉 Mesh Network 구조나 Multi-Hop Network 구조를 채택하여 해소할 수 있는 방안을 찾아 내지 않으면 적용하기에 어려움이 있다.

IEEE 802.11a를 기반으로 백본 네트워크를 구성할 경우 가장 큰 강점은 이미 많은 시장을 확보하고 있는 무선 랜 사용자들의 데이터 서비스를 바로 지원받을 수 있다는 것이다. 즉 기존의 데이터 서비스는 그대로 지원되며 이 서비스에 실시간 영상 신호가 전송이 되므로 사용자 입장

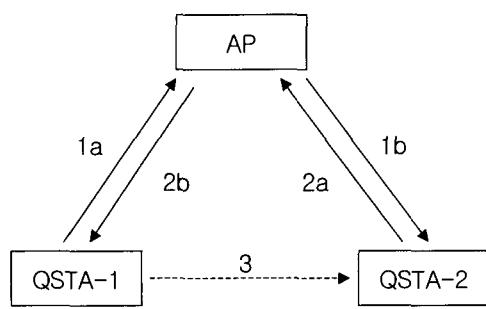
<표 3> 거리에 따른 무선 네트워킹 기술의 전송 속도

Distance \ Standards	802.11a	802.11b	802.11g	UWB
5m	54	11	54	660
10m	48	11	54	188
20m	36	11	48	20
30m	24	11	36	5
40m	18	5	24	2
50m	12	5	18	1
60m	9	2	12	0.5

에서는 확장된 서비스를 받게 되고 무선 네트워킹을 통해 댁내에서 이동성을 지원받게 될 것이다. 그러나 IEEE802.11 MAC은 Infrastructure 모드로 동작할 경우 모든 신호는 AP (Access Point)를 거치게 되므로 실제로 사용할 수 있는 데이터 전송 속도는 반으로 줄어들게 된다. 이 문제는 IEEE 802.11e 표준이 제시하는 DLP (Direct Link Protocol) 기술에 의해 해소될 수 있다.

기존의 IEEE802.11에서 Infrastructure BSS에서는 각 QSTA의 Power Save 상태를 AP가 관리하기 때문에 각 QSTA는 다른 QSTA의 Power Save 상태를 직접 파악할 수 없다. 따라서 각 QSTA는 AP를 통해서만 프레임을 전송할 수 있다. IEEE802.11e에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 DLP라는 프로토콜을 통해 QSTA간 직접 전송이 가능하다. 그러나 Hidden Node Problem과 같은 문제에 대한 해결책이 필요한 상황이다. DLP Handshake를 통해 Direct Link가 설정되면 전송 대상인 QSTA은 Power Save 상태로 전환될 수 없다.

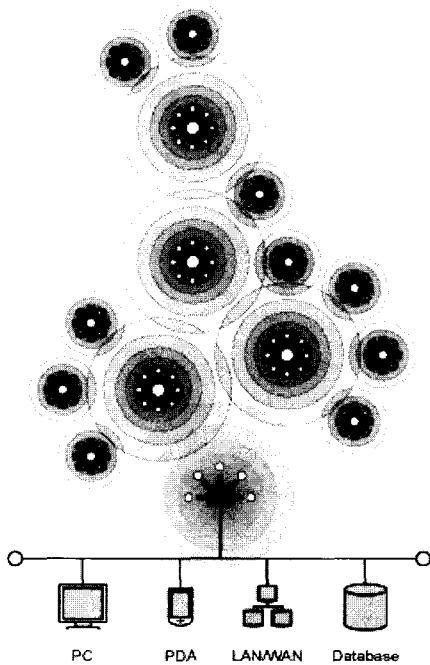
<그림 15>에서는 DLP를 사용하여 프레임을 전송하기 위해 설정하는 과정을 나타내고 있다. 프레임을 전송하려는 QSTA-1은 DLP-request 프레임을 AP에 전송하여 DLP를 시동시킨다(1a).



<그림 15> DLP 설정

이 request 프레임에는 전송 속도, QSTA-1의 capability, QSTA-1과 QSTA-2 각각의 MAC 주소가 들어 있다. AP는 수신된 DLP-request 프레임을 실제 수신 QSTA인 QSTA-2에 발송(forward)한다(1b). QSTA-2가 Direct Stream을 수락하면 AP에 DLP-response 프레임을 전송한다(2a). 이 response 프레임에도 request 프레임과 마찬가지로 전송 속도, QSTA-2의 capability, QSTA-1과 QSTA-2의 MAC 주소가 들어 있다. AP는 수신한 DLP-response를 QSTA-1에 발송한 후(2b), Direct Link는 설정되고 프레임들을 직접 전송할 수 있게 된다. QSTA-2에서 DLP-response 프레임을 전송한 후에는(2a), QSTA-2는 aDPLIdleTimeout 시간 동안 power-save 상태로 변환할 수 없다. Direct Link가 설정된 후, QSTA-1은 DLP-probes(3) 프레임을 사용하여 QSTA-1과 QSTA-2간 링크의 상태를 점검할 수 있다. aDPLIdleTimeout 동안 전송할 프레임들이 없으면 Direct Link는 해제되고 QSTA-2에 AP를 통해서 프레임들을 전송하게 된다.

Mesh Networking 기술은 온도, 습도, 압력, 개스 등의 센서들을 연결해 주는 데에 핵심적으로 사용되는 기술로 <그림 16>에 나타난 바와 같이 무선 네트워크를 통하여 멀티 흡으로 데이터가 전송되는 방식이다. 따라서 데이터는 양방향으로 전송 가능해야 하며 ACK 기능이 기본적으로 지원되어야 전체 네트워크의 구성이 파악된다. 따라서 전체적인 주소 체계도 논리적으로 다시 정의되어야 하며 저전력, 저가의 신뢰성이 있고 자체적으로 네트워크를 구성할 수 있는 능력은 물론 스스로 문제를 해결할 수 있는 능력을 갖추어야 한다. 따라서 Mesh Network는 각각의 노드가 End-Point가 되지만 다시 Routing할 수 있는 능력이 있어야 하며 Bridge나 게이트웨이 기능을 함께 함께 수행할 수 있을 때 제대로 성능을 발휘할 수 있다. Mesh Networking 기술



〈그림 16〉 Mesh 네트워킹을 위한 기본 구조

은 기존의 단일 네트워크 기술에 비해 해결해야 할 부분이 많이 남아 있는 기술로 Mesh Networks사가 많은 안을 제안하고 있는 상황이다.

## VI. 결 론

홈 네트워킹 기술은 정부가 지난 2000년부터 이 분야의 미래를 고려하여 다양한 연구 분야에 대해 많은 연구비를 지원해 오던 터였다. 이와 같은 사전 기술 개발을 바탕으로 정부는 2만 달러의 국민 소득 달성을 위해 미래의 차세대 신성장 동력 산업으로 10개의 분야를 선정하고 이 분야에 대해 대대적인 지원을 하기로 결정하였다. 이 10개의 분야에 지능형 홈 네트워킹 분야가 포함되어 있다는 것은 매우 고무적인 일이다. 또한

정부는 2003년 12월 한국의 이동통신 사업자와 가전사, 그리고 기간 통신사업자와 건설업자가 함께 참여하는 시범 사업을 시작하였다. 현재는 아직 PLC 기술과 RS-485 기술에 근거한 단순 가전 제어 수준이며 VOD 서비스를 위해 Ethernet 기술을 사용하고 있다. 그러나 이 시범 사업은 2007년까지 계속되는 사업으로 정부의 의지가 궁극적으로 유비쿼터스 홈을 위한 광대역 무선 홈 네트워킹 기술 개발이므로 앞으로의 홈 네트워크 시장은 매우 커다란 희망을 제시하고 있다고 하겠다. 특히 지난 2003년 8월 공청회를 통하여 정부가 발표한 지능형 홈 네트워크의 비전은 유비쿼터스 시대를 선도하는 세계 최고의 홈 네트워크 국가 건설이었다. 이와 같은 비전 하에 2007년까지 전체 가구의 61% 수준인 1천만 가구에 홈 네트워크를 구축함으로써 생산 14조 원, 수출 53억불을 달성하여 세계시장의 11.5%를 점유하고 세계 최고의 인프라를 활용한 의료, 문화 등 다양한 홈 네트워크 활용 모델을 한국에 보급한다는 것이 구체적인 목표였다.

정부가 이와 같은 목표를 이루기 위해서는 지능형 홈 네트워크 관련 기술 개발에 매우 신중하게 준비해야 한다. 우선 지능형 홈을 구축할 때 가장 먼저 해야 할 일은 각각의 집에 제공할 서비스 레벨을 먼저 정의해야 한다. 예를 들어 가전 기기의 제어만을 지원하는 단순한 홈 오토메이션 수준의 홈 네트워킹을 구현할 것인지, 혹은 맥내에 오디오/비디오 신호의 실시간 전송을 위한 광대역 네트워크를 지원할 것인지에 대해 먼저 결정을 해야 이 서비스를 제공해 줄 수 있는 홈 네트워킹 아키텍쳐가 정해질 것이기 때문이다. DTV 서비스를 위한 멀티미디어 신호의 전송을 결정한다면 IEEE 1394 기술의 채택이 필수적일 것이며 IEEE 1394 기술을 채택하여 홈 네트워크를 구현할 경우 백본 네트워크에 대한 선택이 또한 중요하게 된다.

백본 네트워크의 선택에는 고려해야 할 또 다른 요소가 있다. 즉 기축 주택과 신축 주택 중 어느 것을 홈 네트워크화 할 것인지에 따라 사용할 수 있는 홈 네트워킹 기술이 다르게 적용되어야 하기 때문이다. 신축 주택인 경우 Fast Ethernet 기술을 적용하여 주택을 건설하면 홈 네트워킹은 이루어지지만 IEEE 1394 기술을 위한 브릿지의 구현은 또 다른 문제이다. 한편 기축 주택의 경우 Ethernet과 같은 새로운 선을 새로 설치해야 하는 것은 쉬운 일도 아니며 그 주택에 사는 사람들의 성향에 따라 불가능할 수도 있기 때문에 무선 네트워킹 기술의 적용을 심각하게 고려해야 할 것이다. 액내의 기기가 IEEE 802.11 WLAN이나 IEEE 802.15.3 High Data Rate WPAN과 같은 기술을 적용하여 홈 네트워킹 백본 네트워크를 구현하면 무선 통신 시스템이 가지는 통신 선로의 불확실성에도 불구하고 유비쿼터스 네트워킹과 같은 새로운 서비스를 제공받을 수 있는 다른 가능성이 있다. 다행히 1394TA에서는 IEEE 802.11a와 IEEE 802.15.3와 같은 무선 통신 시스템을 백본 네트워크로 사용하고 이 위에 IEEE 1394 신호를 전송할 수 있는 PAL (Protocol Adaptation Layer)을 정의하고 있으므로 이와 같은 무선 네트워킹을 기반으로 하는 광대역 무선 홈 네트워킹 기술은 기술적으로 많은 가능성 가지고 있는 셈이다. 그러나 5GHz대의 전자파의 전파 특성으로 인하여 현재의 단일 무선 네트워킹 기술로는 한계를 겪을 수 밖에 없으며 Mesh Networking 기능과 Multi-Hop 기술에 의한 무선 백본 네트워크의 확장성 등을 고려하여 현재의 IEEE802.15.3 표준이 가지고 있지 않는 MAC 기능들을 추가하고 보다 나은 PHY 규격을 고려하여야 진정한 유비쿼터스 네트워킹의 장점을 누릴 수 있을 것으로 보인다.

본 논문에서는 홈 네트워킹 기술의 표준화 현

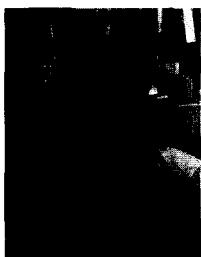
황에 대해 정리하고, 차세대 성장 동력으로서의 홈 네트워킹을 위해 반드시 적용해야 할 유비쿼터스 네트워킹 개념과 이로부터 효과를 얻기 위해 집안에 홈 네트워크를 어떻게 수용하게 할 것인지에 대해 논하였다. 끝으로 유비쿼터스 네트워킹을 통한 막대한 시장을 먼저 확보하기 위한 무선 홈 네트워킹 기술의 아키텍처를 정의하면서 이를 구현하기 위해 먼저 수행해야 할 Mesh Networking 기술 및 Multi-Hop 네트워킹 기술과 같은 연구 분야에 대해 논하였다. 결론적으로 지금까지 홈 네트워킹 기술이 필요로 하는 시장 창출의 가능성은 광대역 무선 홈 네트워크 기술 개발이 가장 중요한 일이며 이와 같은 홈 네트워크 인프라를 통해 유비쿼터스 네트워크 환경이 갖추어져야 정부가 추진하는 차세대 신성장 동력 산업으로의 역할을 지능형 홈 네트워크 기술이 제공해 줄 것으로 보인다.

## 참 고 문 헌

- [1] 전 호인, 신 용섭, “홈 네트워킹 기술 및 표준화 동향,” 전자공학회지 제 29권, 제 6호, pp. 638 - 659, 2002년 6월.
- [2] 전 호인, 신 용섭, “유비쿼터스 네트워킹 시대를 위한 차세대 네트워크 기반 기술 및 무선 홈 네트워킹 기술,” 한국통신학회지, 제 20권, 제 5호, pp. 156 - 173, 2003년 5월
- [3] Theodore B. Zahariadis, Home Networking Technologies and Standards, Artech House, Inc., Boston, 2003.
- [4] 전 호인, “차세대 성장 동력을 위한 홈 네트워킹 기술의 발전 방안과 대응 과제,” Telecommunications Review, SKTelecom, pp. 137 - 169, 2004년 1월.
- [5] IEEE Std. 1394-1995, Standard for a High

- Performance Serial Bus
- [6] ISO/IEC 13213:1994, Control and Status Register (CSR) Architecture for Microcomputer Buses
- [7] IEEE Project P1394a, Draft Standard for a High Performance Serial Bus (Suplement)
- [8] IEEE 1394 Project P1394b, Draft Standard for a High Performance Serial Bus (Suplement)
- [9] Draft Standard for Telecommunications and Information Exchange Between Systems - LAN/MAN Specific Requirements - Part 15: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPAN)
- [10] Draft Standard for Telecommunications and Information Exchange Between Systems - LAN/MAN Specific Requirements - Part 15: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Data Rate Wireless Personal Area Networks (WPAN)
- [11] ISO/IEC 8802-11: 1999, 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.
- [12] IEEE Standard 802.11e/D4.3: 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)
- [13] M. Weiser, "The Computer for the 21st Century," Scientific America, pp. 94-104, Sept., 1991; reprinted in IEEE Pervasive Computing, pp. 19-25, Jan.-Mar. 2002.
- [14] 사카무라 켄, 유비쿼터스 컴퓨팅 혁명, 동방 미디어, 2002.
- [15] 사카무라 켄, 21세기 일본의 정보 전략, 동방미디어, 2003.
- [16] 사카무라 켄, "유비쿼터스 컴퓨팅 - 그 실현을 위해," u-Korea Forum 창립기념세미나, pp. 5-76, u-Korea Forum 준비위원회, 전자신문사, 한국전자통신연구원, 동방미디어, 2003년 4월 15일.
- [17] 하원규, 김동환, 최남희, 유비쿼터스 IT 혁명과 제 3공간 - 물리공간과 전자공간의 융합, 전자신문사, 2003.
- [18] 노무라 총합연구소, 유비쿼터스 네트워킹과 시장창조, 전자신문사, 2003.
- [19] 노무라 총합연구소, 박우경, 김의 역, 유비쿼터스 네트워크와 신사회 시스템, 전자신문사, 2003.
- [20] 이성국, "미국, 일본, 유럽의 유비쿼터스 컴퓨팅 전략의 비교론적 고찰," Telecommunications Review, Vol 13, No. 1, pp. 16 - 26, 2003.
- [21] 박우출, 이덕필, 조위덕, "유비쿼터스 컴퓨팅," TTA Journal, 제 85호, pp. 138 - 148, 2003년 1월.
- [22] Debasish Saha, and Amitava Mukherjee, "Pervasive Computing: A Paradigm for the 21st Century," IEEE Computer, pp. 25

- 30, 2003.
- [23] 박권철, 전용일, “차세대 통합 네트워크의 구조 및 발전 전망,” 한국통신학회지, Vol. 23, No. 3, pp. 23 - 37, 2003년 3월.
- [24] 손진수, 우상우, 임성연, “차세대 통합 네트워크에서의 응용 서비스 제공 방안,” 한국통신학회지, Vol. 23, No. 3, pp. 48 - 60, 2003년 3월.
- [25] 방윤학, “KT의 통합 네트워크 구축 및 발전 방향,” 한국통신학회지, Vol. 23, No. 3, pp. 38 - 47, 2003년 3월.



### 전 호인

1981. 2 연세대학교 전자공학  
과 학사  
1984. 2 연세대학교 전자공학  
과 대학원 석사  
1990. 12 (미) The University  
of Alabama in Huntsville 공  
학박사

2002. 9 - 현재: Binary CDMA 포럼 국제협력분과 위원회 위원장

2002. 5 - 현재: Home Station 포럼 의장

2002. 4 - 현재: 초고속 무선랜 포럼 표준규격분과 위원회 위원장

2002. 4 - 현재: ISO/IEC JTC1 SC25 전문위원회 위원장

2000. 1 - 현재: 1394 Forum 의장

2003. 11 - 현재: ISO/IEC JTC1 SC25 WG1 Convener

1992. 3 - 현재: 경원대학교 전기정보전자공학부 교수

<관심 분야> Home Networking, Ubiquitous Networking, UWB, IEEE 1394, Wireless 1394, IEEE 802.11, IEEE 802.15.3, IEEE 802.15.4 ZigBee, BcN