

# 유비쿼터스 네트워크 환경을 위한 홈 네트워크 기술 표준화 동향 및 발전 전망

전 호 인\*

## 목 차

1. 서 론
2. 홈 네트워킹 기술 개요 및 핵심 이슈
3. 유비쿼터스 네트워킹과 무선 홈 네트워킹 기술
4. 유선 홈 네트워킹 기술
5. 홈 네트워킹 제어 및 스트리밍 미들웨어 기술
6. 결 론

## 1. 서 론

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

홈 네트워킹 기술 [1, 2, 3, 4]을 채택한 주택이 기존의 주택과 다른 점은 태내의 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 정보 통신 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 킬러 애플리케이션을 찾기는 그리 쉬운 일이 아니다. 이미 검증된 비즈니스 모델을 모두 견어내고 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 단점들을 가지고 최선의 방안을 찾아 진화하고 있기 때문에 하나의 홈 네트워킹 기술이 태내에 설치되면 다른 기술을 이 집안에 설치하기란 기대하기가 어렵다.

이와 같은 홈 네트워킹 산업이 겪고 있는 활성화의 많은 어려움은 한 마디로 많은 소비자가 채택할

\* 경원대학교 전기정보전자공학부 교수

킬러 애플리케이션이 없다는 것이다. 가장 가능성을 많이 내포한 분야가 VoD, EoD 들을 통한 교육 및 Entertainment 분야이었으나 Contents 확보의 어려움이 가장 큰 걸림돌이었으며 현재의 망으로는 이와 같은 광대역의 트래픽을 전송할 수 있는 인프라 갖추어지지 않은 데에 커다란 이유가 있다. 또한 기축 주택의 홈 네트워크의 아키텍처를 보면 게이트웨이를 거쳐 대내로 유입된 광대역의 외부 신호는 QoS를 지원하며 대내에 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 네트워크 기술의 채택을 증용하고 있는 실정이다.

본 고에서는 홈 네트워크 기술의 개요에 대해 먼저 정리하고 미래의 전망에 대해 알아 보고, 유비쿼터스 네트워크를 구현할 수 있는 무선 홈 네트워크 기술에 대해 소개하였다. 그리고 유비쿼터스 네트워크의 개념과 이 개념을 구현하기 위한 시나리오를 구성하였으며, 이와 같은 유비쿼터스 네트워크를 구축하기 위한 무선 홈 네트워크 아키텍처를 정의한 후 앞으로 필요로 하는 미래 기술에 대해 예측하고 그 방향을 제시하였다. 그리고 홈 네트워크 산업 활성화를 위해 반드시 고려해야 할 정보 보호 방안에 대해 국제 표준화 흐름과 연구 개발 필요성에 대해 간략히 소개하였다.

## 2. 홈 네트워크 기술 개요 및 핵심 이슈

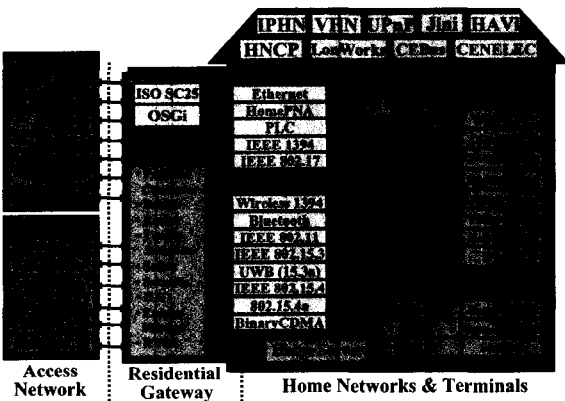
홈 네트워크 기술과 개념이 처음 소개된 지 20여년이 지난 지금까지 홈 네트워크 시장이 아직 시장을 점유하지 못하고 있는 이유는 설치하기가 복잡할 뿐만 아니라 유지 보수도 어렵고, 가격이 여전히 비싸며, 아직 시중에 많이 알려져 있지 않기 때문이다. 그러나 무엇보다 중요한 것은 기기들 사

이의 통일된 미들웨어의 부재로 인하여 상호 운용성이 보장되지 않기 때문일 것이다. 이러한 핵심적인 문제를 해결하고 홈 네트워크 기술이 시장의 우위를 차지하기 위해서는 대내 장치 간 고속의 데이터를 전송할 능력이 있어야 하며, 대내 통신 및 가전 기기의 공통된 접속 규격이 뒤따라야 한다. 그리고 집 안의 임의의 원하는 장소에서 이용이 가능하여야 하며 기존 설비를 적극 활용하고, 가능한 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 대내에서 이종 망 토폴로지를 지원할 수 있도록 홈 네트워크를 구성하여야 하며 멀티미디어 신호를 수용할 수 있는 차세대 대내 통신망으로의 전환이 용이하여야 한다.

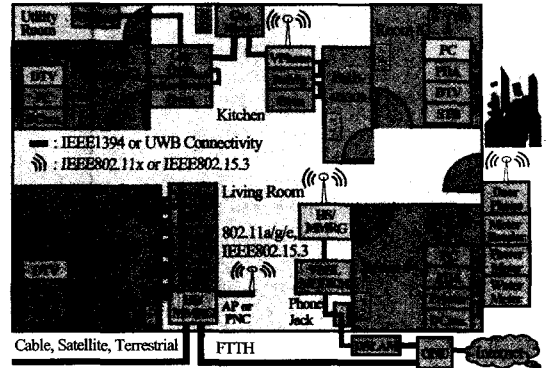
홈 네트워크 기술에서 가장 중요한 것은 산업체들이 공유할 수 있는 표준화일 것이다. 그 이유는 가전 기기를 각 사가 임의대로 만들면 상호 운용성의 문제로 인하여 시장을 키우지도 못할 뿐만 아니라 고가의 제품을 사 들여야만 하는 소비자의 부담으로 인하여 홈 네트워크 시장은 꽃을 피우지 못하고 고사하는 위기를 맞을 수도 있기 때문이다. 이러한 위험성을 해소하기 위하여 홈 네트워크 기술을 이용하여 스마트 홈을 구축할 때에는 가장 먼저 홈 네트워크의 아키텍처를 표준화하고 이를 기반으로 제품을 개발하여야 지속적인 서비스의 업그레이드를 지원할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

홈 네트워크 기술의 개념을 이해하기 위해 (그림 1)에 보인 바와 같은 일반적인 홈 네트워크 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 비치되어 있다. 이 모든 기기들은 유·무선 네트워킹 기술로 상호 연결되어 댁내 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 (HR WPAN: High Rate WPAN)[6], UWB (Ultra Wide Band)[9], IEEE 802.15.4 (LR WPAN: Low 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 댁내에서의 인터넷 공유는 물론 집 바깥에서도 인터넷 망을 통하여 댁내의 기기를 제어할 수 있게 된다.



(그림 1) Residential Gateway를 중심으로 하는  
집중형 홈 네트워킹



(그림 2) 유비쿼터스 네트워킹 환경 지원을 위한 분산형 홈 네트워킹

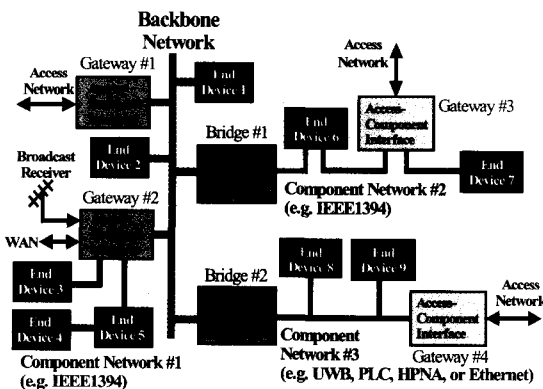
(그림 1)은 홈 네트워킹에 대해 개념적으로 매우 잘 정리한 그림이지만 궁극적으로 이 그림은 완성된 홈 네트워킹을 제공해 주지는 못한다. 그 이유는, 일반적으로 집 안의 거실에 위치하는 Residential Gateway가 이러한 모든 홈 네트워킹 인터페이스를 지원하더라도 IEEE 1394나 Bluetooth, 그리고 UWB나 IEEE 802.15.4와 같은 10m 이내의 전송거리를 지원하는 단거리 유·무선 홈 네트워킹 기기가 그 이상의 거리에 있는 집 안의 구석 구석에 위치할 경우 이와 같은 기기 모두를 하나의 홈 네트워크로 구성할 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 통한 인터넷 접속은 불가능함을 쉽게 이해할 수 있을 것이다. 또한 Room #1에 있는 UWB 기기의 경우는 -41.25dBm/MHz 이상의 RF 출력은 방사할 수 없으므로 다른 방법을 동원하지 않고서는 벽을 통과할 수 없는 단점이 있다. 따라서 이와 같은 WPAN 기술이 적용된 홈 네트워킹 기기는 집 안에 존재하면서도 네트워킹의 혜택을 받을 수 없는 고립된 상

황이 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 집 안 전체에 네트워킹을 제공해 줄 홈 네트워킹 백본 망의 필요성이 대두되는 것이다.

이러한 백본 망은 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 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 전달할 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 속해있는 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 무선 통신 기술을 이용하여 각 방에 분산되어 있는 4.5m의 짧은 전송 거리를 갖는 IEEE 1394 기기들을 전체 집안에 모두 연결시켜 줄 수 있는 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.



(그림 3) 분산형 홈 네트워킹 구조의 모델

### 3. 유비쿼터스 네트워킹과 무선 홈 네트워킹 기술

인간이 살아가는 지구상에서 유비쿼터스 세상의 필요성을 가장 많이 느끼는 곳이 가정이라는 것은 짐작하기에 그리 어려운 일이 아니다. 그 이유는 하루 중에서 반 이상을 늘 지내는 곳이며 세상을 살아가는 기쁨과 애환이 항상 녹아 있는 곳이 가정이고, 개인의 모든 비밀과 미래를 묻어 두는 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 언제든지 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 네트워킹[18 - 24] 환경은 사람 주변의 모든 기기가 하나의 네트워크로 연결되어 끊임없이 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 대응 능력을 지원받을 수 있는 안락한 상황이 된다. 이러한 유비쿼터스 환경의 제공을 위해서는 "Always Connected"와 "Broad band" 그리고 "Every Device in One Network"의 세 가지의 키워드가 필수적인 요소이다. 이 세 가지의 요소가 충족되려면 많은 기술들이 필요하게 된다.

본 절에서는 이와 유비쿼터스 네트워킹 환경을 구축함으로써 홈 네트워킹 시장을 활성화할 수 있

는 무선 홈 네트워킹 기술의 표준화 동향에 대해 소개하였다.

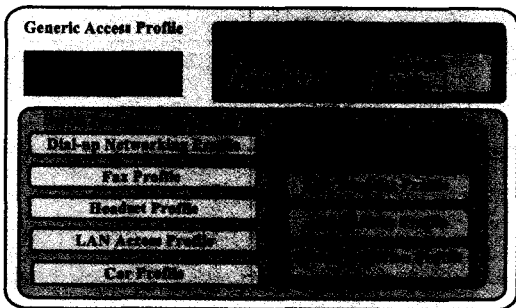
#### 3.1 Bluetooth 기술

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 법적 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 문제를 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 채택하였지만, 아직 칩 가격의 저가화가 실현되지 않아 휴대폰을 위한 핸드 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 조적이 관리하기도 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 802.15.2에서는 AFH (Adaptive Frequency Hopping) 방식을 제안하여 이미 다른 기기가 사용하고 있는 대역은 피해가면서 Hopping하는 방식을 권고하고 있다.



(그림 4) Bluetooth가 제공해 주는 몇 가지 응용 분야와 이에 대한 Profile

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 이용하여 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 가능성이 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 WPLAN 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 HDTV 급 멀티미디어 신호를 전송하기에 충분한 기술이다. 다만 멀티미디어 신호의 전송 시 반드시 요구되는 QoS 지원 방안이 마련되어야 하는데 이를 위

### 3.2 IEEE 802.11 WLAN 기술

Wireless LAN [11, 12]을 구현하기 위한 규격인

하여 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 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.

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

<표 1> IEEE 802.1d의 우선순위와 AC와의 맵핑

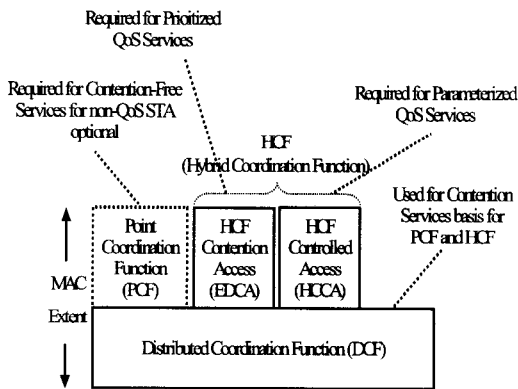
User Priority	IEEE 802.1d 트래픽 분류	Access Category	IEEE 802.1e 트래픽 분류
1	BK(Background)	AC_BK	Background
2	-	AC_BK	Background
0	BE(Best Effort)	AC_BE	Best Effort
3	EE(Excellent Effort)	AC_BE	Video
4	CL(Controlled Load)	AC_VI	Video
5	VI(Video)	AC_VI	Video
6	VO(Voice)	AC_VO	Voice
7	NC(Network Control)	AC_VO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

<표 2> QoS 제어 필드

Application Frame Type	Bit 0-3	Bit 4	Bit 5-6	Bit 7	Bit 8-15
QoSCF-Poll frames sent by HC	TID	End of Service Period (EOSP)	ACK Policy	Reserved	TXOP limit (32s)
QoSData, QoSCF-ACK and QoSData+CF-ACK frames sent by HC	(LP, TSID)	EOSP			Reserved
QoSData type frames sent by non-AP/QSTA's	0	1			TXOP duration request (32s)
					Queue size (25octets)

(그림 6)은 IEEE 802.11e의 MAC 구조를 나타내고 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 메커니즘을 제공한다. EDCA와 HCCA 메커니즘은 각각 기존의 DCF와 PCF에 새

로운 기능을 추가한 것이다. QoS STA(QSTA)들은 이 채널 접근 메커니즘들을 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 된다. TXOP은 이전 프레임이 끝난 이후 새로운 프레임의 시작 시간으로부터 사용할 수 있는 최대 시간 길이로 정의된다. TXOP은 EDCA를 통해 획득한 EDCA TXOP과 HCCA 메커니즘을 통해 획득한 HCCA(Polled) TXOP 두 가지로 나뉘어진다.



(그림 6) IEEE 802.11e의 MAC 구조

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 준비 중이어서 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 파라미터를 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 HR WPAN 기술

홈 네트워킹을 위한 WPAN 기술은 IEEE 802.15 Working Group에서 정의하고 있다. 원래 WPAN 기술은 10m 이내에 존재하는 기기간의 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



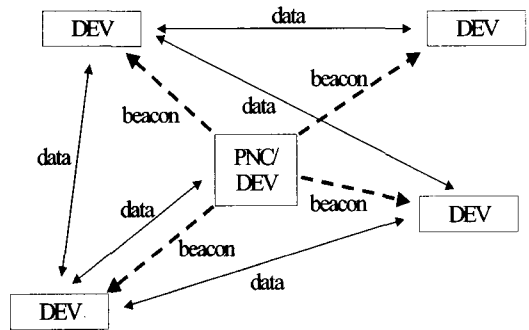
통신에 참여할 수 있는 한계 등으로 인하여 보다 빠른 WPAN 기술에 대한 요구가 있어 왔다. 이를 위하여 IEEE 802.15 Working Group에서는 모두 5개의 Task Group이 구성되었는데 이 중 IEEE 802.15.1 Task Group에서는 유럽의 Bluetooth 기술을 IEEE 802 위원회에서 어떻게 유도할 것인지를 다루는 것으로 이미 표준이 완료된 상태다.

IEEE 802.15.2 Task Group은 2.4 GHz대의 대역폭을 사용하는 기기 사이에 상호 간섭을 어떻게 해소할 수 있을 것인지에 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 이후 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 솔루션이면서도 최대 70m의 전송을 지원하므로 아직 QoS 지원 방식이 확정되지 않은 IEEE 802.11e 기술이 차지할 시장을 급속히 잠식할 것으로 보인다.

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.

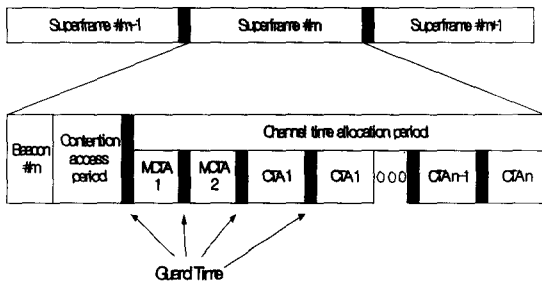


(그림 7) IEEE 802.15.3 표준의 피코넷 구성요소

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 통해서 비동기 데이터나 커맨드를 전송한다. CTAP는 CTA(Channel Time Allocation), MCTA (Management CTA)로 구성되고, CTA를 통해서 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 슈퍼 프레임 내의 원하는 위치에 원하는 번호의 MCTA 또는 CTA를 위치시킬 수 있다.



(그림 8) IEEE 802.15.3 피코넷의 슈퍼프레임 구조

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 PNC 간의 통신에 사용되는 CTA 형태다.

CAP에서는 매체 접근 방식으로 CSMA/CA를 사용한다. 반면에 CTAP는 DEV마다 특정한 타임 윈도우를 가지는 TDMA 프로토콜을 사용한다. MCTA는 특정 송/수신 DEV 쌍에 할당되어 TDMA로 액세스를 하거나 Slotted Aloha 프로토콜을 사용하는 공유 CTA로써 사용된다.

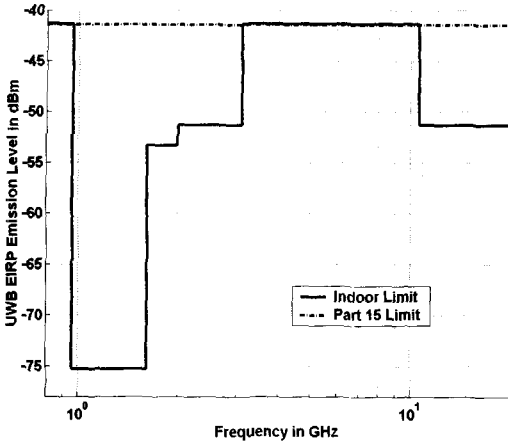
IEEE 802.15.3가 WiMedia Alliance 등과 같은 조직으로부터 많은 관심을 모으고 있는 이유는

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 그대로 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 이용하며 수신단에는 대부분 Correlator를 이용하여 데이터를 수신한다. 방사 전력은 FCC Part 15에 의해 -41.25 dBm/MHz로 엄격히 제한되어 있으므로 10m 이상의 거리를 전파할 수 없는 단점이 있으며 벽을 통과할 수 없어



(그림 9) UWB 기술이 사용할 수 있는 스펙트럼 분포도

서 홈 네트워크로 사용할 경우 Cluster Network로만 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 응용과 디지털 카메라 신호의 전송, 그리고 MP3 Player 데이터의 다운로드 등에 매우 좋은 응용 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 이들 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 규정 상 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 IEEE802.11g와 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.

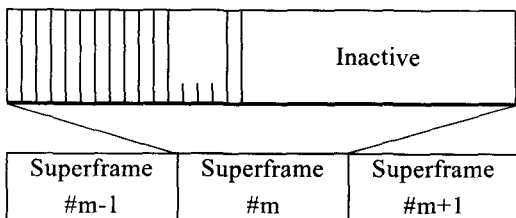
### 3.5 IEEE 802.15.4 Low Rate WPAN 기술

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 응용은 아마도 Universal Controller가 될 것으

로 보인다. 즉 이 기술이 채택된 리모콘이 있으면 집안의 어디를 가더라도 10m 이내에 있는 모든 기기를 무선으로 제어할 수 있게 되는 것이다.

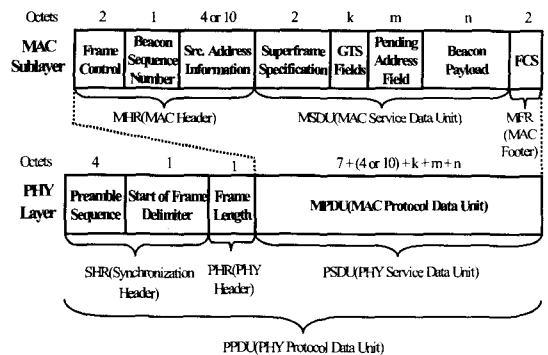
IEEE 802.15.4의 절전은 (그림 10)에 보인 바와 같이 하나의 수퍼 프레임 동안 16개의 Slot을 두고 이 기간에 대부분의 데이터를 전송하며 그 이외는 비활성 상태에서 절전 모드로 동작하게 하는 방식을 채택함으로써 이루어진다. 이와 같은 데이터 전송 기간의 할당은 FFD(Full Function Device) 기능을 갖춘 기기가 PNC(Piconet Coordinator)가 되고 Beacon Frame에 모든 관리 정보를 실어 자원 사용을 증대함으로써 형성되는 것이다. 기본적으로 IEEE 802.15.4의 데이터는 CAP(Contention 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 유희상태일 경우 자체적으로 발생한 랜덤 수 만큼 Back-Off한 후 즉시 데이터를 보내게 되는 것이 차이점이다.

IEEE 802.15.4 네트워크는 16비트의 짧은 주소 체계와 64비트의 긴 주소 체계를 동시에 사용한다.

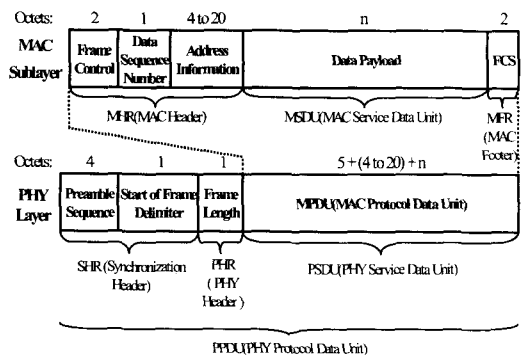


(그림 10) IEEE 802.15.4 표준이 채택한 수퍼 프레임 구조

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.



(그림 11) IEEE 802.15.4 비콘 프레임 포맷



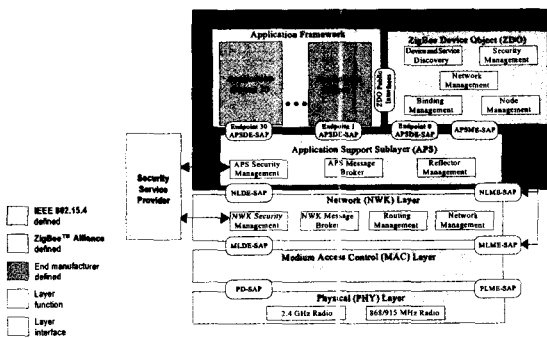
(그림 12) 데이터 프레임 포맷

IEEE 802.15.4 네트워크는 Star, Peer-to-Peer, 그리고 Tree와 Mesh Topology를 지원할 수 있다. 어떤 네트워크 Topology를 형성할 지는 Network Layer에서 결정되며 Peer-to-Peer Network의 경우 Ad Hoc Networking 기능과 자체 구성 기능, 그리고 Link에 이상이 발생할 경우 스스로 복구하는 기능도 포함되어 있다. 또한 메시지를 전송하기 위해 다중 홉을 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 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 제어하고자하는 기기와 제어되는 기기 내부의 각각의 응용에 따라 서로를 연관지어주는 Binding Table을 구성하고 이를 관리하는 모듈을 ZDO에 둬으로써 효율적으로 기기를 제어하고자하는 것이 그 목적이다. ZigBee 프로토콜이 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 관장한다. 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 찾아 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 이용하지는 제안이 꾸준히 제기되고 있지만 Draft 0.8에서는 RREQ에 의해 Routing Table을 설정하는 방식이



(그림 13) ZigBee 프로토콜 스택 구조

채택된 상태다.

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 것인지가 매우 중요한 핵심 이슈다. 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 보다는 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 하나다.

Address Mapping도 Network Group과 Application Group이 동시에 고려하고 있는 중요한 이슈 중의 하나다. PHY 계층과 Application 계층에서는 주소 충돌을 막기 위해 64 비트의 확장 주소 체계를 사용하지만 Network Layer에서는 메모

리의 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 Draft 1.0에서 최종적으로 결정될 예정이다.

## 4. 유선 홈 네트워킹 기술

### 4.1 HomePNA 기술

(그림 1)에 나타난 홈 네트워킹 기술 중에서 유선 홈 네트워킹 기술로는 HomePNA 기술과 PLC 기술, 그리고 IEEE1394 기술이 있다. HomePNA는 기존의 맥내에 이미 가설되어 있는 전화망을 이용하여 홈 네트워킹을 구현할 수 있는 기술을 표준화하기 위해 1998년 7월 11개의 통신 관련 업체들(3Com, AMD, AT&T, Wireless, Compaq, Conexant, Epigram, Hewlett-Packard Co., IBM, Intel, Lucent Technologies, Tut Systems)이 참여하여 결성된 세계적인 Home Networking 표준화 기구로서 2001년 현재 정보통신 하드웨어, 소프트웨어, 가전 등 100여 개의 업체가 회원으로 참여하고 있다. HomePNA에서는 구내의 전화선로를 이용하여 정보통신 기기들을 하나의 망에 연결하여 허브, 라우터 등의 별도의 장비가 없어도 구내에 LAN을 설치하는 것을 목표로 하고 있다. 현재 표준화된 규격은 1999년 6월에 확정되어 발표된 1Mbps급의 HPNA 1.0과 1999년 12월에 발표된 최대 32Mbps 급의 HPNA 2.0이 있다.

HPNA의 가장 큰 장점은 기존의 맥내에 이미 설치된 전화 선로를 그대로 사용하기 때문에 홈 네트워킹 기기의 연결을 위한 새로운 선로 설치의 추가 부담이 없다는 것이다. 그러나 HomePNA의 경우 다수의 Bridged Tap이 존재하기 때문에 선로에 전

송되는 신호에 감쇄와 잡음을 유발하게 된다. HomePNA 규격은 이와 같은 맥내의 전화 배선 시스템이 가지고 있는 Bus Topology와 신호 감쇄 및 잡음 문제를 해결하기 위해 여러 가지 통신 이론을 사용하였으며, 1Mbps를 지원하는 1M8 PHY V1.1의 물리계층 장치의 규격은 물리매체 접속(physical medium interface), Ethernet MAC 제어기 유닛과의 접속, 관리 접속(Management Interface)의 3부분으로 구성되어 있다. HomePNA 규격의 MAC은 IEEE802.3에서 정의된 CSMA/CD를 사용하므로 Collision의 발생 가능성을 배제할 수 없으며 하나의 노드가 오랫동안 회선을 사용하고 있으면 다른 노드는 회선을 사용할 수 있는 권한을 가질 수 없으므로 QoS(Quality of Service)가 보장되지 않는다는 단점이 있다.

한편 HomePNA 2.0은 Epigram사가 제안한 기술을 사실상 표준으로 채택하여 1999년 12월에 발표하였으며, 맥내의 선로를 이용하여 4~32Mbps의 속도로 데이터를 전송할 수 있도록 규정한 표준으로 IEEE802.3 MAC에 Multimedia(voice, audio, video) 기능을 강화한 것이 HPNA 2.0의 특징이다. 즉, QoS를 8등급으로 구분하여 최대지연을 엄격히 제한하여 IEEE 802.3의 MAC을 보장함으로써 Link Layer가 Stream Mode의 Audio, Video에 적합하도록 하였다. 그리고 HPNA 1.1과의 하방 호환성(Backward Compatibility)을 보장하여 주었다.

HomePNA 2.0표준을 이용한 홈 네트워킹 기술은 QoS 기능을 보강은 하였지만 오디오와 비디오 신호의 전송에 대한 완벽한 지원은 불가능하므로 홈 네트워킹의 백본으로 사용하기에는 여전히 어려움이 있다. 또한 10Mbps의 전송 속도로는 4~8Mbps를 요구하는 MPEG2-TS 데이터를 두 개 이상 전송할 수 없는 기술이므로 보다 높은 전송율을 위해 현재 HPNA 3.0 표준이 준비 중에 있으며 이 표준은 2002년 후반기에 완성될 예정으로

준비 중에 있다. HomePNA 표준이 한국의 홈 네트워킹 시스템에 적용되기 위한 또 다른 걸림돌의 하나는 한국의 대부분의 아파트가 전화선을 연결할 수 있는 잭이 모든 방에 제공되고 있지 않다는 것이다. 신축 아파트의 경우 이 문제를 법적인 규격으로 해결할 수 있지만 시장의 크기로 보아 기축 아파트가 훨씬 큰 시장을 제공하는 한국의 상황을 고려할 때 전화선을 이용하는 HPNA 기술을 이용하여 홈 네트워킹을 구축하는 데에는 한계가 있는 셈이다.

## 4.2 전력선 통신 기술

전력선 통신(Power Line Communication : PLC)이란 가정이나 사무실에 이미 포설되어 있는 전력선을 통하여 통신신호를 100KHz - 30MHz의 고주파 신호로 바꾸어 실어보내고 이를 고주파 필터를 이용, 따로 분리해 신호를 수신하는 방식을 말한다. 국내에서 사용되는 전력은 60Hz의 교류신호로서 가전 제품은 이를 전력변환기(트랜스포머)를 통해 직류로 바꿔 사용하며, 전력선 통신에서의 고주파 신호는 저 출력의 신호이므로 일반 가전기기 작동에는 어떠한 영향도 미치지 않는다.

그러나 전력선통신은 앞에서 언급한 것과 같은 장점에도 불구하고 전력 운반을 목적으로 하는 전력선을 매체로 통신하기 때문에 기존의 통신용으로 제작된 동축선이나 광섬유 등을 이용한 통신과 달리 제한된 전송전력, 높은 부하 간섭과 잡음, 가변하는 감쇄 및 임피던스 등 통신을 위해 고려해야 하는 기술적, 환경적 요소가 많은 난(難)개발 분야이다. 따라서 전력선 통신은 안정적인 통신 환경의 제공을 위해서 전력선이 통신 채널로서의 특성이 어떠한지를 파악하여 이에 대응하는 기술을 접목하는 것이 필수적인 기술적 요구 사항이다.

전력선 통신은 데이터 전송속도에 따라 저속, 중속, 고속으로 구분되며, 각각 사용 주파수 대역과

응용분야가 다르다. 사용 주파수 대역을 보면 중속은 10KHz ~ 450KHz, 고속은 0.5MHz ~ 30MHz 대역을 사용한다. 저속 전력선 통신 기술은 주로 제어용으로 이용되고 있으며 수십bps ~ 10Kbps의 전송 속도를 가지며 주로 조명제어(Dimming), 방범 및 방재, 홈 오토메이션, 수용가 전력제어 등에 적용되고 있다. 주요업체로서 국외에는 X10, ITRAN, Echelon 등이 있고, 국내에는 켈라인, PLCom, PLANET 등에서 PLC용 칩을 개발하였으며, Control Device사는 전력선 통신용 모듈 및 시스템을 개발하여 판매 중에 있다. 중속 전력선 통신 기술은 데이터 통신용으로 이용되고 있으며, 무인자동검침, 정보가전, 인터넷 통신 등이 그 응용 분야로 활용되고 있다. 주요업체로는 국외에 Adaptive Network, Data-Linc Group, Echelon, Intellon, ITRAN, Alcatel 등이 있으며, 국내에는 (주)PLANET이 있다. 최근 들어 세인들의 많은 관심을 끌고있는 고속 전력선 통신 기술은 데이터 통신용으로 이용되며 1Mbps ~ 10Mbps의 빠른 속도를 실현하므로 홈 네트워킹은 물론 가입자 액세스 망(초고속 인터넷통신) 등으로의 적용을 목표로 개발하고 있다. 주요업체로는 국외에 Adaptive Network, Data-Linc Group, Echelon, Intellon, ITRAN, Alcatel, 그리고 국내에는 켈라인이 있다. 켈라인에서는 20Mbps의 전력선 통신 기술을 시연한 바 있다.

### 4.3 IEEE 1394 기술

IEEE1394 기술은 오디오 비디오 기기의 디지털화가 이루어지고 멀티미디어 환경이 부상함에 따라 이들간의 공통된 새로운 인터페이스 방식의 필요에 의해 발생한 직렬 버스 방식을 이용한 디지털 인터페이스 기술로, 고속의 실시간 데이터 전송을 가능하게 해 주는 차세대 핵심 기술이다. 현재의 USB(Universal Serial Bus) V1.0 기술은 12Mbps

밖에 지원하지 못하며, 480 Mbps를 지원하는 USB Version 2.0은 이제 막 시제품이 시중에 나오고 있는 실정이다. 반면, IEEE1394 기술은 현존하는 직렬 디지털 인터페이스 기술 중 가장 높은 대역폭을 제공해 준다.

IEEE1394 기술은 IEEE1212 표준이 권고하는 CSR(Control Status Register) 구조를 가지고 있으며, 6bit를 사용하여 하나의 버스에 연결되어 있는 노드를 구분하므로, 버스 당 63개까지의 노드 연결이 가능하다. 또한 SCSI Interface와는 달리 터미네이터가 필요하지 않으므로 구성이 용이하고, 연결 즉시 자동으로 어드레스를 할당하는 Bus Reset 기능과 Self-ID 및 Node-ID 기능을 가지고 있어서 Plug-and-Play 및 Hot Plug 기능을 제공해 준다. Video, SCSI, Floppy, MODEM, Serial Communication Port, Sound Card, Scanner, Camcorder, Printer 등 수 많은 PC Peripheral들이 모두 다른 구조의 다른 규격으로 하나의 PC에서 지원하여야 하므로 케이블과 소프트웨어, 커넥터 등이 많이 필요한 단점이 있으나, IEEE1394는 Daisy Chain 구조 및 Tree 구조를 이용함으로써 이러한 복잡한 커넥터 연결 부분을 해소해 줄 수 있다. 또한 연결 기기 간의 실시간 전송이 안되거나 성능의 차등화 부여 기능이 없어서 시스템 구조를 변화시키기 어려운 응용 분야의 단점을 해소할 수 있다. 또한 Isochronous 전송 방법 채택으로 멀티미디어 데이터와 같은 실시간 전송을 필요로 하는 응용 분야에 대역과 전송을 보장해 줄 뿐만 아니라 Asynchronous 전송 방법도 보유하여, 데이터의 성격에 맞게 전송 모드를 선택할 수 있다. Asynchronous 전송은 데이터의 전송이 보장되는 것으로 주로 Command의 전송에 사용된다.

IEEE1394 기술에 관련된 자체 기술에는 IEEE1394-1995와 IEEE1394-2000, 그리고 P1394b와 P1394.1, P1212r 등 여러 가지가 있다. PC 관련



제품으로는 IEEE1394 인터페이스를 이용한 디지털 하드디스크 규격을 위한 SBP2 표준과 IEEE1394 하드웨어 상에 IP 패킷을 전송하기 위한 표준인 IP over 1394 기술이 있고, 가전 제품을 위한 규격으로는 IEC61883과 VHN(Versatile Home Network), 그리고 HAVi(Home Audio Video Interoperability)가 있다.

IEEE1394-2000은 IEEE1394-1995 규격이 가지고 있는 몇 가지 단점들을 보완하여 기존의 IEEE 1394 규격을 모두 지원하면서 성능을 향상시킨 것이 특징이다. IEEE1394-2000은 노드간의 전송거리가 4.5m로 제한되어 있으며, 16개 이상의 홉을 가질 수 없을 뿐만 아니라 400 Mbps의 데이터 전송 속도 이상은 지원하지 않으므로 화상회의를 위한 목적으로는 사용에 한계가 있다. 따라서 기가비트 급의 전송이 가능한 광케이블과 커넥터를 사용하여 최대 3.2 Gbps의 전송률을 지원하면서 100m 이상의 hop간 거리를 가능하게 하고 IEEE 1394-1995와 1394-2000을 완벽히 지원하도록 제정된 표준이 P1394b이다. P1394b가 1394-2000과 다른 점은 네트워크의 토폴로지가 루프의 형태를 가질 수도 있다는 것이다. 이것은 P1394b의 초기화 시간 동안에 루프들을 자동적으로 인식하여 이를 없애는 알고리즘이 포함되어 있기 때문이다. 또한 UTP Cat5 (Unshielded Twisted Pair, Category 5) 선의 1, 2번과 7, 8번 선을 이용하여 100Mbps의 1394 데이터를 100m 거리만큼 전송할 수 있게 하였다.

P1394.1 표준은 2001년 1월 Hawaii에서 열린 1394TA 표준화회의에서 최종적으로 확정된 기술로, 각각의 버스가 63개 이상의 Node를 연결할 필요가 있을 때 1394 Cluster들이 다른 Cluster들과 통신을 할 수 있도록 Bus Bridge를 제공해 주는 사양이다. 또한 하나의 버스에서 발생하는 Bus Reset은 전체 시스템의 성능을 열화시키는 문제가 있으므로 각각의 버스에서 나타나는 Bus Reset을 자체

의 Cluster에 국한시키고 싶을 때에도 중요한 역할을 하는 표준이다. P1394.1 기술을 이용하면 IEEE 1394-2000 표준이 가지고 있는 거리 제한의 문제도 해소할 수 있으므로 홈 네트워크 백본으로 사용될 Wireless 1394 기술을 구현하는 데에도 반드시 적용되어야 할 기술 표준이다.

1394TA에서 정의하는 Wireless 1394 기술은 유럽의 Wireless 1394가 채택한 HiperLAN/2와는 달리 Air Interface로 IEEE802.11을 사용하기로 하고 PHY로는 54Mbps를 지원하는 IEEE802.11a를 채택하기로 결정하였다. 구조적으로는 QoS를 지원하는 HiperLAN/2가 보다 나은 방법이라고 유럽의 많은 기업에서는 주장하였지만 IEEE802.11을 채택한 데에는 유럽을 견제하고자하는 미국의 다소 정치적인 의미도 포함되어 있었다. 여기에 HiperLAN/2를 기반으로 하는 Wireless 1394 기술은 지난 1999년에 이미 완성된 것으로 보다 나은 Solution을 제공하기에는 이미 오래된 기술인 반면에 IEEE802.11 기술은 현재 매우 빠른 속도로 기술이 향상되고 있고, 지금은 제공하지 못하는 기술들이 많이 극복되고 있으므로 이에 대한 거부감은 시간이 지나면서 다소 완화되어가고 있는 상황이다. 특히 ETSI BRAN에서는 HiperLAN/2 기술에 대한 적극적인 지원이 중단된 상태여서 IEEE 802.11 위원회의 발전에 기대할 수 밖에 없는 상황이다.

1394TA의 WWG(Wireless Working Group)에서 제정하고 있는 Wireless 1394 기술은 기본적으로 IEEE1394 Packet을 IEEE802.11 무선 랜 표준으로 전송하기 위한 PAL(Protocol Adaptation Layer)을 제정하는 것이다. 즉 IEEE1394 Packet을 전송하면 요구하는 시간 내에 Ack 신호를 수신해야 하는데 이 시간 동안 Ack를 수신하지 않으면 Transaction을 포기하게 된다. 따라서 송신 노드는 원하는 일을 수행하기를 원하나 채널의 느린 속도로 인하여 아무런 일도 수행되지 못하는 경우가 발

생하게 된다. 이와 같은 일은 시간적으로 매우 정교하게 이루어져야 하는 아주 중요한 일이며, 일반적인 Local Bus 상의 노드는 이 사실을 알지 못하므로 이러한 문제를 해소해 줄 수 있는 방안을 PAL에서 정리함으로써 ETSI BRAN의 CL (Convergence Layer)가 수행하는 일에 해당하는 일을 담당하게 하자는 것이다.

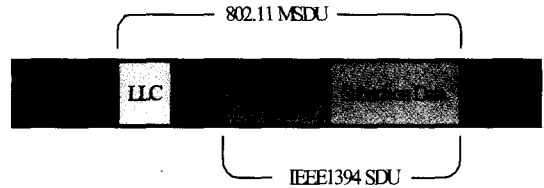
Wireless 1394 기술에 대한 PAL에 관한 일은 "Protocol Adaptation Layer(PAL) for IEEE1394 over IEEE802.11 Draft 1.x"[13]에 정의되고 있으며 Protocol Adaptation Layer(PAL) for IEEE 1394 over IEEE802.11 Draft 1.x는 IEEE1394.1 표준이 정의하는 브릿지 기능을 수용하는 방향으로 표준을 정하고 있으며 이 표준을 위한 내용은 결정되었다. 가장 대표적인 것이 IEEE1394 Subaction을 IEEE 802.11을 통하여 전송할 때 어떤 방식을 사용하느냐하는 것이었다. 이를 위해 먼저 제안된 것은 어떤 모델을 이용하여 1394 Packet을 전송하느냐하는 것이었는데 그 중의 하나가 (그림 14)에 나타난 브릿지 모델이다.



(그림 14) Wireless 1394의 PAL을 구현하기 위한 브릿지 모델

(그림 14)를 중심으로 하여 IEEE802.11 상에서 IEEE1394 Packet을 Encapsulation하는 최선의 방법으로 IEEE1394 Packet을 IEEE802.11의 Native MAC Primitives를 이용하여 브릿지를 구현하는 방안이 확정되었으며, 이 브릿지 모델을 근간으로 하여 Wireless 1394 Subaction은 송신 노드와 수신 노드 사이에 효율적인 다중화와 역 다중화를 가능

하게 하는 방법으로 Encapsulation한다. IEEE1394 Subaction의 Encapsulated Subaction은 (그림 15)과 같다.



(그림 15) IEEE1394 Subaction의 Encapsulated Subaction

(그림 15)에 대한 자세한 설명은 참고자료 [13]을 참고하기 바란다. 본 장에서 설명하는 이론은 아직 많은 시간을 두고 1394TA WWG에서 확정시켜 나가고 있는 상황이므로 개선의 여지가 많이 남아 있는 상황이다. 특히 IEEE 802.11e 기술 표준이 많은 시간을 두고 QoS 제공 방식의 결정에 어려움을 겪고 있으므로 이에 대한 1394TA에서의 Wireless 1394 기술 방식은 담보상대다. 지금은 QoS를 제공하는 IEEE 802.15.3 기술을 무선 전송 채널로 하고 IEEE 1394 신호를 전송하는 무선 1394 방식은 현재 표준안이 완성되어 IEEE SA(Standards Association)의 Sponsor Ballot 단계에 들어가 있다.

## 5. 홈 네트워킹 제어 및 스트리밍 미들웨어 기술

홈 네트워킹 기술이 가져다 줄 많은 장점에도 불구하고 시장에 빨리 진입하지 못하고 있는 이유는 다양한 매질을 이용한 홈 네트워킹 장비와 기기가 개발되어 있어서 같은 매질을 이용한 홈 네트워킹 기기는 물론 다른 매질을 사용하는 기기와의 서로 통신이 불가능하다는 것이다. 즉 디지털 기기 간의 상호 운용성을 보장하는 것이 가장 큰 문제며, 이 문제를 해소하기 위해서는 미들웨어 솔루션의 세

계적인 통합화가 가장 큰 일이다.

하나의 가정 내에 여러 개의 기기가 존재하고, 각각의 기기가 같거나 다른 홈 네트워크 미디어에 의해 연결되어 있을 때, 각각의 기기 간의 인터페이스 사이에 완충 역할을 해 줄 중간층이 없이는 이들 기기 간의 제어나 데이터의 전송은 불가능하다. 이러한 완충 역할을 해 주는 것이 홈 네트워크 기기간 제어를 위한 미들웨어 기술이다. 미들웨어 기술을 이용하면 분산형 연산 환경과 서비스를 지원할 수 있으며, 데이터 네트워크와 제어 네트워크를 쉽게 통합할 수 있고, 여러 가지의 다양한 홈 네트워크 기술을 이용한 기기 간의 데이터를 통합하기가 쉬우며, SNMP(Simple Network Management Protocol), DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol), ARP(Address Resolution Protocol), IP over 1394, 그리고 Graphic User Interface(GUI) 등과 같은 높은 층의 응용을 구현하기가 쉽다. 홈 네트워크를 위한 미들웨어 기술의 대표적인 기술로 Sony와 필립스 등이 제정한 HAVi(Home Audio Video interoperability), Sun Microsystems가 지원하는 Jini, 삼성이 제안하고 VESA Home Network와 CEA(Consumer Electronics Association)가 채택한 VHN(Versatile Home Network), 그리고 Microsoft가 지원하는 UPnP(Universal Plug and Play)가 있다. 본 장에서는 이러한 미들웨어 기술의 표준화 동향과 미래의 추세, 그리고 가능성에 대해 설명하였다. 그리고 최근에 결성되어 홈 네트워크 기기간의 상호 운용성을 제공해 줄 국제 표준화 단체인 DHWG(Digital Home Working Group)에 대해서도 소개하겠다.

## 5.1 HAVi

HAVi는 IEEE1394 기술을 채택한 오디오 비디오 기기간의 실시간 데이터 전송은 물론 상호 호환성을 위해 Sony가 처음 제안한 홈 네트워크용

Middleware 솔루션이다. 처음에는 Grundig, Hitachi, MEI, Philips, Sharp, Sony, Thomson, Toshiba 등을 포함하는 8개 회원사로 출발하였으나, 지금은 42개의 회원사를 두고 이 표준에 의해 오디오/비디오 제품을 개발하고 있다.

HAVi는 IEEE1394 기술을 적용한 디지털 네트워크에 사용되는 기술로 플러그 앤드 플레이를 지원하며 AVC(Audio Visual Control) 커맨드를 사용하지만 미래에 나타날 기기도 자연스럽게 지원해 주기 위해 DCM(Device Control Module)의 개념을 도입하였다. 즉 각각의 기기는 DCM이라는 모듈로 자신을 표현하고 RMI(Remote Method Invocation)를 이용하여 이 모듈을 전송함으로써 현재의 제어 코맨드가 제공하지 못하는 명령어를 이해하는 구조를 채택하였다. 또한 어느 기기는 다른 제조회사가 만든 어떤 기기든지 모두 통신할 수 있도록 설계되었으며, 자바 바인딩을 통한 개방형 소프트웨어 API(Application Programming Interface)를 지원하고, 제어 신호 및 콘텐츠 등을 전송할 수 있다.

현재 전 세계적으로 Sony와 Philips는 물론 Vivid Logic사와 한국의 삼성전자, LG전자 등이 구현한 HAVi는 채택하기에 고가인 단점이 있어, 미래에 등장할 기기에 대해서도 지원이 가능한 매우 좋은 구조임에도 불구하고 가전 제품에의 채택에 어려움을 겪고 있다. HAVi를 처음으로 창안한 곳은 Sony America이지만 일본에 소재하는 Sony 본사는 HAVi를 채택하여 자사의 가전제품을 구현하지는 않는 것으로 결정하였으며, HAVi를 채택하여 Digital TV를 구현한 곳은 Mitsubishi 뿐이라는 것은 시사하는 바가 적지 않다.

## 5.2 Jini

Jini는 Sun Microsystems사가 창안하여 새로운 제어 모델을 개발하고 이를 홈 네트워크의 대표적

인 미들웨어 솔루션으로 활성화하려는 움직임으로 시작되었다. Jini의 기본적인 철학은 단순하며, 신뢰성을 확보할 수 있고, 보다 나은 제어 구조로 발전하는 데에 확장성을 부여하도록 하자는 것이며, Administration을 담당할 기기가 없어도 동작하도록 하자는 데에 초점을 두었다. 이와 같은 철학을 가능하게 하는 것은 자바를 기반으로 하는 분산 네트워크 접속 기술을 이용하였기 때문이다.

Jini의 특징은 네트워크 상에서 Plug and Play 기능을 제공하며, 소프트웨어나 하드웨어, 연산 능력, 스토리지, 사용자 등 모든 요소를 서비스로 처리하는 "서비스 기반" 구조를 활용하고 있다. 또한 JVM(JAVA Virtual Machine)을 사용하므로 하드웨어에 독립적이며, 네트워크의 구성이 단순하고 확장성을 제공해 준다. Jini 서비스는 홈 네트워크에 관련된 모든 요소를 지칭하는 분류이며, Jini Infrastructure는 기기가 네트워크에 접속되었을 때 운영하기 위한 부분이고, Jini Programming Model은 네트워크가 운영될 때 분산 환경에서 신뢰성을 유지하기 위한 부분이며, Java 2 Platform은 Jini가 동작하는 하드웨어나 미들웨어, 그리고 통신 환경을 정의한다.

홈 네트워킹의 미들웨어 관점에서 본 Jini의 강점은 Plug and Play 기능에 의한 간단한 시스템 구성과, 실행 코드의 이동성에 의한 가변성, 그리고 기존의 IP를 기반으로 하는 네트워크에 대한 자연스러운 확장성 및 Java 연관 제품 및 시스템과의 호환성 확보 등이다. 단점으로는 Jini 시스템에 JVM을 도입함으로써 수행속도가 느리고 많은 양의 메모리를 차지하므로 시스템의 단가가 높아진다. 또한 Lookup Server에의 의존도가 높아 홈 네트워크 시스템에 종종 발생하는 기기의 착탈 시 Lookup Server가 이탈할 경우 전체 네트워크가 동작을 하지 않을 위험성도 있다.

Jini가 안고 있는 고민 중의 하나는 Jini를 창안한

Sun Microsystems사가 Microsoft의 UPnP 처럼 강력하게 Jini를 지원할 수 없는 상황에 있다는 것이다. Sun Microsystems의 주력 시장은 현재 Server 부문인데 Alpha 칩을 개발한 DEC사가 이 칩의 권한을 Compaq사에 매도하였으며, Compaq사는 이 칩을 개발한 후 서버 시장에 진입하려 하였으나 어려움을 겪자 이 칩의 생산권을 Intel에 인도하였다. 이에 따라 Intel과 Compaq이 손을 잡고 Server 시장에 도전장을 낸 격이 되었으며, Sun Microsystems사는 역사상 가장 커다란 경쟁자를 만난 셈이 된 것이다. 따라서 Server 시장의 수성에 대부분의 자원을 사용하여야 하므로 Jini를 프로모션하는 데에는 당연히 한계를 느낄 수 밖에 없고, 이로 인하여 Jini의 시장은 활성화하는 데에 다소 어려움을 겪을 것으로 보인다.

### 5.3 VHN (Versatile Home Networking)

VHN은 삼성전자가 자사가 개발하는 디지털 TV 및 Set Top Box에 IEEE1394 기술을 적용하면서 이 들간의 상호 제어용 소프트웨어로 개발한 IP를 근간으로 하는 홈 네트워크 용 미들웨어 솔루션이다. 삼성의 VHN은 1996년에 이미 시작된 미들웨어지만 VESA Home Network Committee가 1999년 8월에 홈 네트워크의 미들웨어 솔루션의 대부분을 포함하는 VESA Home Network Spec 1.0이 발표되면서 구체화되었다. VHN은 여러 개의 이 기종 네트워크의 인터넷인 셈이다. 따라서 홈 인터넷에 접속되어 있는 모든 기기들 사이의 통신을 가능하게 하기 위해서는 어떤 공통된 인터넷 워킹 프로토콜이 필요하다. 이 프로토콜들에는 Network Layer 프로토콜은 물론 네트워크 프로토콜을 사용한 통신용 프로토콜과 기기들을 네트워크 자율적으로 배치하는 데에 필요한 다른 프로토콜 등이 이에 속한다.

VHN은 아직 동작 모델이 검증되지 않았으며,

이 기술의 사용자층의 확보에 어려움을 겪고 있어서 UPnP 기기를 지원할 수 있는 VHN Version 2를 CEA(Consumer Electronics Association)에서 준비 중이다. 현재 VHN Version 2를 준비하고 있는 회사는 Metro Link사와 Philips, 그리고 필자가 이 작업에 참여하고 있고, Thomson Multimedia사와 Lexmark사, 그리고 Telcordia 등이 표준 제정을 지원하고 있지만, UPnP 기기와 100% 호환되는 표준을 준비하고 있으므로 Version Control 문제가 가장 우려되고 있는 상황이다.

#### 5.4 UPnP

UPnP는 마이크로소프트사가 제안한 미들웨어 솔루션으로 기존의 IP 네트워크와 HTTP 프로토콜을 사용하여 간단한 방법으로 홈 네트워킹 기기의 제어를 구현하는 것이다. 따라서 대부분의 요구조건을 최소화하였다. 그 대표적인 내용이 HAVi 처럼 Java Bytecode를 불러와 실행하는 일이 없으며 DHCP와 SSDP(Simple Service Discovery Protocol), GENA(General Event Notification Architecture), 그리고 SOAP(Simple Object Access Protocol) 등을 이용한다.

UPnP의 가장 큰 강점은 이미 검증된 웹 기술을 기반으로 홈 네트워킹 기기 간의 제어 모델을 구현하였다는 것이다. 따라서 간단하게 제어모형을 구현할 수 있으며, 하드웨어와 소프트웨어, 그리고 운영체제에 무관하게 동작이 가능하고, UPnP 포럼에 의해 기기와 서비스 타입이 잘 맞추어져 있다. 그리고 HTML을 이용하여 간단하게 사용자 인터페이스를 제공하고 있다.

#### 5.5 HnCP

HnCP(Home Network Control Protocol)[14, 15]은 LG전자, 삼성 전자를 비롯한 전력선 모뎀 메이커를 중심으로 2000년 12월에 산업자원부 산하의

PLC 포럼을 설립하고, 홈 오토메이션 관련 단체표준 미들웨어 프로토콜을 정의하고 있으며, 2003년 6월 물리계층기술을 제외한 형태로 HnCP 1.0 규격을 정의하였다. 현재 HnCP는 디지털 가전 위원회, 사이버 홈 기술 위원회, 통신 서비스 기술 위원회, 상용화 사업 추진 위원회 등의 PLC 포럼 활동을 통해 4계층까지의 네트워크 프로토콜과 네트워크 관리 기능, 그리고 가전 기기 제어를 위한 메시징 기능을 정의하고 있으며 PLC 포럼 및 TTA 등에서 실제 가전기기를 대상으로 한 테스트를 현재 진행하고 있다.

#### 5.6 OSGi

OSGi[16]는 외부 인터넷에 존재하는 다양한 서비스를 가정, 자동차 또는 작은 사무실과 같은 내부 홈네트워크 망에서 사용하기 위한 표준화된 API의 제공을 목적으로 썬 마이크로시스템즈사를 중심으로 시스코, 컴팩, 에릭슨 등을 포함한 15개 업체가 참여하여 1999년 3월 설립되었으며, 2003년 3월에는 스펙 버전 3.0이 발표되었다. OSGi 스펙 버전 3.0에서 가장 두드러지는 점은 위치기반 서비스, 과금 모델, 이동성 홈 게이트웨이를 위한 API, 홈 자동화 및 제어 서비스와 더불어 UPnP와 Jini 서비스를 제공하기 위한 방안과 그 API가 포함된 것이다. 특히, UPnP와 Jini에 대한 스펙은 OSGi가 기존의 다양한 미들웨어 상에서 특정 미들웨어에 관계없이 다양한 서비스를 제공할 수 있는 기반을 제시하였다.

OSGi(Open Services Gateway initiative)가 추구하는 Residential Gateway에 대한 표준은 ISO/IEC JTC1 SC25 WG1이 추구하는 방향과 다소 차이가 있다. 후자가 HAN과 WAN은 물론 HAN과 HAN 사이의 인터페이스를 지원하기 위한 RG 자체의 기능에 대한 내용을 정의했다면 OSGi는 외부에 있는 ISP가 원격지에서 가정 내에 있는

사용자가 원하는 서비스를 이 RG를 통하여 제공할 수 있는 방안에 대해 정의하고 있다. 따라서 OSGi는 자신이 가지고 있는 서비스 API(Application Program Interface)가 RG를 통해 각 가정에 다운로드될 때 이 API가 실행되어 가정이 서비스를 제공받을 수 있는 RG의 Framework에 대한 정의가 중요한 표준이다.

OSGi 사양은 서비스 제공자와 시스템 개발 업체, 그리고 소프트웨어와 기기 제조업체는 물론 장비 제조업체들에게 개방형의 공통성이 있는 게이트웨이의 구조를 제공함으로써 다양한 서비스를 협동적인 방향으로 개발하고 시장에 출시하여 빠른 시일에 사용자를 확보할 수 있는 강점이 있다. OSGi 사양의 중심에는 많은 통신 수단을 근간으로 하여 서비스를 제공할 수 있는 플랫폼으로서의 서비스 게이트웨이가 있다. 서비스 게이트웨이는 음성과 데이터, 그리고 인터넷과 멀티미디어 통신을 통합 관리하여 가정과 사무실, 혹은 다른 곳으로 전송해주고 서비스해 주는 기능을 수행한다. 에너지 관리나 제어, 그리고 안전과 정보 보호 서비스, 원격 의료 서비스와 기기 제어 및 유지 보수는 물론 전자 상거래 등의 응용으로도 사용될 수 있다. 이와 같은 기능을 수행하는 서비스 게이트웨이는 STB(Set Top Box), Cable Modem, 라우터, RG, 경보 시스템, 원격 에너지 검침 및 관리 시스템, 그리고 PC와 가전제품 등이 이에 속한다.

OSGi의 장점으로는 사용하는 하드웨어 플랫폼과 OS에 독립적으로 동작하므로 특정한 시장에 맞추어 서비스 게이트웨이를 재가공할 수 있으며, 공통의 응용 API를 구현하므로 응용 분야에 독립적인 장점이 있다. 그리고 OSGi는 디지털 사인에서부터 객체 접근 제어 등 다양한 시스템 보호 기법을 사용하므로 외부의 해커로부터 안전을 보장받을 수 있으며 하나의 플랫폼에 여러 종류의 서비스 제공자가 서비스를 제공하므로 받을 수 있는 서비

스가 다양하다는 특징이 있다. 또한 Bluetooth와 HAVi, 그리고 HomePNA, HomeRF, IEEE1394, LonWorks, USB, VESA, 무선 통신 시스템 등 여러 가지 홈 네트워킹 기술을 지원하며 UPnP와 Jini를 지원하므로 다양한 기기와의 접속 및 제어가 가능하다. 끝으로 OSGi는 다른 홈 네트워킹 및 WAN 표준과 공존할 수 있는 방안으로 진화하고 있으므로 다른 표준과의 융화가 쉬운 장점이 있다.

OSGi의 마켓으로는 Residential Gateway 시장이 가장 큰 것으로 판단되며 인터넷 공유와 같은 통신 서비스와 에너지 관리 서비스, 정보 보호 서비스, 원격 진료 서비스 등이 OSGi의 커다란 시장으로 판단된다.

## 5.7 DHWG

DHWG(Digital Home Working Group)[17]은 MS, IBM, HP, 인텔, 일본의 소니, 마쓰시다, 한국의 삼성전자 등이 모여 2003년 6월에 홈네트워킹 상용화의 걸림돌인 호환성 문제를 해결하기 위해 설립되었다. 이 그룹은 가정 내에서 공존하는 세계의 네트워킹을 PC 인터넷 네트워킹(PC, 프린터 등), 이동 네트워킹(PDA, 휴대폰, 노트북 등), 가전 네트워킹(TV, 오디오, DVD플레이어 등)로 정의하고, 주요 산업체간의 협력, 상호 운용성 프레임워크의 표준화, 이를 준수하는 제품 등의 3가지 방식을 통해 상호 운용성 제공을 시도하였다. 현재 DHWG의 표준화는 UPnP 기술을 근간으로 물리적인 미디어, 네트워크 전송, 미디어 포맷, 스트리밍 프로토콜, DRM (Digital Right Management) 등의 표준화를 포함하고 있다.

## 6. 결 론

2003년 정부는 2만 달러의 국민 소득 달성을 위해 미래의 차세대 신 성장 동력 산업으로 10개의 분야를 선정하고 이 분야에 대해 대대적인 지원을 하

기로 결정하였다. 이 10개의 분야에 지능형 홈 네트워크 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 네트워크 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 14조원, 수출 53억불을 달성하여 세계시장의 11.5%를 점유하고 세계 최고의 인프라를 활용한 의료, 문화 등 다양한 홈 네트워크 활용 모델에 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 네트워크를 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 네트워크 아키텍처가 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 네트워

크에 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 네트워크 기술이 다르게 적용되어야 하기 때문이다. 신축 주택인 경우 Fast Ethernet 기술을 적용하여 주택을 건설하면 홈 네트워크는 이루어지지만 IEEE 1394 기술을 위한 브릿지의 구현은 또 다른 문제다. 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 네트워크 기술의 적용을 심각하게 고려해야 할 것이다. 맥내의 기기가 IEEE 802.11 WLAN이나 IEEE802.15.3 High Data Rate WPAN과 같은 기술을 적용하여 홈 네트워크 백본 네트워크를 구현하면 무선 통신 시스템이 가지는 통신 선로의 불확실성에도 불구하고 유비쿼터스 네트워킹과 같은 새로운 서비스를 제공할 수 있는 가능성이 있는 것이다. 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 네트워크 기술은 기술적으로 많은 가능성 가지고 있는 셈이다. 그러나 5GHz대의 전자파의 전파 특성으로 인하여 현재의 단일 무선 네트워크 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.

여기에 특히 고려해야 할 핵심 기술로 홈 네트워

크를 위한 정보 보호 기술의 접목이다. 어떤 사용자의 집안에 있는 가전 기기들을 디지털화하고 이들을 홈 네트워크로 연결하려면 네트워크의 전문 지식이 없는 일반 사용자들을 고려하여 Plug-and-Play 기능은 필수적이지만 만일 그 사용자의 집에 다니러 온 모든 외부인들조차 아무런 인증 절차 없이 모든 정보를 노출시킬 수는 없기 때문이다. 이와 같은 홈 네트워크 정보 보안을 위해 세계적인 홈 네트워크 표준 단체에서 추진하고 있는 정보 보안 표준화 활동은 매우 활발히 이루어지고 있지만 이러한 표준이 이루어지고 있는 상황도 매우 다르게 움직이고 있다. ISO/IEC JTC1 SC25 WG1에서 진행되는 홈 네트워크 정보 보호는 3계층 이상에서 Secure Communication Protocol을 정의하고 있지만 UPnP Version 1은 정보 보호 장치가 없다가 Version 2.0에서는 Plug-and-Play 기능을 포기하더라도 정보 보호 방식을 채택하기로 결정하여 Version 1과 하방 호환성이 제공되지 않는다. 또한 모션 센서 네트워크로 가장 주목을 받고 있는 IEEE 802.15.4와 ZigBee 기술은 AES 기반의 암호화에 Trust Center 개념을 도입하여 홈 네트워크의 완성도를 높이고 있는 상황이다. 이렇게 다양한 정보 보호 기술이 다른 매체에 따라 들게 정의되면 또 다른 상호 운용성 문제에 봉착하게 되며 사용자가 불편없이 사용할 수 있는 방안을 표준화하는 노력은 매우 중요한 일이다. 이렇지만 본 고에서는 이와 같은 홈 네트워크 정보 보호 기술에 대해서는 다음 기회에 다루기로 하겠다.

본 고에서는 홈 네트워킹 기술의 표준화 현황에 대해 정리하고, 차세대 성장 동력으로서의 홈 네트워킹을 위해 반드시 적용해야 할 유비쿼터스 네트워킹 개념과 이로부터 효과를 얻기 위해 집 안에 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 무선 네트워킹 기술 연구 분야에 대해 논하였다. 끝으로 홈 네트워크의 활성화를 위한 정보 보호 관점에서의 앞으로의 중요성을 강조하였다. 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 산업으로서의 역할을 지능형 홈 네트워크 기술이 제공해 줄 것으로 보인다.

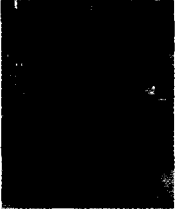
## 참고문헌

- [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 (Supplement)



- [8] IEEE 1394 Project P1394b, Draft Standard for a High Performance Serial Bus (Supplement)
- [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] 1394TA Document, Protocol Adaptation Layer (PAL) for IEEE1394 over IEEE802.11, Draft 1.x, Being Prepared under 1394TA WWG, April 17, 2002.
- [14] PLC 포럼 디지털 가전위원회, "HNCP PreSpec. Ver. 1.0", 2002.
- [15] Koon-Seok Lee et al., "A new control protocol for home appliances-LnCP," IEEE International Symposium on Industrial Electronics, vol. 1, pp. 286-291, 2001.
- [16] OSGi Alliance, "OSGi Service Platform Release 3," <http://www.osgi.org>, Mar. 2003
- [17] DHWG, "The Path to Interoperability in the Digital Home," <http://www.dhwg.org>, June, 2003
- [18] 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.
- [19] 사카무라 켄, 유비쿼터스 컴퓨팅 혁명, 동방미디어, 2002.
- [20] 사카무라 켄, 21세기 일본의 정보 전략, 동방미디어, 2003.
- [21] 사카무라 켄, "유비쿼터스 컴퓨팅 - 그 실현을 위해," u-Korea Forum 창립기념세미나, pp. 5-76, u-Korea Forum 준비위원회, 전자신문사, 한국전자통신연구원, 동방미디어, 2003년 4월 15일.
- [22] 하원규, 김동환, 최남희, 유비쿼터스 IT 혁명과 제 3공간 - 물리공간과 전자공간의 융합, 전자신문사, 2003.
- [23] 노무라 총합연구소, 유비쿼터스 네트워킹과 시장창조, 전자신문사, 2003.
- [24] 노무라 총합연구소, 박우경, 김의 역, 유비쿼터스 네트워크와 신사회 시스템, 전자신문사, 2003.

## 저자약력



### 전 호 인

- 1981. 2 연세대학교 전자공학과 학사
- 1984. 2 연세대학교 전자공학과 대학원 석사
- 1990. 12 (미) The University of Alabama in Huntsville  
공학박사
- 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 SO/IEC JTC1 SC25 WG1 Convener
- 1992. 3 - 현재 경원대학교 전기정보전자공학부 교수
- 관심분야 : Home Networking, Ubiquitous Networking,  
UWB, IEEE 1394, Wireless 1394, IEEE 802.11,  
IEEE 8902.15.3, IEEE 802.15.4 ZigBee, BcN
- 이 메 일 : jeon1394@kornet.net