

# WPIF: 이중 WPAN 연동을 위한 통합 프레임워크

정희원 공인엽\*, 제동국\*\*, 신경철\*\*, 김대식\*\*, 황원주\*\*\*o

## WPIF: The Integration Framework for the Convergence of Heterogeneous WPANs

In-yeup Kong\*, Dong-guk Je\*\*, Gyung-chul Sihh\*\*,  
Dae-sik Kim\*\*, Won-joo Hwang\*\*\*o *Regular Members*

### 요약

WPAN은 데이터 속도, 영역, 가입자 규모, 지원되는 이동성 레벨 등의 여러 가지 요구 사항에 따라 다양한 형태로 발전되어 왔다. 또한 여러 종류의 네트워크 인터페이스를 가진 휴대 장치가 일반화되고 있다. 이러한 다중 모드 장치가 여러 종류의 WPAN 장치들과 어느 곳 어느 때든지 통신하기 위해서는 이중 무선 네트워크를 위한 프레임워크가 필요하다. 이에 본 논문에서는 이중 WPAN을 통합 할 수 있는 통합 프레임워크를 제안한다. 그리고 프레임워크의 요구사항 및 상세 설계에 대해 설명하고, 에뮬레이션 테스트 결과를 제시하였다.

**Key Words :** WPAN, Heterogeneous WPAN, Integration, Framework, Network Convergence

### ABSTRACT

WPANs (Wireless personal area networks) have developed as various forms according to requirements such as data rate, coverage, subscriber volume, and supported mobile velocity. And mobile device with multiple network interfaces is very common. To make these multi-mode devices communicate with any WPAN device at anytime, anywhere, the framework for heterogeneous wireless networks is essential. Therefore, we propose the integration framework to converge heterogeneous WPANs. In this paper, we explain the requirements and detailed design of our framework, and then present the emulation test results.

### 1. 서론

무선 네트워크와 휴대 장치가 다양화되면서 유비쿼터스 환경이 실현되고 있다. WPAN(Wireless Personal Area Network) 네트워크는 데이터 속도, 영역, 가입자 규모, 지원되는 이동성 레벨, 전송 환경 등에 따라 다양하게 발전되어 왔다<sup>[1]</sup>. 반면, 요즘은 여러 네트워크 인터페이스를 가지는 휴대 장치가 일반화되고 있다. 예를 들면, CDMA, Bluetooth, IrDA를 모두 지원하는 휴대폰을 들 수 있다. 그러므로 이러

한 장치를 가진 사용자들은 어느 곳에서 어느 때든지 하부 무선 통신 방식과 무관하게 서비스를 받고자 한다. 이러한 요구를 충족시키기 위해 이중 무선 WPAN을 통합할 수 있는 프레임워크가 필요하다.

그러나 이를 위한 기존 연구들은 주로 3G 네트워크와 무선랜 통합에 초점이 맞춰져 있으며, 특히 핸드오프에 대한 연구가 이루어져왔다. 그러나 이중 WPAN을 통합할 수 있는 프레임워크에 대한 연구에 있어서는 제안된 바가 없다. 이에 따라서 본 연구에서는 다양한 단말이 연결된 여러 WPAN를 통

※ 본 연구는 한국전자통신연구원 논문연구과제(단거리 무선 통신 서비스 구조 연구) 지원으로 수행되었습니다.

\* 부산대학교 컴퓨터공학과 (leafgirl@pusan.ac.kr), \*\* 한국전자통신연구원

\*\*\* 인제대학교 정보통신공학과(ichwang@inje.ac.kr) (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2006-03-135, 접수일자 : 2006년 3월 20일, 최종논문접수일자 : 2006년 7월 3일

합하기 위해 필요한 프레임워크를 설계하고 이에 대한 에뮬레이션 테스트를 수행하였다. 이를 통해 각 단말이 지원하는 WPAN 접속 방식과는 무관하게 사용하는 각 단말에 동일한 방식으로 접근할 수 있으므로 사용자에게 네트워크 접속에 대한 추상화를 제공할 수 있으며, 다중 접속 방식 중에서 자동으로 접속 방식을 결정하거나 접속 방식의 변화 시에 이를 프레임워크 내에서 인지하고 변화에 적응할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이종 네트워크간의 연동에 관한 기존 연구들을 살펴보고, 3장에서는 이종 WPAN의 구성과 기술 이를 통합하기 위한 기술 요구사항을 보여준다. 그리고 4장에서 WPAN 간의 연동을 위한 통합 프레임워크에 대한 설계, 구현 및 에뮬레이션에 대해 상세히 설명하고, 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 과제로 마무리한다.

## II. 이종 네트워크간의 연동

다양한 네트워크가 혼재하는 환경에서 이들간의 연동을 위한 연구도 지속적으로 진행되고 있는데, 특히 3G(Third Generation) 네트워크와 무선랜 통합에 관해 많은 연구가 이루어지고 있다. 3GPP(Third Generation Partnership Project) UMTS(Universal Mobile Telecommunication System) 또는 3GPP2 cdma2000(Code Division Multiple Access 2000) 이동통신망과 무선랜의 연동망 구성 방안에 대한 연구는 크게 소결합 연동(loosely-coupled integration)과 밀결합 연동(tightly-coupled integration)으로 분류된다. 루슨트 벨 연구소에서는 소결합 연동 및 밀결합 연동 구조를 소개하고, 소결합 연동 구조에 초점을 맞춰 프로토타입 시스템을 구현하였고<sup>[2]</sup>, AT&T 연구소에서도 이와 유사한 시스템을 구현하여 성능을 제시하고 있다. 또한 에릭슨 및 노키아에서도 3GPP UMTS-WLAN 연동을 위해 소결합 연동 구조를 기반으로 Mobile IP를 통한 이동성 제공 및 사용자 인증, 과금을 위한 망 구조를 제시하고 있는 반면, 모토롤라 연구소에서는 GPRS(General Packet Radio Service)와 WLAN의 연동을 위해 두 가지 구조에 대한 비교를 제시하고 있다<sup>[2]</sup>.

국내에서는 3G 네트워크와 무선랜 사이의 연동에 필요한 고속 핸드오프에 대한 연구가 주를 이루고 있다<sup>[2-4]</sup>. UMTS/WLAN 연동 관련 논문은 기존의 소결합 연동 및 밀결합 연동의 단점을 보완하기

위해 계층적인 Mobile IPv6(HMIPv6)를 이용한 핸드오프 절차를 제안하였다<sup>[2]</sup>. WiBro/WLAN 연동 관련 논문은 초고속 무선 데이터 서비스를 제공하는 Wibro가 기존의 CDMA 및 WLAN과 연동하는데 있어서 필요한 고속 핸드오프 방식을 제시하였다<sup>[3]</sup>. 3G/WLAN 연동 관련 논문은 네트워크와 이동 단말의 협력 하에 네트워크 인터페이스 카드의 에너지 특성과 현재 서비스 받고 있는 네트워크 상태, 그리고 송수신하는 데이터의 양을 종합적으로 고려하여 이동 단말이 효율적으로 에너지를 소비할 수 있는 적절한 네트워크로 서비스 받을 수 있도록 결정해주는 알고리즘을 제시한다<sup>[4]</sup>. 이는 3G 인터페이스와 무선랜 인터페이스를 모두 지원하는 단말기에서 망이나 단말기의 상황에 따라 에너지 소비가 효율적인 망 접속 방식을 선택하는 것으로서, 접속하고자 하는 대상 단말의 접속 방식이나 망 구성을 고려하지 않는다.

이기종망 사이의 연동에 관한 연구에 있어서 핸드오프 이외에도 QoS<sup>[5]</sup>, 과금<sup>[6]</sup>, 라우팅<sup>[7]</sup> 등을 고려한 논문들도 제안되었다. QoS 관련 논문은 RSVP(Resource Reservation Protocol)와 Mobile IP를 바탕으로 하여 무선 이동통신 환경에서 QoS(Quality of Service) 보장과 단말의 이동성을 동시에 지원할 수 있는 통신 프레임워크를 설계하고 구현하였다<sup>[5]</sup>. 과금 관련 논문에서는 무선랜과 이동통신망을 연동하는 통합 시스템에서 과금 정보를 수집하고 식별하는 방안에 대해 제시하였다<sup>[6]</sup>. 그리고 라우팅 관련 논문에서는 블루투스-무선랜 통합 애드혹 망에서 듀얼 모드(블루투스-무선랜)를 지원하는 노드와 주소 맵핑 등을 고려하여 성능을 개선한 라우팅 프로토콜을 제안하였다<sup>[7]</sup>.

그러나 여러 무선네트워크가 혼재한 환경에서 듀얼 모드 이상의 무선네트워크 인터페이스를 단말기가 망의 상태에 따라 망 접속 방식을 결정하는 것뿐만 아니라 사용자가 대상 단말의 무선네트워크 접속 방식과 무관하게 접근할 수 있도록 추상화해주는 통합 프레임워크에 대한 연구는 제안된 바가 없다. 이에 본 논문에서는 이러한 요구사항을 만족하는 통합 프레임워크를 제안하고자 하며, 이에 대한 기술 요구 사항과 프레임워크의 기본 개념에 대해 3장에서 설명한다.

## III. WPAN 통합 네트워크 및 기술 요구사항

3장에서는 다양한 무선네트워크가 혼재한 망의

구성 예를 제시하고, 망 사이의 연동을 위해 필요한 프레임워크의 기술 요구 사항 및 이를 실현하기 위한 핵심 기술 요소에 대해 정리한다. 그리고 이를 바탕으로 한 통합 프레임워크를 제시한다.

### 3.1 WPAN 통합 네트워크 구성 예

무선 통합 프레임워크 다양한 WPAN이 혼재한 네트워크의 구성 예를 제시하면 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는 바와 같이 사용자의 요구사항이나 응용의 특성에 따라 Bluetooth, WiMedia, ZigBee 등 다양한 WPAN 기술이 혼재해 있다. WPAN은 10m 이내의 짧은 거리에 존재하는 컴퓨터와 주변기기, 휴대폰, 가전제품 등을 무선으로 연결하여 이들 기기간의 통신을 지원한다. 이러한 WPAN 기술은 IEEE 802.5 계열의 표준으로 제안되어 있으며, 이에 포함된 세부 표준으로는 IEEE 802.15.1 표준<sup>[8]</sup>, 고속 WPAN 표준인 IEEE 802.15.3 표준<sup>[9]</sup>, 저속 WPAN 표준인 IEEE 802.15.4 표준<sup>[10]</sup>이 있다. 이를 위한 연합체이자 프로토콜 스택을 각각 Bluetooth, WiMedia, ZigBee라고 한다. 본 논문에서는 설명을 간단히 하기 위해 각 표준에서 규정한 MAC/PHY 계층을 Bluetooth, WiMedia, ZigBee라는 용어로 설명한다.

IEEE 802.15.1 표준은 기존 유선 환경에서의 선 연결을 대체하기 위한 저속 무선 기술로서, 소형의 저전력 장치를 주요 대상으로 한다. 이는 주파수 홉핑 방식을 사용하는데, ISM 대역을 79개의 1MHz 채널로 나누어 사용한다. 여기에서는 Asynchronous Connection-Less(ACL) 링크와 Synchronous Connection-Oriented(SCO) 링크를 지원한다.

IEEE 802.15.3 표준은 고속의 WPAN 기술로서, 디지털 카메라, 디지털 TV, MP3/CD 플레이어, 멀티미디어 PC와 같은 멀티미디어 장치간의 고속 통신을 위한 표준이다. QoS를 가능하게 하기 위해서

이 표준은 Guaranteed Time Slot(GTS) 개념을 정의하고 있다. 지원되는 데이터 속도는 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 변조의 경우 11Mbps, 64-QAM(64 Quadrature Amplitude Modulation) 변조의 경우 55Mbps 속도까지 여러 단계의 속도를 정의하였다.

IEEE 802.15.4 표준은 저속의 WPAN 기술로서, Bluetooth의 속도보다 저속(20~25kbps)의 무선 통신을 위한 표준이다. 이는 배터리를 사용하는 센서 노드 등을 고려한 것으로서, 10m 이하의 좁은 영역에서 저비용으로 간단한 통신을 지원한다. 주요 응용 분야로는 화학 공정, 비상시를 위한 감지 시스템, 지능형 교통 시스템, 보안 시스템, 홈 자동화 등 무선 센서를 사용하는 다양한 응용 분야를 들 수 있다.

이렇듯 다양하게 공존하는 WPAN을 연동할 수 있기 위해서는 통합 프레임워크가 필요하다. 이에 대한 기술 요구 사항 및 핵심 기술 요소는 다음과 같다.

### 3.2 기술 요구 사항

무선네트워크 통합 프레임워크의 기술 요구 사항을 여러 측면에서 정리하면 다음과 같다. 먼저, 사용자 관점에서, 사용자는 다중 접속 모드를 지원하는 단일 단말기를 통해 다양한 무선네트워크에 접속 가능해야 하며, 현재의 위치에서 사용 가능한 무선네트워크의 구성, 장치 및 서비스에 대한 정보를 제공 받을 수 있어야 한다. 다음으로 단말기 관점에서는 기본적으로 다양한 무선네트워크의 접속 인터페이스와 이를 구동할 수 있는 드라이버가 구비되어 있어야 한다. 또한 다른 무선네트워크를 쉽게 추가할 수 있도록 확장을 고려하여 모듈을 구성한다. 마지막으로 서비스 관점에서는 무선네트워크의공통적인 공통 서비스를 기본적으로 지원하면서 각 무선네트워크에 특화된 서비스를 쉽게 수정, 추가할 수 있도록 지원하기 위해 설계시부터 재사용성과 확장성을 높일 수 있는 모듈을 구성한다.

### 3.3 핵심 기술 요소

무선네트워크 통합 프레임워크를 실현하기 위해 필요한 핵심 기술 요소는 다음과 같다. 첫째, 물리적 통신 인터페이스의 정합으로서, 듀얼모드 이상의 물리적 통신 인터페이스를 통합하는 것이다. 둘째, 다중 인터페이스를 단일 인터페이스로 추상화하는 것으로서, 이를 통해 사용자는 다중 인터페이스와 무관하게 서비스 관점으로만 접근할 수 있게 된다.

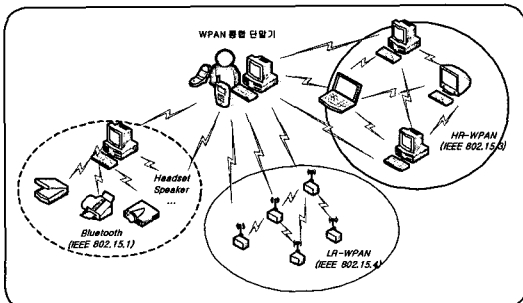


그림 1. WPAN 통합 네트워크 환경

셋째, 서비스 요청에 따라 자동으로 물리적 무선 통신 방법 결정해주는 것이다. 넷째, 망 접속 기능으로서, 사용자 서비스 요청에 따라 이에 적합한 무선 네트워크에 연결 설정/해제하는 기능을 수행하는 것이다. 다섯째, 현재 가용 장치 및 서비스 목록을 관리하는 것으로서, 현재 사용자의 위치에서 사용 가능한 주변 무선네트워크에 대한 정보와 서비스 목록을 조회하여 제공하는 것이다.

#### IV. WPAN 통합 프레임워크

##### 4.1 구조설계

기술 요구 사항을 고려한 WPAN 통합 프레임워크의 구조는 그림 2와 같다.

모듈화 설계의 장점을 살리기 위해 WPAN 통합 프레임워크(WPIF: Wireless PAN Integration Framework)는 그림 2에서 보는 바와 같이 계층 구조를 기반으로 한다. 본 논문에서는 ALL-IP 네트워크를 고려하였으므로, 커널 레벨에서 TCP/IP 프로토콜 스택을 사용하였다. 이를 기반으로 WPIF는 5개의 추가 모듈을 포함하는데, 추가 모듈로는 WPAN\_SAP 모듈, Network Adaptor 모듈(내부에 NIB 포함), TLME 모듈, ILME 모듈, SAP\_Adaptor 모듈이 있다.

사용자 레벨에서, WPAN\_SAP 모듈은 사용자가 다양한 WPAN 장치에 자유롭게 접근할 수 있는 인터페이스를 제공한다. 즉, 이 모듈은 하부의 여러 WPAN에서 제공하는 SAP에 접근할 수 있는 공통

의 추상화 인터페이스를 제공한다. 사용자가 WPAN\_SAP의 Primitive 중의 하나를 호출하면, Network Adaptor 모듈이 내부적으로 대상 장치에 대한 WPAN 연결 방식을 결정해준다. Network Adaptor 모듈은 현재 사용자가 위치하고 지점을 기준으로 무선 전파가 닿는 영역 내의 사용 가능한 네트워크와 장치들에 대한 정보를 알고 있다. 이 정보는 사용자가 이동하는 경우, 이를 감지하여 업데이트된다. Network Adaptor 모듈이 관리하는 이 정보는 NIB라는 정보 저장소에 저장되는데, TLME 모듈, ILME 모듈, SAP\_Adaptor 모듈에서 필요시 해당 정보를 업데이트한다. 예를 들어 ILME 모듈은 Mobile IP 프로토콜로부터 이동 감지를 통보 받고, 새로운 조정자(Coordinator)와 주소 정보를 받아서 NIB를 업데이트한다.

커널 레벨에서, TLME 모듈과 ILME 모듈은 각각 전송 계층과 IP 계층이 WPIF와 상호 연동될 수 있는 인터페이스 모듈이다. WPIF는 TLME 모듈로부터 세션 정보를 받을 수 있고, ILME 모듈을 통해 주소와 이동 감지 이벤트를 통보 받을 수 있다. SAP\_Adaptor 모듈은 WPAN\_SAP 모듈을 통해 받은 사용자 요청을 해당하는 WPAN의 SAP로 맵핑해주는 역할을 담당한다. 이를 위해 SAP\_Adaptor 모듈은 맵핑에 대한 결정을 하기 위해 Network Adaptor 모듈과 통신한다.

MAC/PHY 레벨에서는 Bluetooth, WiMedia, ZigBee의 SAP가 존재하는데, 이를 통해서 각 장치와 통신할 수 있다. 다음 절부터는 각 모듈에 대해 상세히 설명한다.

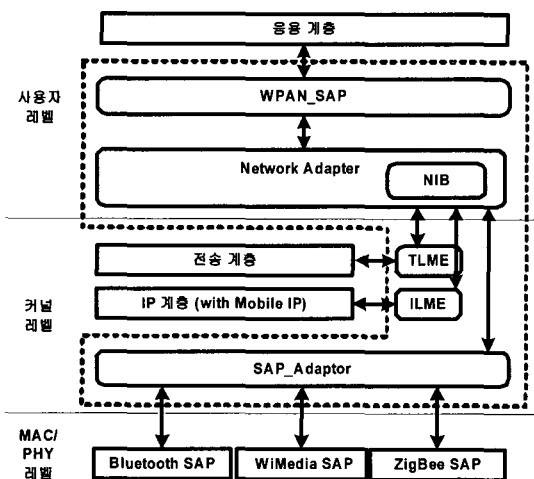
##### 4.2 구성요소

###### 4.2.1 Network Adaptor 모듈

Network Adaptor 모듈은 대상 장치와의 통신에서 사용할 WPAN 연결 방식을 결정해준다.

NIB가 포함하는 정보는 WPAN 장치와 서비스에 대한 정보로서, 정리하면 다음과 같다.

- WPAN 프로파일: 이 정보는 사용자의 현재 위치에서 무선 전파로 도달 가능한 WPAN 피코넷에 대한 정보이다. 이는 전파 레벨, 조정자의 식별자, 스캔 간격, 피코넷 설명 등을 포함한다.
- WPAN 선호도 프로파일: 이 정보는 WPAN 연결 방식을 결정해주기 위해 참조되는 정보로서, 사용자의 선호도를 표현한 것이다. 여러 연결 방식이 존재하는 경우, 선호하는 순위에 따르거나 전파 레벨이 강한 순서를 따를 수 있다.



- WPAN\_SAP: Wireless Personal Area Network Service Access Point
- NIB: Network Information Base
- TLME: Transport Layer Management Entity
- ILME: Internet Layer Management Entity

그림 2. WPAN 통합 프레임워크

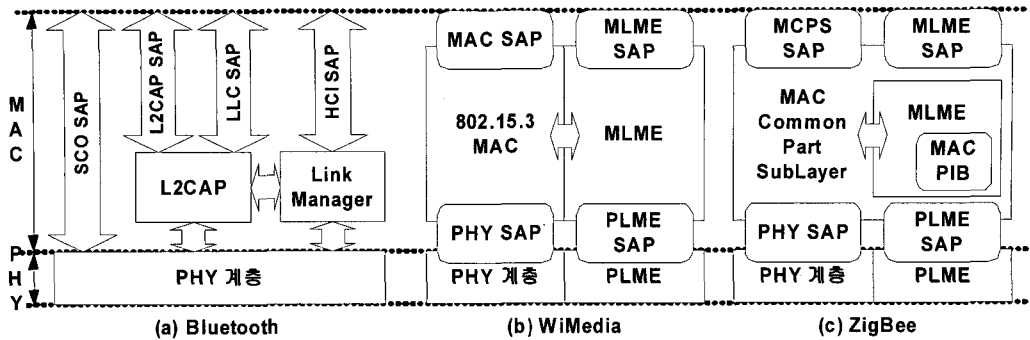


그림 3. WPAN MAC/PHY 계층 구조

- 장치 프로파일: 이는 각 장치에 대한 상세한 정보를 담고 있는데, WPAN 연결 방식, 장치 형태, 용량, 서비스 등의 내용을 포함한다.
- 서비스 프로파일: 이 정보는 각 장치에서 제공할 수 있는 서비스 목록을 담고 있는데, 이는 주기적으로 조회되거나 사용자의 이동과 같은 이벤트에 의해 업데이트된다. 이 프로파일을 통해 WPIF는 사용자가 현재 위치에서 사용할 수 있는 서비스를 파악할 수 있도록 알려줄 수 있다.
- 주소 맵핑 테이블: 상위 계층의 관점에서는 IP 주소를 기반으로 한 주소 체계를 가지고 있지만, 하위 계층의 관점에서는 각각 WPAN에서 정의하는 자체적인 주소 체계를 가진다. 따라서 이들 간의 맵핑을 해줄 수 있는 정보가 필요하며, 이 정보가 주소 맵핑 테이블에 저장된다.

#### 4.2.2 SAP\_Adaptor 모듈

사용자는 대상 장치와 통신하기 위해 WPAN\_SAP 모듈의 Primitive를 호출한다. 예를 들면, 사용자가 대상 장치로 데이터를 전송하고자 하면, 대상 장치가 어떠한 WPAN 통신 방식을 사용하는지와 무관하게 항상 “WP\_DataTransferSAP”라는 Primitive를 호출한다(상세 내용은 4.4절 참조). 그리고 대상 장치의 WPAN 통신 방식은 Network Adaptor 모듈에서 결정해준다. 그리고 나서 SAP\_Adaptor 모듈은 이 요청을 해당하는 WPAN의 SAP를 호출해준다.

WPAN\_SAP 모듈로부터 전달된 요청이 각 WPAN의 SAP로 적용되는 것을 설명하기 위해, 먼저 각 표준에서 정의하고 있는 각 WPAN의 SAP에 대해 살펴본다.

그림 3에서 보는 바와 같이 Bluetooth의 경우, WiMedia나 ZigBee에 비해 보다 복잡한 MAC 구조를 가지는 것을 알 수 있다. Bluetooth의 MAC 계

층에서는 4개의 SAP(SAP: Service Access Point)가 존재한다. SCO SAP는 연결형 링크에 대한 접근을 제공하고, L2CAP SAP는 링크 제어 및 처리 능력 조회 등을 제공한다. 그리고 LLC SAP는 상위 계층으로 LLC가 주어졌을 때 프로토콜 데이터를 계층 간에 전달하기 위한 인터페이스를 제공한다. 또한 HCI SAP는 호스트를 제어하고 링크 관리에 필요한 물리적인 정보를 조회하거나 변경할 수 있는 인터페이스를 제공한다. L2CAP SAP의 예를 들면, 서버인 경우와 클라이언트인 경우 primitive가 구분된다.

다음으로 WiMedia의 서비스 인터페이스 구조를 살펴보면 기본적으로 PHY 계층, MAC 계층을 포함한다. 그리고 장치 관리를 위한 계층 관리 영역을 포함하는데, MAC 계층에서는 MAC 계층 관리 객체인 MLME(MAC Layer Management Entity) 계층과 이를 위한 MLME SAP 인터페이스를 제공한다. 또한 PHY 계층에 대해서는 PHY 계층 관리 객체인 PLME(PHY Layer Management Entity) 계층과 PLME SAP 인터페이스를 정의하고 있다. ZigBee는 WiMedia와 동일한 구조를 가진다.

상위 계층에서 각각의 MAC에서 제공하는 서비스를 사용하기 위해서 필요한 SAP의 세부 Primitive들은 표 1과 부록의 표 A에서 제시하는 바와 같이 공통적으로 존재하는 Primitive도 있고, 특정 WPAN에만 해당하는 Primitive도 있다.

예를 들어, 데이터 읽기와 쓰기에 대해서는 블루투스의 경우, 데이터를 쓰고 응답을 받기 위한 L2CA\_DataWrite(응답: L2CA\_DataWriteRsp)와 데이터를 읽고 응답을 받기 위한 L2CA\_DataRead(응답: L2CA\_DataReadRsp) Primitive가 있다. 그리고 WiMedia의 경우, Asynchronous 데이터를 읽고 쓰기 위한 MAC-ASYNC-DATA와 Isochronous 데이터를 읽고 쓰기 위한 MAC-ISOCH-DATA Primitive

표 1. WPAN SAP 비교표(요약)  
(√ 표시는 기능에 해당하는 SAP가 지원됨을 의미)

기능	802.15.1	802.15.3	802.15.4
연결설정	√		
스트림관리		√	√
리셋 및 설정	√	√	√
연결해제	√		
데이터쓰기	√	√	√
데이터읽기	√	√	√
스캔	√	√	√
정보조회/알림	√	√	√
동기화	√	√	√
전력관리	√	√	
보안	√	√	

가 있다. 또한 ZigBee의 경우, 데이터를 쓰기 위한 MCPS-DATA와 트랜잭션 큐에 저장된 데이터를 상위 계층에서 읽어 가기 위한 MCPS-PURGE Primitive가 있다.

그리고 공통적으로 존재하는 Primitive의 경우에도 입출력 속성들을 세부적으로 살펴보면 다른 부분들이 있다. Bluetooth Primitive에서 사용하는 매개변수는 다음과 같다.

- CID : 통신 채널의 로컬 Endpoint를 나타내는 채널 식별자
- Length : 전송될 데이터나 수신된 데이터가 저장되는 버퍼의 크기(단위: 옥텟)
- OutBuffer : 송신 데이터가 저장되는 버퍼의 주소
- InBuffer : 수신 데이터가 저장되는 버퍼의 주소
- Size : 전송된 데이터의 바이트 수
- Result : 처리 결과

다음으로 WiMedia Primitive에서 사용하는 매개변수는 다음과 같다.

- TrgtID : 요청을 받아들이는 장치의 식별자
- OrigID : 요청을 하는 장치의 식별자
- Priority : 데이터의 우선 순위(0-7)
- ACKPolicy : ACK 정책
  - IMM\_ACK : 수신시 각각에 대해 즉시 응답
  - NO\_ACK : 응답하지 않음
  - DLY\_ACK : 수신 버퍼가 일정 크기까지 차게 되면 그 때에 응답
- StreamIndex : 이 데이터가 전송되는 스트림의 식별자
- TransmissionTimeout : 데이터가 성공적으로 전송되도록 요구되는 최대시간(단위: 밀리초)

- Length : 전체 길이(단위: 옥텟)
- Data : 데이터 길이
- ResultCode : 요청에 대한 결과를 표시 (SUCCESS, TX\_TIMEOUT, DLY\_ACK\_FAILED, INVALID\_ACK\_POLICY, INVALID\_STREAM)

끝으로 ZigBee Primitive에서 사용하는 매개변수는 다음과 같다.

- SrcAddrMode : 송신지 주소 형식(0x02: 16비트의 short 주소 / 0x03: 64비트의 extended 주소)
- SrcPANId : 전송하는 장치의 16비트 PAN 식별자
- SrcAddr : 전송하는 장치의 장치 주소
- DstAddrMode : 수신지 주소 형식
- DstPANId : 수신하는 장치의 16비트 PAN 식별자
- DstAddr : 수신하는 장치의 장치 주소
- msduLength : 전송 또는 수신되는 데이터의 길이(단위: 옥텟)
- msdu : 전송 또는 수신되는 데이터
- msduHandle : 전송 또는 수신 데이터에 대한 핸들
- TxOptions : 전송옵션(0x01: 응답되는 전송 / 0x02: GTS 전송 / 0x04: 간접 전송 / 0x08: 보안이 가능한 전송)
- status : 처리 결과

이렇듯 각각의 WPAN은 서로 다른 특성과 응용영역을 가지며, 이에 따라 서로 다른 서비스 접근점을 가지므로 이들을 공통적인 방식으로 접근하기 위해서는 이러한 서비스 접근점의 규격을 포함하며 추상화할 수 있는 계층이 필요하다. 이를 위한 모듈이 WPAN\_SAP 모듈이다.

#### 4.2.3 WPAN\_SAP 모듈

WPAN\_SAP 모듈은 다음에 제시한 14개의 기본 Primitive를 응용 계층에 제공한다.

- Connection primitive : 이는 연결 설정 요청, 연결 설정 수락, 연결 설정 요청의 응답, 상대방으로부터의 연결 요청 알림, 연결 수락 타임아웃 등 연결 요청과 설정에 필요한 세부 primitive를 포함하는 대표 primitive이다. 연결 확인과 연결 응답은 긍정의 응답과 부정의 응답이 가능하다.
- Disconnection primitive : 이는 연결 해제와 관

련된 대표 primitive로서, 연결 해제 요청, 연결 해제 수락, 연결 해제 요청의 응답, 상대방으로부터의 연결 해제 알림을 포함한다.

- **Configuration primitive** : 이는 환경 설정에 대한 요청, 확인, 응답 등을 포함할 뿐만 아니라 장치를 초기화하는 기능도 포함한다.
- **DataTransfer primitive** : 이는 데이터를 송신하고 수신하는 기능을 위한 primitive로서, 각 WPAN마다 내부적으로는 다른 전송 모드를 지원한다.
- **Scan primitive** : 이는 무선 채널에 대한 로컬 스캔과 원격 스캔을 지원한다. 더불어 Bluetooth의 경우, 이를 통해 스캔 모드, 스캔 간격, 스캔 단계에 대한 설정 값을 읽거나 변경할 수 있다.
- **Information primitive** : 이는 정보를 조회하거나 알려주는 것과 관련된 기능들을 포함한 대표 primitive로서, 정보 조회의 경우, 이 primitive를 통해 원격 대상의 이름, 피코넷 정보, 서비스 목록, 응용 관련 정보 등을 조회할 수 있다.
- **Synchronization primitive** : Bluetooth의 경우, 이는 Piconet 조정자와의 클럭 차이를 읽을 수 있는 기능을 제공한다. 그리고 WiMedia와 ZigBee의 경우, 이는 조정자와 동기를 맞추는 절차를 관할하며, 동기화 손실시 이를 알려 준다.
- **PowerManagement primitive** : 이는 전력 소모를 줄이기 위한 일련의 세부 기능들을 포함하는 대표 primitive이다. 여기에는 전송 전력 값을 읽거나 변경할 수 있는 기능을 포함하며,

여러 가지 전력 절약 모드를 관리한다.

- **Security primitive** : 이는 보안 기능과 관련된 것으로서, 키 관리, 메시지 암호화, 인증, 권한 검증 등의 보안 관련 세부 기능들을 포함한다.
- **EventHandler primitive** : 이는 이벤트와 관련된 모든 기능을 포함한 것으로서, 주요 역할로는 상대방으로부터의 이벤트를 수집하고, 이를 WPIF에 알려주는 것이다.
- **Piconet primitive** : 이는 피코넷의 생성부터 해제까지 피코넷의 생명주기를 관할한다.
- **Association primitive** : 이는 장치가 피코넷에 Association 되는 것과 Disassociation 되는 것을 담당한다.
- **ChannelManagement primitive** : 이는 여러 장치간에 설정된 통신 채널을 관리한다.

이러한 primitive들은 WPAN\_SAP 모듈의 클래스인 CWPAN\_SAP\_APIs 클래스의 메소드로서 그림 4와 같이 14개의 API 메소드로 정의된다.

그림 4에서 보는 바와 같이 기본 primitive는 동일한 형태의 prototype을 가진다. 첫번째 입력 변수는 NET\_TYPE으로서, Network Adaptor 모듈에 의해 결정된 WPAN 통신 방식을 지정하는 것이다.

WPAN의 종류와 무관하게 상위 계층에서 동일한 방식으로 접근할 수 있게 하기 위해서 본 논문에서는 다음과 같은 방식으로 메소드의 형식을 정하였다. 메소드의 호출시 사용되는 정보와 처리 결과로 리턴되는 정보는 정보만을 담고 있으므로 클래스로 정의하지 않고, 간단히 구조체로 정의하였다.

```
enum NET_TYPE {BLUETOOTH, WIMEDIA, ZIGBEE};
class CWPAN_SAP_APIs
{
    uint_2octets WP_ConnectionReq (NET_TYPE net_type, CONNECTION_PARAM_PTR param);
    uint_2octets WP_StreamReq (NET_TYPE net_type, STREAM_PARAM_PTR param);
    uint_2octets WP_DisconnectionReq (NET_TYPE net_type, DISCONNECTION_PARAM_PTR param);
    uint_2octets WP_ConfigureReq (NET_TYPE net_type, CONFIG_PARAM_PTR param);
    uint_2octets WP_DataTransferReq (NET_TYPE net_type, DATA_TRANSFER_PARAM_PTR param);
    uint_2octets WP_ScanReq (NET_TYPE net_type, SCAN_PARAM_PTR param);
    uint_2octets WP_InformationReq (NET_TYPE net_type, INFORMATION_PARAM_PTR param);
    uint_2octets WP_SynchronizationReq (NET_TYPE net_type, SYNCHRONIZATION_PARAM_PTR param);
    uint_2octets WP_PowerManagementReq (NET_TYPE net_type, POWER_MANAGEMENT_PARAM_PTR param);
    uint_2octets WP_SecurityReq (NET_TYPE net_type, SECURITY_PARAM_PTR param);
    uint_2octets WP_EventHandlerReq (NET_TYPE net_type, EVENT_HANDLER_PARAM_PTR param);
    uint_2octets WP_PiconetReq (NET_TYPE net_type, PICONET_PARAM_PTR param);
    uint_2octets WP_AssociationReq (NET_TYPE net_type, ASSOCIATION_PARAM_PTR param);
    uint_2octets WP_ChannelManagementReq (NET_TYPE net_type, CHANNEL_MANAGEMENT_PARAM_PTR param);
};
```

그림 4. WPAN\_SAP\_APIs 클래스의 API Prototype 정의

```
#define uint_1octet    unsigned char
#define uint_2octets  unsigned int
typedef struct
{
    uint_2octets      PSM;
    uint_6octets      BD_ADDR;
    uint_1octet       Identifier;
    uint_2octets      LCID;
    uint_2octets      Result;
    uint_2octets      Status;
    uint_2octets      Packet_Type;
    uint_1octet       Page_Scan_Repetition_Mode;
    uint_1octet       Page_Scan_Mode;
    uint_2octets      Clock_Offset;
    uint_1octet       Allow_Role_Switch;
    uint_2octets      Connection_Handle;
    uint_1octet       Role;
    uint_2octets      Conn_Accepted_Timeout;
} CONNECTION_PARAM, *CONNECTION_PARAM_PTR;
```

그림 5. Connection API의 입출력을 위한 구조체 정의

이 구조체는 하위의 여러 WPAN의 해당 SAP에서 필요한 정보를 모두 포함한 것으로서, WPAN의 종류에 따라 활성화되어 사용되는 요소들이 다르다. API 호출시 해당 구조체의 구성 요소 중에서 해당하는 요소에만 값을 설정하여 호출하고, API는 이 요소만을 사용하여 필요한 메시지를 전송한다. WPIF는 여러 WPAN 인터페이스를 포함한 휴대용 단말에서도 사용될 수 있으므로, 메모리 사용을 최소화하기 위해 유사한 요소들은 통합하거나 필요한 만큼만 할당하도록 하였다.

각 API는 서로 다른 속성 값을 가지는 유사한 구조로 되어 있으므로, 여기서는 한 예로 Connection API에 대한 상세 설계 내용을 설명한다. Connection primitive의 입출력 변수는 그림 5와 같이 정의된다.

그림 5의 구조체에서 사용되는 변수들은 표 2와 같이 정의된다. 이러한 요소들은 필요에 따라 입력 또는 출력 변수로 설정해서 사용할 수 있다.

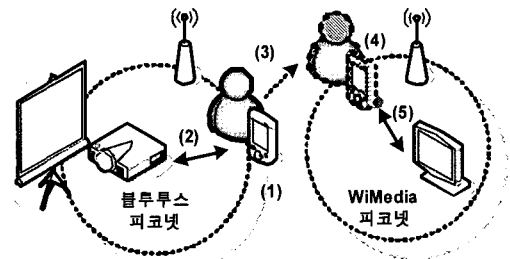
4.2.4 TLME/ILME 모듈

TLME 모듈은 사용자 장치와 대상 장치 사이에 생성되는 세션에 대한 정보를 관리한다. 이는 세션 식별자, 세션의 현재 상태, 관련 타임아웃 설정 등을 포함한다. ILME 모듈은 주소 설정과 주소 맵핑을 관리한다. 더불어 사용자의 이동이 Mobile IP 프로토콜을 통해 통보되면, 사용자 이동 이벤트와 새로운 주소를 WPIF에 알려준다. 충분한 주소 공간과 확장성을 고려한다면, IPv6 프로토콜을 사용할 수 있다.

V. 에뮬레이션 테스트

에뮬레이션에 있어서는 기본적으로 구현된 프레임워크를 테스트해볼 수 있도록 주요한 API를 대상으로 다음과 같은 3가지 시나리오를 테스트하였다. 그림 6은 각 시나리오와 실행 로그를 표시한 것이다.

그림 6의 첫번째 시나리오는 연결 설정, 데이터 전송, 단말 이동의 경우를 테스트하기 위한 것으로서 동작 원리는 다음과 같다. 여기서는 블루투스 장치와 통신하다가 이동 후 동일한 기능을 제공하는 WiMedia 장치와 통신하는 경우를 예로 들고자 한다. 일단 WPAN 통합 단말이 블루투스 오디오 장치와 연결을 설정하는데, 이 때 Connection API를 호출하고, 이에 내부적으로 블루투스에 해당하는



```
----- 시나리오 (1) -----
----- Connection API -----
(M) 연결설정 요청 (Bluetooth)
(B) PSM 값: 0003
(B) 장치주소: 000096d20000

----- Data Transfer API -----
(M) 데이터 송신 (Bluetooth)
(B) 송신한 데이터: SEND: "TEST DATA"
(B) 송신한 데이터(길이): 9

----- Data Transfer API -----
(M) 데이터 수신 (Bluetooth)
(B) 수신한 데이터: SEND: "TEST DATA"
(B) 수신한 데이터(길이): 9

(M) Isochronous 데이터 송신(WiMedia)
(W) Stream Index: 1234
(W) Immediate ACK Policy
(W) 전송 타임아웃: 65535
(W) 송신한 데이터: "Isochronous Data Test"
(W) 송신한 데이터(길이): 21
(W) 송신에 대한 ACK 수신함

(M) Isochronous 데이터 수신(WiMedia)
(W) 수신한 데이터: "Isochronous Data Test"
(W) 수신한 데이터(길이): 21
```

그림 6. 에뮬레이션 시나리오 및 실행 로그 (1)



표 2. Connection API의 변수 (길이 단위: 옥텟)

변수	길이	설명
PSM	2	연결 대상에 대한 Protocol Service Multiplexer
BD_ADDR	6	연결 대상의 식별 주소
Identifier	1	요청과 응답을 일치시키는 식별자
LCID	2	통신 채널의 로컬 채널 식별자
Response	2	0x0000-연결설정 성공 0x0001-연결이 Pending 상태 0x0002-연결설정 거절됨 (PSM 지원안됨) 0x0003-연결설정 거절됨 (보안상의 이유) 0xEEEE-연결설정 타임아웃 나머지-기타 연결설정 응답
Status	2	0x0000-상세정보없음 0x0001-거절이유-인증이 Pending 0x0002-거절이유-보안 문제 나머지-기타 다른 상태 코드
Packet_Type	2	패킷 형식 0x0008-중간속도, 타임슬롯 1개 0x0010-높은속도, 타임슬롯 1개 0x0400-중간속도, 타임슬롯 3개 0x0800-높은속도, 타임슬롯 3개 0x4000-중간속도, 타임슬롯 5개 0x8000-높은속도, 타임슬롯 5개 나머지값은 예약됨.
Page_Scan_Repetition_Mode	1	Page Scan 반복 모드 0x00-지속적 0x01->스캔 간격이 1.28초 이하 0x02->스캔 간격이 2.56초 이하 나머지값은 예약됨
Page_Scan_Mode	1	Page Scan 모드 0x00-필수 Page Scan 모드 0x00-선택 Page Scan I 모드 0x00-선택 Page Scan II 모드 0x00-선택 Page Scan III 모드 나머지값은 예약됨
Clock_Offset	2	마스터와 슬레이브 간의 클럭 차이
Allow_Role_Switch	1	0x00-역할 변경안됨. 0x01-마스터->슬레이브로 변경 가능
Connection_Handle	2	연결에 대한 핸들값
Role	1	마스터(0x00), 슬레이브(0x01)
Conn_Accept_Timeout	2	연결 수락 타임아웃 값

L2CA\_ConnectReq Primitive가 호출된다(1). 그리고 오디오 데이터를 송수신하기 위해서 DataTransfer API를 호출하는데, 이에 내부적으로 블루투스에 해당하는 L2CA\_DataWrite와 L2CA\_DataRead Primitive가 호출된다(2). 이렇게 통신을 하는 중에 사용자는 WPAN 통합 단말을 들고 다른 장소로 이동하게 되는데, 이로써 더 이상 블루투스 장치와 통신할 수 없는 경우를 고려한다(3). 사용자가 이동한 장소에는 WiMedia 피코넷이 구성되어 있으며, 그 네트워크 내에 WiMedia 오디오 장치가 존재하고 있다. 단말이 이동하게 되면 Mobile IPv6 계층에서 움직임을 감지하고, 이에 WPAN 통합 단말은 주변의

무선 통신 환경을 파악하기 위해 사용 가능한 장치와 서비스를 조회하고, 오디오 기능을 제공하는 WiMedia 장치를 발견한다(4). 그리고 WiMedia 장치와는 별도의 연결 설정 없이 바로 데이터 송수신을 수행한다. 이는 DataTransfer API의 ISOCH\_DATA\_WRITE와 ISOCH\_DATA\_READ Primitive를 통해 이루어진다(5).

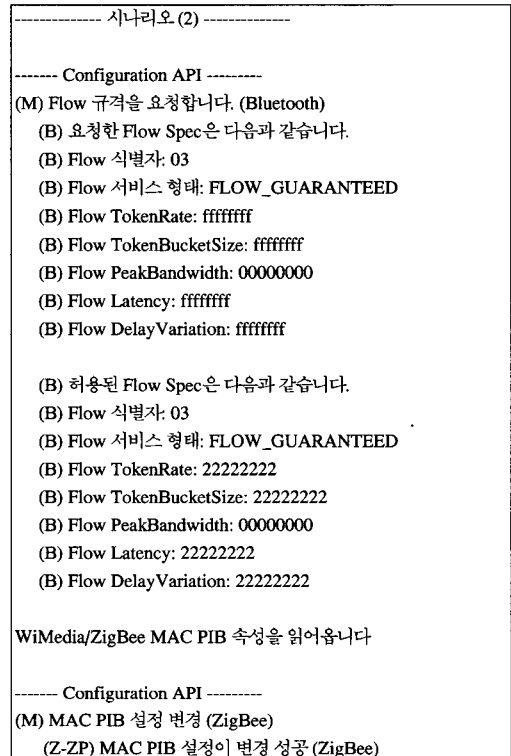
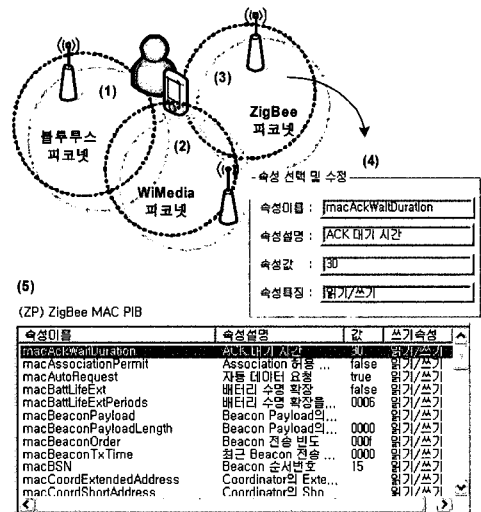


그림 7. 에뮬레이션 시나리오 및 실행 로그 (2)

그림 7의 두번째 시나리오는 환경 설정에 대한 것으로서, 블루투스, WiMedia, ZigBee의 프로토콜 동작 환경 설정을 각각 테스트하는 것이다. 세 가지 모두 Configuration API를 호출하게 되지만 내부적으로 호출되는 Primitive와 환경 설정 정보가 다르다. 먼저, 블루투스의 경우 대상 장치와의 Flow에 대한 규격이 환경 설정 정보로서, 그림 에서 보는 바와 같이 Flow의 식별자, 서비스 형태, 토큰 크기, 최대 대역폭, 지연시간, 지연편차 등의 정보가 포함된다(1). 다음으로 WiMedia와 ZigBee의 경우는 각각 MAC PIB의 속성을 읽어 오고 변경하는 방식으로 동작하는데 동작 방식은 동일하나 속성에 있어서 차이가 있다(2, 3). 속성의 값을 읽어오는 경우 Configuration API가 호출되며, 해당 WPAN의 MLME\_GET Primitive가 호출된다. 속성 변경을 테스트하기 위해서 에뮬레이터 화면에 표시된 ZigBee MAC PIB 속성 중에서 macAckWaitDuration 속성을 선택한 후 기본값 55를 30으로 변경한다(4). 속성 값을 설정하는 경우 Configuration API가 호출되며, 해당 WPAN의 MLME\_SET Primitive가 호출된다. 변경된 결과가 화면에 보여진다(5).

그림 8의 세번째 시나리오는 동기화 테스트에 관한 것으로서, 사용자가 ZigBee 피코넷과 동기화되어 있다가 동기가 손실되었다는 이벤트 통지를 받

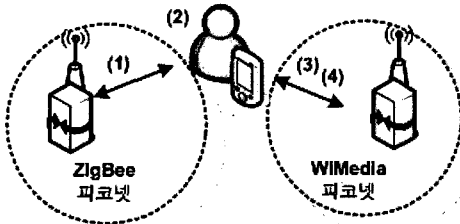
은 후 WiMedia 피코넷과 동기화를 시도하는 절차를 담고 있다. 동기화를 위해서는 Synchronization API가 호출되는 것은 동일하나 하위 계층에서 호출되는 서비스 Primitive는 WPAN의 종류에 따라 달라진다. 처음 ZigBee 피코넷과 동기화 되어 있을 때에는 Synchronization API가 호출되면 ZigBee의 동기화 Primitive인 MLME\_SYNC Primitive가 호출되며(1), 이후 동기화가 손실되면 MLME\_SYNC\_LOSS\_IND Primitive가 호출되어 WPIF는 다른 네트워크와의 동기화를 위해 주변의 피코넷과 무선 채널을 스캔한다(2). WiMedia 네트워크의 Coordinator와의 동기화를 위해 역시 Synchronization API가 호출되며, 이때에는 WiMedia의 동기화 Primitive인 MLME\_SYNCH Primitive가 호출된다(3). 이 시도에서 동기화가 실패하면 다시 재시도 해본다. 동기화가 성공한 경우 무선 통합 단말은 피코넷에 대한 식별자, 설명, 채널 스캔 간격 등에 대한 내용을 얻게 된다(4).

이와 같이 공통 API를 테스트했으며, 이외의 API와 여러 시나리오에 대한 WPAN 통합 프레임워크의 검증은 지속적으로 이루어진다.

## VI. 결론

유비쿼터스 환경을 위해 무선 네트워크가 진화하는 과정에서 서비스의 특성이나 사용자 요구사항에 따른 다양한 무선 통신 요구사항을 만족하기 위해 다양한 무선 네트워크가 혼재하게 되었다. 이러한 네트워크 환경에서 이들 네트워크를 원활하게 연동할 수 있는 방안에 대한 연구가 진행되고 있으나 주로 핸드오버나 물리적인 연동에 대한 내용들이다. 이에 본 논문에서는 무선 네트워크 연동시 필요한 프레임워크를 개념적으로 설계하고, 이를 기반으로 하여 이중 WPAN 간의 연동을 위한 통합 프레임워크를 설계하였다. 그리고 이를 소프트웨어로 구현한 후 시나리오별로 에뮬레이션을 수행함으로써 통합 프레임워크의 기능 요구사항을 검증하였다.

향후 과제로는 에뮬레이터를 개선하는 것으로서, 원하는 시나리오대로 쉽게 구성할 수 있게 하는 시나리오 편집 기능을 추가하는 것을 생각할 수 있으며, 실제 실행 환경과 유사하게 내부 동작 상세화하도록 하는 것이다. 궁극적으로는 여러 WPAN을 지원하는 다중 모드 하드웨어 단말을 구비하고, 통합 프레임워크가 다중 모드 하드웨어 단말에서 동작하게 하는 것이다.



----- 시나리오 (3) -----
----- Synchronization API -----
(M) 동기화 요청 (ZigBee)
(Z) 논리채널 번호: 2
(Z) Beacon Tracking 활성화 모드
--- Beacon을 수신하지 못해 동기화 손실 발생
(M) 동기화 요청(WiMedia)
(W) 동기화 실패.. 재시도합니다.
(M) 동기화 요청(WiMedia)
(W) 동기화에 성공했습니다.
(W) 피코넷 식별자(16진수): 3235
(W) 피코넷 설명: 거실 네트워크
(W) 채널스캔 간격: 40 ms

그림 8. 에뮬레이션 시나리오 및 실행 로그 (3)

참 고 문 헌

[1] Jun-Zhao Sun; Riekkki, J.; Jurmu, M.; Sauvola, J., "Adaptive connectivity management middle-ware for heterogeneous wireless networks", *IEEE Wireless Communications*, Vol. 12, Issue 6, pp. 18 ~ 25, 2005년 12월.

[2] 정은주, 박상준, 이해원, 김재하, 김병기, "HMIPv6 기반의 UMTS/WLAN 연동 네트워크에서의 핸드오버 방안", *한국정보과학회 논문지*, 제 32권, 제 4호, pp. 508 ~ 514, 2005년 8월.

[3] 이진백, 이현우, 류원, 조진성, "WiBro와 이기종 무선네트워크 연동 및 고속 핸드오프 방안", *한국컴퓨터종합학술대회 발표논문집*, 한국정보과학회, pp. 472 ~ 474, 2005년 7월.

[4] 석용호, 최낙중, 최양희, "3G 네트워크와 무선랜 사이 계층적 핸드오프의 네트워크 인터페이스 선택 알고리즘", *한국정보과학회 논문지*, 제 32권, 제 2호, pp. 203 ~ 214, 2005년 4월.

[5] 남진우, 김원태, 박용진, "차세대 유무선통합망에서의 QoS보장형 단말이동성 지원 통신 미들웨어 플랫폼 설계 및 개발", *한국정보과학회 봄학술발표논문집 (C)*, pp. 632 ~ 634, 2003년 4월.

[6] 이완연, 박찬영, "무선 LAN과 이동통신망을 연동하는 통합 시스템에서의 과금 방안", *한국정보과학회 논문지*, 제 31권, 제 1호, pp. 53 ~ 61, 2004년 2월.

[7] 김동원, 이혁준, "블루투스 - 무선랜 통합 애드혹 망을 위한 라우팅 프로토콜", *한국정보과학회 가을학술발표논문집(III)*, pp. 535 ~ 537, 2002년 10월.

[8] LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society, *Part 15.1: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs)*, pp. 1 ~ 1196, 2002년 5월.

[9] LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society, *Part 15.3: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)*, pp. 1 ~ 324, 2003년 9월.

[10] LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society, *Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)*, pp. 1 ~ 679, 2003년 10월.

공 인 업 (In-yeup Kong)



정회원

2000년 2월 부산대학교 컴퓨터 공학과 졸업  
 2002년 2월 부산대학교 컴퓨터 공학과 석사  
 2002년 3월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정  
 <관심분야> RFID/USN, 홈네트워크, IPv6

제 등 국 (Dong-guk Je)



정회원

1991년 2월 부산대학교 전산통계학과 졸업  
 2000년 2월 충남대학교 컴퓨터 과학과 석사  
 1991년~현재 한국전자통신연구원(TDX-ATM, 4G 무선통신 서비스 프로젝트)  
 <관심분야> 모바일 서비스 및 플랫폼

신 경 철 (Gyung-chul Sihm)



정회원

1986년 2월 경북대학교 전자공학 학과 졸업  
 2000년 2월 충남대학교 컴퓨터 공학과 석사  
 1986년~현재 한국전자통신연구원(TDX-1, TDX-10, ATM 스위치, CDMA, CDMA2000, W-CDMA 프로젝트)

<관심분야> 4G 서비스 및 통신 시스템

**김 대 식 (Dae-sik Kim)**

정회원



1980년 2월 경북대학교 전기공  
학과 졸업  
1987년 2월 청주대학교 전기공  
학과 석사  
2000년 2월 충북대학교 전기공  
학과 박사  
1980년~현재 한국전자통신연구

원(TDX, CDMA, ITM-2000 프로젝트)

1992년~1993년 NTT 컴퓨터네트워크연구실

<관심분야> 차세대무선모바일 시스템 및 서비스

**황 원 주 (Won-joo Hwang)**

정회원



1998년 2월 부산대학교 컴퓨터  
공학과 졸업  
2000년 2월 부산대학교 컴퓨터  
공학과 석사  
2002년 9월 일본 오사카대학  
정보시스템공학과 박사  
2002년 9월~현재 인제대학교  
정보통신공학과 조교수

<관심분야> 홈네트워크, 무선센서네트워크, 통신 최적  
화 이론

**부 록**

표 A. WPAN SAP 비교표 (상세)

(단, Bluetooth의 경우, 지면상의 제약을 고려하여 2CAP SAP만 제시하였음.)

기능	802.15.1	802.15.3	802.15.4
연결설정	L2CA_ConnectReq L2CA_ConnectCfm L2CA_ConnectCfmNeg L2CA_ConnectRsp L2CA_ConnectRspNeg L2CA_ConnectPnd L2CA_ConnectInd		
스트림관리		MLME-CREATE-STREAM MLME-MODIFY-STREAM MLME-MULTICAST-RX-SETUP MLME-TERMINATE-STREAM	MLME-GTS
리셋 및 설정	L2CA_ConfigReq L2CA_ConfigCfm L2CA_ConfigCfmNeg L2CA_ConfigRsp L2CA_ConfigRspNeg L2CA_ConfigInd	MLME-RESET	MLME-SET MLME-RESET MLME-RX-ENABLE
연결해제	L2CA_DisconnectReq L2CA_DisconnectCfm L2CA_DisconnectRsp L2CA_DisconnectInd		
데이터쓰기	L2CA_DataWrite L2CA_DataWriteRsp	MAC-ASYNC-DATA MAC-ISOCH-DATA	MCPS-DATA MCPS-PURGE
데이터읽기	L2CA_DataRead L2CA_DataReadRsp		
스캔	* HCI SAP에 존재	MLME-SCAN MLME-REMOTE-SCAN	MLME-SCAN
정보주회 및 정보알림	L2CA_InfoReq L2CA_InfoRsp	MLME-PNC-INFO MLME-PROBE MLME-PICONET-SERVICES MLME-ANNOUNCE MLME-CREATE-ASIE MLME-RECEIVE-ASIE	MLME-GET MLME-POLL
동기화	HCI_Read_Clock_Offset	MLME-SYNC	MLME-SYNC MLME-LOSS
전력 관리	* HCI SAP에 존재	MLME-TX-POWER-CHANGE MLME-PS-SET-INFORMATION MLME-SPS-CONFIGURE MLME-PM-MODE-CHANGE MLME-PM-MODE-ACTIVE	
보안	* HCI SAP에 존재	MLME-REQUEST-KEY MLME-DISTRIBUTE-KEY MLME-MEMBERSHIP-UPDATE MLME-SECURITY-ERROR MLME-SECURITY-MESSAGE MLME-SECURITY-INFO	