위치인식 저속[1] WPAN 표준화 동향

□ 이철효*, 김재영** / *한국전자통신연구원 차세대WPAN 연구팀 선임연구원, **한국전자통신연구원 차세대WPAN연구팀 팀장

1990년대 이후에 초고속통신이 보편화되고 이동통신이 발달함에 따라서 다양한 형태의 응용 서비스들이 등장하게 되었다. 이동통신과 같은 무선통신은 공간을 통한 전파 전송을 이용하므로 효용성이 높고 고속화를 지향하면서 다양한 기능을 제공하고 있다. 반면에 각종 센서들처럼 단순한 기능을 가지는 단말에서 수집된 데이터를 무선으로 전송하는 서비스 요구에 따라서 ZigBee와 같은 저속 데이터 통신방식의 필요성이 증대되었다. ZigBee는 저속 WPAN을 위한 PHY와 MAC의 기능을 표준화하도록 IEEE WPAN에 요청하여 IEEE 802.15.4 표준안이 제정되었다. 이후에 위치인식 기능을 요구하는 서비스들의 수요가 본격적으로 제기되면서 IEEE802.15.4a를 통한 위치인식 저속 WPAN 표준화가 시작되었다.

1. 서 론

현대 정보 통신은 크게 초고속 인터넷 통신망을 이용한 유선 통신과 이동통신을 기반으로 하는 무선통신으로 구분되는 두 가지 축으로 크게 발달하였다. 무선통신은 "Anytime, Anywhere, Anybody"의 구현을 위한 이동통신 분야를 중심으로 급격하게 성장하여 고속화, 다기능화 되고 있으며, 멀티미디어 전송을 위한 상업화가 활발히 이루어져서 일상 생활에서 분리될 수 없는 필수 통신 요소로 자리를 잡았다. 무선통신 분야는 이동통신 이외에도 많은 응용 분야를 가지고 있기 때문에 90년대 이후 Home RF, Wireless 1394, Bluetooth, Wi-Fi 등의 방식들이 출현하여 시장 선점을 위해서 경쟁하였으나, WLAN을 채택하는 Wi-Fi Alliance 이외에는 상업화가 크게 진전을 이루지 못하고 있다.

저전력, 저가격, 단순한 프로토콜 스택 및 센서 네

1) 엄밀한 의미에서 IEEE 802.15.4a는 두 노드 간의 거리인식 기능만 가지고, 위치인식 기능은 상위 응용에서 제공되므로 거리인식 저속 WPAN이 정확한 표현이겠지만, 국내에서 주로 위치인식 저속 WPAN의 용어를 사용하므로 본 고에서 이 표현을 수용하기로 함.

트워킹 기능을 지원하도록 구성된 ZigBee는 다양한 무선 센서 및 제어 분야에 응용이 가능하므로 시장 전망이 매우 밝다. ZigBee는 IEEE 802.15 WPAN이 더욱 폭넓은 응용 범위를 가지도록 IEEE에 위치 인식 기능을 가지는 새로운 표준을 요구하여 2004년부터 위치인식 저속 WPAN 표준화가 본격적으로 시작되었다. 본고는 위치인식 저속 WPAN의 응용 분야를 분류한 이후에 IEEE 802.15.4a 중심의 기술적 요구 사항과 표준화 동향을 살펴보고 맺음말을 기술하도록 한다.

2. 위치인식 저속 WPAN 관련 응용 분야

유비쿼터스 네트워크를 구축하기 위해서 여러 가지 요소가 필요한데 그 중에서 위치인식 기능은 통신기능과 함께 중요성이 점차 커지고 있다. 위치정보를 활용하기 위한 방안이 LBS(Location Based Service), 텔레매틱스, ITS(Intelligent Transport System) 영역에서 다양하게 구현되고 있으며, 최근에는 이러한 서비스들이 하나로 점차 융합되어 가고 있는 추세이다. 위치 정보를 획득하기 위한 서비스 방식은 이동통신기지국을 이용한 방식과 위성을 이용한 GPS(Global Positioning Service)방식으로 나뉘어지며, 서비스 형태로는 위치추적 서비스, 안전/보안 관련 서비스, 위치기반 관련 정보 서비스 등으로 구분되고 있다.

하지만 일상 생활에서 사용 가능한 위치인식 서비스는 광범위한 지역에서 제한된 것이 아니라 가정, 빌딩, 공장 등의 실내 공간과 같은 상대적으로 좁은 공간에서도 널리 활용될 수 있다. 앞서 언급한 이동통신 기지국과 GPS 방식들은 실내 및 협소한 공간에 적용되기 어려우므로 적외선, 초음파, 협대역 RF, UWB(UltraWide Band), 및 영상 인식 등의 방식을 통한 위치인식 시스템들이 제안되고 있다.

2003년부터 ZigBee는 저속 WPAN이 위치인식 기능을 지원해 줄 것을 IEEE에 요청하여 IEEE WPAN에서 2004년에 TG4a(Task Group 4a)를 형성함으로써 적극적인 표준화를 추진하고 있다. 위치인식 저속 WPAN은 기능적으로 위치인식 기능과 저속 통신 기능이 복합되어 있으므로 ZigBee 이외의 다양한 분야에 활용이 가능하다. 특히 군사용, 재난 방지, 그리고 응급 서비스 등에서 수요가 우선적으로 제기되어 활용되고 있으며, 이외에도 건강 모니터링, 물류 추적, 산업 시설 제어 등의 분야에서 다양한 수요가 발생하고 있다. 아래는 크게 7 가지로 분류하여 관련 응용 분야들을 기술하고 있다.

- 안전 및 건강 모니터링: 응급 모니터링, 예방의학/건강, 군사 전략 상황 인지, 소방관 추적 및 다양한 소방 방재에 사용
- 개인 보호: 아동 안전 및 추적, 죄수 및 경비 추적, 외부 침입자 검출, 보안 센서 응용 등에 사용
- Logistics: Healthcare 요원 추적, 인력 추적, 놀이 공원 추적, 문서 추적, 레저/스포츠 추적, 동물 추적, 로봇 잔디 깎기, 자산 추적 등에 사용
- 산업 시설 제어: 산업 시설 관리, Warehouse 관리, 자동차 매장의 자동차 관리 등에 사용
- 산업 프로세서 제어와 유지: 무선 센서 네트워크, 오동작 센서 위치파악, 빌딩 자동화, 대형 구조물 모니터링, 산업 프로세서의 모니터링/센싱/제어 등에 사용
- 홈 센싱, 제어와 미디어 전송: 홈/사무실 자동화, 게임/스트리밍 미디어, 분실물 추적, 에너지 관리, 보안, 안방 극장 제어 등에 사용
- 통신: 무선 전화기, 라우팅, 토플로지 감지 센싱, RF 잡음 파악 등에 사용

〈표 1〉 위치인식 응용 분야

응 용	위치인식의 중요성	저속 통신의 중요성	통신의 중요성
Healthcare inventory tracking	Critical	Important	Nice to have
Healthcare-people tracking	Critical	Important	Nice to have
Workforce-people tracking	Critical	Important	Not important
Warehouse management	Critical	Nice to have	Irrelevant
Supply chain management	Critical	Nice to have	Nice to have
Building automation	Nice to have / Important	Critical	Critical
Retail store customer tracking	Critical	Not important	Not important
Theme park tracking	Critical	Irrelevant	Irrelevant
Document tracking	Critical	Irrelevant	Irrelevant
Inventory management	Critical	Not important	Irrelevant

표 1은 응용 분야에 따라서 위치인식 기능의 중요성, 저속 통신의 중요성, 통신의 중요성이 서로 다름을 나타내고 있다. 아래의 위치인식 응용 분야 중에서 몇 가지를 살펴보면, 건강 관련 산업 및 사람들 추적 기능은 위치인식이 꼭 필요하고 저속 통신을 사용하는 것이 중요하다. 빌딩 자동화인 경우에는 저속 통신 및 통신의 중요성이 특별한 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 결과적으로 위치인식 응용은 서비스 응용 개념 및 범위에 따라서 통신 기능, 위치인식 기능의 우선 순위가 변하는 것으로 파악된다.

3. 위치인식 저속 WPAN 기술적 요구 사항

IEEE 802.15.4a의 위치인식 저속 WPAN 표준화는 802.15.4의 PHY를 대체하기 위한 프로젝트로 정의한다. 주요 관심 분야는 고정밀도의 거리 및 위치 파악이 가능해야 하고, throughput이 높아야 하고 저전력, 저가격을 만족해야 하며 장거리 전송 등의 규격을 만족하도록 한다. 이 표준화 그룹은 2004년 3월에 공식적인 Task Group으로 형성된 이후에 지속적인 표준화 활동을 통해서 2005년 3월에 만장일치로 baseline 규격을 결정하였고, 현재 활발히 표준 초안을 만드는 작업을 진행 중에 있다.

위치인식 저속 WPAN을 위해서 작성된 기술적인 요구 사항들은 아래의 표 2와 같이 요약 가능하다. 전송률은 노드들 간의 통신을 위한 독립적인 링크 전송률과, 여러 노드에서 발생하는 정보를 전달하는 aggregate 전송률로 구분되는데 각각 최소한 1kbps와 1Mbps 정도의 전송률을 기대하고 있다. 전송 거리는 30m 이상을 예상하고 있으며 장거리 전송 시에도 최소한 수 kbps 정도의 전송률은 유지해야 한다. 센서 노드들은 외부로부터 전원을 공급받지 않고 수 개월 또는 수 년간 동작을 하도록 전력 효율이 좋아야 하며, Form factor는 건전지와 안테나를 포함해서 RF tag과 같은 응용에 적합해야 한다. 저가격의 시스템을 만들기 위해서 게이트 수와 Die 의 크기 등을 최소화해야 하며, 수십 센티미터 정도의 위치인식 정밀도를 가져야 한다.

위의 조건들을 포함한 최종 표준안 선택 조건은 제조 가능성과 시장진출 시간을 고려한 기술적인

〈표 2〉 위치인식 저속 WPAN 주요 기술 요구 사항

기술 요구 사항	내 용
토폴로지	IEEE 802.15.4 MAC 전송률을 지원해야 하며 메시지 중계, 동적인 네트워크를 지원할 것
전송률	링크 전송률은 1kbps, aggregate 전송률은 1Mbps
거리	0-30m
공존성과 간섭 완화	고잡음 다중 경로 환경에 강할 것, 동일 채널 및 대역 외 채널의 간섭 완화
전력 소모	수 개월 또는 수 년의 건전지 수명, 노드들의 wakeup이 빈번하지 않도록 구현
Quality of Service	안정된 에러 수정 필요하고 실시간 통신 및 동기가 중요
Form factor	건전지와 안테나를 포함한 센서와 RF tag 응용에 적합할 것
안테나	비방향성 안테나
복잡도	게이트 수, Die 크기 등의 복잡도를 최소화
위치인식	수십 센티미터의 정밀도로 간단하고 자동적으로 상위 계층에 정보 전달
이동성 지원	셀 내의 이동성 지원은 필수적임
802.15.4 호환성	802.15.4의 보완적인 기능을 가지고 MAC 성능 개선
규제 관련	지역적인 규제를 만족할 것

타당성을 고려해야 한다. 또한 표준화 변경에 따라서 영향을 주지 않도록 전력 소모, payload 전송률과 데이터 throughput, 채널, 복잡도, 거리 등의 다양한 파라미터들을 조절할 수 있는 Scalability를 가져야 한다. 제안된 PHY는 주어진 에러율 내에서 다중 uncoordinated piconet을 운용하여 piconet의 성능을 평가할 수 있어야 한다. 또, 링크 버짓을 계산하여 특정 운영 환경에서 전송률, 거리, BER을 만족시킬 수 있는지 보여야 한다. 전력 측면은 전력 관리 모드 기능들을 제공해야 하고, 소모된 총 전력을 제시할 수 있어야 한다.

4. 위치인식 저속 WPAN 표준화 동향

1) 위치인식 저속 WPAN 표준화 추진 동향

802.15.4a Task Group이 형성된 이후에 2004년 7월에 CFP(Call for Proposal)을 공지하여 2005년 1월에 관련 기관들의 제안서 신청을 마감하였다. 외국 연구소 및 업체들은 Freescale, 미쯔비시 연구소, Time Domain, Staccato, Aetherwire 등이 표준화 제안서를 제출하였고, 한국에서는 ETRI, KERI, 삼성, 인하대, Orthotron 등에서 각각 표준안을 제안하였다. 총 26개의 제안서가 IEEE WPAN 1월 회의에서 발표되었고, 3월 회의까지 두 달 동안 유사한 제안서들 사이의 통합 작업이 이루어져서 아래와 같이 총 5개의 방식에 대한 통합안이 3월 회의 직전까지 제안되었다.

- Chaotic UWB : 국내에서 ETRI, 삼성 등을 포함하는 기관에서 Chaos 신호원을 이용한 위치인식 저속 UWB 시스템을 제안함
- UWB 제안서 : 임펄스 UWB 신호를 사용하여 Multiband Ternary Orthogonal Keying 방식으로 전송하는 제안
- Differentially Bi-Orthogonal Chirp-Spread-Spectrum : 기본적으로 Chirp 신호를 이용해서 UWB 신호를 만들어내는 방식

- DS-UWB 제안서 (CS-UWB를 선택 사항으로 제안): 여러 가지 길이의 스프레딩 시퀀스를 가지는 DS(Direct Sequence)를 채택하고, 선택 사항으로 CS(Chirp Signal)을 사용하는 방식
- STM, CEA-LETI, Aetherwire, 미쯔비시 연구소, FTR&D 간의 통합안: 임펄스 UWB 신호를 사용하고 coherent, differential, noncoherent을 지원하는 방식

2005년 IEEE 3월 회의에서 앞서 제시된 5개 그룹의 제안서들에 대한 토의와 기술적인 통합이 이루어져 하나의 baseline 이 만들어졌다. 이 제안에서 UWB 신호는 통신과 위치인식 기능을 제공하도록 하고, Chirp 신호는 2.4GHz 대역의 통신용으로 사용하도록 제한하였다. 위치인식 저속 WPAN을 위한 주파수 대역은 3.1-4.9GHz의 신호를 사용하는 것을 의무조항으로 선택하였고, FDM을 위해서 2개의 부가적인 500 MHz의 대역을 사용하는 방안, Sub-GHz 대역을 지원하는 방안, homogeneous 네트워크를 위한 Chaotic 신호와 SOP(Simultaneous Operating Piconet) 지원 방안 등과 같은 선택 사항들을 정의하였다.

3월 회의 이후에는 본격적으로 표준안을 작성하기 위해서 UWB, CSS/2.4GHz, MAC, Ranging의 4개의 technical group으로 나누고 각 그룹별로 정기적으로 전화 회의를 개최하여 기술적인 요소들을 정리하고 있다. 5월 회의에서 사용 주파수 대역에 대해서 정의하여 3.1-4.9GHz 대역을 3개의 서브 대역으로 나누어 사용하거나 전체 대역을 사용하는 네 가지의 대역 활용 방안이 제시되었고, 3개의 서브 대역 가운데 위치한 대역은 의무적으로 사용하도록 정의하였다.

7월 회의에서 3월 이후 진행된 표준화의 연장선에서 다음과 같은 사항들을 논의하였다. UWB 방식에 대해서 주파수 대역 plan은 5월 회의에서 결정된 바와 같이 3.1-4.9 GHz 대역에서 총 4개의 대역을 할당하기로 한 방식을 재승인하였다. 3.1-4.9 GHz 대역은 전파 감쇠가 심하기 때문에 이를 극복하기 위해서 Sub-GHz 사용 방안을 Aetherwire 측에서 발표하였으나, Sub-GHz 주파수 대역의 사용 규정이 미국, 유럽, 그리고 아시아에 따라서 서로 다르므로 추후에 주파수 재사용 및 규정에 관해서 더 깊이있게 논의를 하기로 결의하였다. Pulse modulation 은 변조 파형에 대한 선택 조항에 대한 정의와 함께 시뮬레이션을 위한 기본안을 제시하기 위한 토의를 하였으나 5월 회의에서 결정된 사항에 대해서 큰 수정은 없었다. 이 가운데 peak-to-peak 전압은 1Vpp와 같거나 작도록 다시 정의하였다. 기본 코드 형태는 임펄스 방식의 Ternary codes를 사용하기로 결정하였으며, 프리앰블과 데이터 코드의 시퀀스들에 대해서는 구체적인 사항들을 지속적으로 논의하기로 하였다.

Ranging의 주요 이슈들 중의 하나인 Non-coherent ranging에 관해서 France Telecom, MERL, I2R, ETRI 가 제안서를 발표하였으며, 투표를 통해서 non-coherent ranging 방식도 표준안에 정의를 하기로 결정하였다. 추가로 Ranging을 위해서 MAC에서 변경해야 할 사항들에 대해서 논의가 있었으며, 7월 회의 이후에 전화 회의를 통해서 협의하기로 하였다. Preamble 구조는 Sync, Channel estimation field, Start frame delimiter field 순으로 정의하였으며, delimiter 길이는 가변하도록 하였다. 이와 함께 Chirp 방식에 대한 제안서 발표와 함께 technical editing 을 진행하였다.

2) 위치인식 저속 WPAN 응용 시스템 제작 현황

UWB를 이용한 위치인식 시스템은 이미 군사용으로 제작되었으며 최근 수년간에 걸쳐서 관련 민간 기업을 중심으로 상용화가 추진되고 있다. IEEE 802.15.4a 표준화에 참여하고 있는 업체 가운데 Aetherwire는 90년대 후반부터 위치인식 기능에 대한 연구를 시작하여 군사용 제품을 제작하였으며, 현재 상용화를 추진하여 Evaluation Kit 형태로 제품을 제작하는 단계이다. Ubisense사는 현재 표준화에 참여하지 않고 상업화에 주력하여 15cm 정밀도를 가지는 UWB 기반의 위치인식 시스템을 제작하여 판매하고 있다. MSSI (Multispectral Solutions, Inc.)는 고정밀 자산 위치인식 Evaluation Kit 시스템을 상용화하여 판매하고 있는데, 이 제품은 거리 정밀도가 ±30cm이고 6GHz 대역을 사용하고 있다.

5. 맺음말

본 고에서 위치인식 저속 WPAN 시스템에 대한 표준화 동향에 대해서 간략히 살펴보았다. 현재 여러 국내 업체 및 기관에서 Chirp 방식과 Chaotic 방식의 제안서를 제출하였고 관련 시스템 제작 및 표준화 활동에 적극적으로 참여하고 있다. 향후 IEEE 802.15.4a의 표준화는 전화 회의 및 WPAN 회의를 통해서 UWB PHY, Ranging, MAC, Chirp에 대한 기술적인 검토를 지속적으로 추진하여 표준안 draft를 2006년 1월에 작성하고 2007년에 최종 표준화를 종료하는 것을 목표로 하고 있다. 전반적인 표준화 진행 과정은 임펄스 방식을 중심으로 이루어지므로, 위치인식 저속 WPAN 기술 개발에 뒤쳐지지 않기 위해서는 표준화 draft가 아직 완성되지 않은 현 시점부터 임펄스 방식에 좀 더 집중적인 연구 및 개발이 필요하다고 판단된다.

참 고 문 헌

[1] www.zigbee.org
[2] LBS산업협의회 "LBS 기술 및 시장현황 연구 보고서" 2005년 1월
[3] 윤두영, 김봉준, "텔레매틱스 서비스 현황 및 전망," 정보통신정책 제17권 4호 통권 365호 1-16, 2005년 3월
[4] 김재호, 김영섭, 박옥선, 김성희, "유비쿼터스 위치기반 서비스 및 위치인식시스템 연구 동향," IITA 주간기술동향, 통권 1127호, 2003년 12월
[5] IEEE 802.15.4a "*Formal Submission of the 802.15.4Iga Informal CFA Response*," Sept. 2003
[6] IEEE 802.15.4a "Categories for CFA Response," Nov. 2003
[7] IEEE 802.15.4a "TG4a technical requirement document", March, 2004
[8] IEEE 802.15.4a "P802.15.4a Alt PHY selection criteria", Nov. 2004
[9] IEEE 802.15.4a "Merged proposal of chaotic UWB system for 802.14.4a", March, 2005
[10] IEEE 802.15.4a "Merged UWB proposal for IEEE 802.15.4a Alt-PHY", March, 2005
[11] IEEE 802.15.4a "DBO-CSS PHY Presentation for 802.15.4a", March, 2005
[12] IEEE 802.15.4a "Merged proposal of DS-UWB with optional CS-UWB on UWB band for IEEE 802.15.4a", March, 2005
[13] IEEE 802.15.4a "STM_CEA-LETI_CWC_AETHERWIRE_MITSUBISHI_FTR&D 15.4a CFP response", March, 2005

필 자 소 개

이 철 효

- 1994년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학석사)
- 1996년 1월 ~ 2001년 12월 : 국방과학연구소 연구원
- 2002년 1월 ~ 2004년 5월 : North Carolina State Univeersity, 컴퓨터 공학(박사과정)
- 2004년 8월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 차세대 WPANN연구팀 선임연구원
- 주관심분야 : WPAN, 무선/이동 통신 및 네트워크

김 재 영

- 1990년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학사)
- 1992년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학석사)
- 1996년 8월 : 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1996년 8월~1999년 2월 : 대우전자(주) 선임연구원
- 1999년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 차세대 WPAN연구팀 팀장
- 주관심분야 : WPAN, RF 회로 및 시스템 설계