

산업용 무선 필드버스

구현 및 응용을 위한 기술 및 산업적 문제점 분석

| 김동성, 동향정보분석팀



미래선도기술 이슈분석보고서는 혁신형 중소기업 정보분석 지원사업의 일환으로 작성된 보고서로서, 유망 기술에 대한 이슈분석을 통해 국내 기업들이 자사에 적합한 사업아이템 발굴 기회를 극대화 하는데 목적이 있다. 이슈 분석 대상은 글로벌 동향 브리핑(GTB) 사업에서 축적한 약 10년간의 글로벌 모니터링 정보를 키워드 빈도분석 후 수요 조사를 통해 정하였다. 또한 국내외 연구개발동향, 산업동향 및 기술/실용화/과급효과 등의 측면에서의 이슈제기 및 분석을 해당분야 전문가와 공동으로 수행함으로써 수요자 중심의 보고서가 되도록 노력하였다.

2006 미래선도기술 이슈분석보고서

• 나노셀룰로오즈 보강 복합재료	• 광촉매 박막제조기술
• 차세대 하드디스크 HAMR	• 산업용 무선 필드버스
• 멀티페로익스(Multiferroics)	• P2P 네트워크
• 탄소나노튜브	• 센서네트워크 기술
• 휴대용 연료전지	• 온라인 게임
• 칩내장형 임베디드 기술	• 임베디드 기술
• 유전자 치료	• 심진 부동산소수점 연산기
• 열화학적 복합전환 공정	• 게임산업
• 자기 냉장고	• 나노소재를 이용한 전자소자
• 유기 반도체 태양전지	• 유기반도체(Organic Semiconductors)
• 충전기기용 나노절연재료	• 공기오염센서
• 무선 통신망간의 간섭	• 위성항법시스템 시험장(GATE)
• 이동통신-무선랜 통합망의 보안	• 위성항법시스템 소프트웨어 수신기
• 해외선진국 반도체장비 기술동향	• 광촉매의 성능 및 응용 기술 현황
• 동유럽의 VoIP 사업현황	• 해외 선진국의 DMB/DAB 기술동향
• 지능형 자동차에 사용되는 텔레매틱스 기술동향	• 신약개발을 위한 RNAi 제품 현황
• 주요 선진국의 냉동·공조 기술 현황	• 해외 선진국의 위성항법 시스템 기술 동향
• 영상진단기기 및 초음파영상진단기기 제품 현황	• 최근의 게임시장 동향
• 해외 주요국의 디지털 전자제품 동향	• 해외 주요국의 디지털 전자제품 동향

Contents

1	서론	
	무선 필드버스의 개요	05
	무선 필드버스의 종류 및 특성	06
	무선 필드 버스의 문제점 분석의 필요성	10

2	본론	
	무선 필드버스의 국내외 연구개발 동향	12
	국내외 산업동향	16

3	산업용 무선 필드버스 구현을 위한 문제점 분석	
	무선 필드 버스의 문제점 분석	18
	실용화/산업화를 위한 기술(산업)적 과제	21
	경제적 파급효과	23

	참고 문헌	24
--	--------------	----

서론

1

| 무선 필드버스의 개요

| 무선 필드버스의 종류 및 특성

| 무선 필드 버스의 문제점 분석의 필요성

1 서론

| 무선 필드버스의 개요

가. 무선 필드버스의 정의 및 범위

- 무선 필드버스는 공장 자동화 시스템의 디바이스 레벨에서 사용되는 적절한 무선통신망을 말함.
- 무선 필드버스는 산업용 통신망 기술들이 적용되는 자동화 공장, 발전소, 기차, 선박 등의 산업용 기기에 적용될 수 있는 무선 통신 기술임.

나. 무선 필드버스의 장단점

- 무선 필드버스를 적용함으로써 아래와 같은 기술적 장점을 확보할 수 있음.
 - 무선 네트워크 기술이 산업 현장의 자동화용 기기들에 유연한 적용.
 - 케이블로 인한 공간 문제 해결, 장치 제어기의 단순화 등에 활용.
 - 셋업 시간의 단축, 장치의 이동성 부여, 유지 보수의 용이함 등.
- 무선 필드버스를 적용함으로써 발생하는 문제들은 이슈 제기를 통해 살펴보고, 그 상세 문제점들을 3 장에서 살펴보고자 함. 그 대표적인 단점들은 다음과 같음.
 - 지연시간 발생으로 인한 실시간 산업용 환경의 요구조건을 만족의 어려움.
 - 대표적 표준 기술은 제기 되지 않고 학계에서 다양한 시도만 이루어짐.
 - 국내 기반 기술의 부족으로 인한 산업용 통신망 기술의 부재.

1 서론

| 무선 필드버스의 종류 및 특성

가. 커플링(Coupling) 디바이스를 이용한 혼성 유무선 필드버스 시스템

(1) 정의 및 범위

(가) 혼성 유무선 필드버스 시스템

- 애플리케이션의 종류에 따라 때로는 무선 필드버스가 필요한 것이 아니라 단지 유선 필드버스로의 무선으로의 단순한 확장만이 필요할 수도 있음. 이러한 구성을 혼성(hybrid) 유무선 필드버스 시스템이라 함.
- 혼성 유무선 필드버스 시스템에서는 송수신기들이 케이블로 연결된 유선 스테이션들과, 무선 송수신기들로 구성된 무선 스테이션들이 상호간 통신이 가능함.
- 무선 세그먼트들(segment : 공통된 통신 프로토콜을 사용하는 네트워크 스테이션들의 집합)과 유선 세그먼트들은 하나 혹은 이상으로 이루어진 커플링 디바이스에 의해 연결할 수 있음.

(나) 커플링 디바이스의 사용 형태에 따른 분류 및 문제점

- 커플링 기기: 이기종 혼성 필드버스 망의 설치에 서로 상이한 네트워크 세그먼트를 연결하는 커플링(coupling) 기기를 사용함으로써 구현됨. 이는 커플링 기기가 작동하는 프로토콜 계층에 따라 세 종류로 분류될 수 있음. 리피터(Repeater)는 물리 계층사이의 연결을, 브릿지(bridge)는 데이터 링크 계층 사이의 연결을, 게이트웨이(gateway)는 애플리케이션 계층 사이의 연결을 말함.
- 사용 형태: 커플링 디바이스에 따라 브리지(bridges), 게이트웨이(gateways) 연결방식 등이 있음.
- 지연문제의 발생 : 실시간 통신을 위해서는 커플링 디바이스로부터 야기된 지연 시간 요소가 실시간 시스템 구성에 가장 큰 장애 요소가 됨.

(2) 게이트웨이 및 브리지 기반의 방식

(가) 게이트웨이 기반의 혼성 유무선 방식

① 특징

- 게이트웨이 기반의 포워딩 방식에서는, 서로 다른 세그먼트들이 게이트웨이 스테이션에서 수행되는 특정한 프로그램에 의해 커플링 되는 것을 가능하게 함으로써, 패킷 포워딩에 필요한 시간 지연을 최소화 함.

② 사용예

- WorldFIP과 같은 전송 표준에 따라서는, 데이터를 요구했을 경우 주어진 시간 안에 응답해야 할 필요가 있음.
- 때로는 이 응답 시간이 너무 짧아서 앞에서 제시한 커플링 디바이스를 사용하면 지정된 기간 내에 패킷에 대한 응답이 필요할 경우에 사용되어짐.

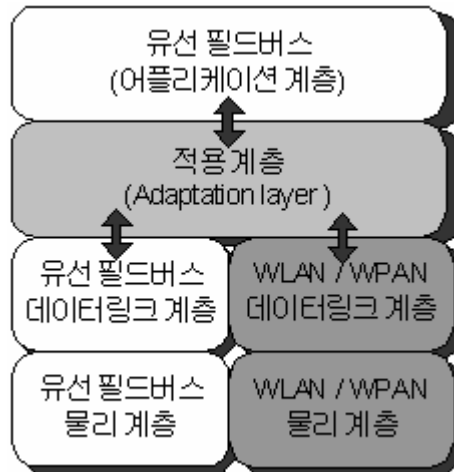
(나) 브리지 기반의 혼성 유무선 방식

① 특징

- 무선 필드버스의 구조는 유선망의 연장을 구현하는 데 적합한 것으로, 이때 필요한 장치는 브리지임. 이런 구조는 애플리케이션이 연결되는 망의 종류를 염두에 두지 않아도 되기 때문에 유선 도메인과 무선 도메인에 공통적으로 사용되는 단일 애플리케이션 계층 프로토콜에 유리함.

② 사용예

- 그림1에서 볼 수 있는 바와 같이, 적용 계층(adaptation layer)은 데이터 링크 계층과 애플리케이션 계층 사이에 도입되어 애플리케이션에서 오는 요청들을 데이터 링크로 매핑 시키는 역할을 수행함(역방향의 매핑도 함께 수행한다).



[그림1] 브리지를 이용한 무선 필드버스 프로토콜 스택

나. 기존의 MAC 프로토콜을 이용하는 방법

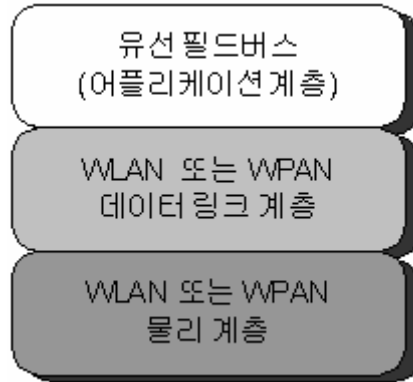
(1) 정의 및 범위

- 기존의 MAC 프로토콜을 이용하는 방법은 이미 상용화된 필드버스 계층의 응용층과 상용 무선기술의 하위층을 이용해 요구 조건에 맞게 설계하는 것임.
- 상용(Commercialized) 무선기술의 응용: 무선 전송 시스템(물리 계층)에 대하여는 WLAN (Wireless Local Area Network)와 WPAN (Wireless Personal Area Network)이 전송속도나 커버리지 등이 고려 중인 애플리케이션의 요구 사항들과 비슷해서, WLAN과 WPAN이 현재 무선 필드버스로 사용될 수 있음.
- 상용 필드버스 기술의 응용: 물리 계층보다 상위의 계층에 대해서는 데이터 링크 계층이나 유선 필드버스를 위한 솔루션들은 이미 존재하고 있는 표준 규격들로부터 도출할 수 있음.(Profibus의 데이터 링크 계층은 IEEE 802.4 토큰 버스 표준과 Controller Area Network 를 변형한 것임. 한편 WorldFIP, ControlNet, IEC fieldbus와 같은 네트워크의 데이터 링크 계층은 무에서부터 디자인한 것임.)

(2) 애플리케이션 계층의 구현

① Manufacturing Message Specification(MMS)

- 현재 사용 가능한 프로토콜의 일부는 MMS에 기반한 것으로 MMS는 오랫동안 유일하게 산업 통신을 위해 표준화된 애플리케이션 계층 프로토콜임.
- 현재까지도 다양한 산업용 통신망의 응용계층 설계시 응용계층의 참조 모델로 사용되어진다. 예로는 Profibus의 응용층인 FMS, FIP의 응용계층 등이 있음.



[그림 2] 기존 표준을 이용한 무선 필드버스 프로토콜 스택

② 필드버스 기반의 애플리케이션 계층 구현

- 이미 존재하는 유선 필드버스 프로토콜들은 이미 유선 애플리케이션에서 그 효율성이 입증되었기 때문에, 유선 필드버스의 프로토콜을 무선 필드버스 프로토콜에 사용하는 것 또한 효율적 방법 중에 하나임.
- 또한 데이터 링크 계층의 인터페이스만을 구현하면 되기 때문에 구현시의 노력도 제한적이라는 장점이 있음.

(3) 데이터 링크 및 물리계층의 구현

(가) 기존 표준을 이용한 무선 필드버스 프로토콜 스택

- 그림 2에 명시된 무선 필드버스 통신 프로파일의 구현은 무선 필드버스의 애플리케이션 계층의 무선 시스템의 데이터 링크 계층으로의 변화만을 필요로 하기 때문에 소프트웨어만 변형시키면 됨.

(나) 기존 혼성 방식과의 비교

- 그림 2에서 명시된 프로파일은 하이브리드 방식에서 제안하는 방안과는 일치하지 않음. 예를 들어 IEEE 802.11 MAC 사용을 고려하는 데 반해 하이브리드 방식은 경쟁이 심할 경우 무선 채널 액세스 지연이 너무 커질 것을 우려해서 IEEE 802.11 MAC 사용을 권장하지 않음.
 - 디바이스 레벨에서의 실제 망 구성은 대부분의 경우, 능동적인 기기(컨트롤러)가 일련의 수동적인 기기(센서/액추에이터)를 관리하는 방식으로 구성되기 때문에, 망 액세스는 컨트롤러에 의해 제어되고, 따라서 충돌의 많은 양을 피할 수 있음.
 - 하이브리드 방식에 제안된 MAC 프로토콜은 IEEE 802.11 MAC 프로토콜을 변형시키거나 일부를 대체해야 하는데, 이러한 방법은 실제적으로는 무선 전송에 쓰이는 칩셋의 펌웨어(firmware)를 변형시켜야 하기 때문에 실제로는 구현하기가 어려움.

1 서론

| 무선 필드버스의 문제점 분석의 필요성

- 요구사항 및 환경에 적합한 프로토콜 선택의 문제
 - 어떤 프로토콜을 요구 환경에 적절하게 선택할 것인가 하는 문제는 무선 필드버스 디자인에서 중요한 문제임.

- 무선 필드버스의 채널환경 및 지연 등의 분석을 통한 기능성의 극대화
 - 산업용 통신망에 대한 무선 기술의 적용은 케이블을 사용하지 않음으로써 생기는 셋업 시간의 단축, 장치의 이동성 부여 등이 필요한 환경에서 그 기능을 극대화 할 수 있음.
 - 상용 무선 통신 기술로는 IEEE 802.11, IEEE 802.15.4, 그리고 블루투스 와 같은 표준이 존재하지만, 이들 무선 통신 기술이 산업 시설이나 공장에서 사용되기에는 아직도 부족한 점이 많음. 대표적인 예로 에러 발생의 가능성이 높은 무선 채널을 통한 제어 신호 발생 시간의 정확도와 데이터 패킷의 온전성이 보장되지 못하다는 것을 들 수 있음. 즉, 환경을 고려한 선택이 필요함.
 - 전송 방식을 고려하여 기존 시장의 무선 표준과 함께 적절한 프로토콜 메커니즘을 구상한다면, 무선 기술을 산업 현장의 자동화 시설에 적용하는 것이 가능할 것임.
 - 리피터나 브리지들의 역할은 한 세그먼트의 패킷을 받아서 다른 세그먼트로 전달하는 (forward) 역할임. 이때, 패킷 포워딩에 소비되는 지연시간 (delay : 전달하고자 하는 패킷의 마지막 비트가 커플링 디바이스에 입력된 시간과 그 마지막 비트가 출력 세그먼트로 전달되기까지의 시간 차이)은 많은 기기들이 연결될 경우 실시간 통신에 걸림돌이 됨. 즉 실시간성을 고려한 적용 방식이 필요함.

- 공장용 통신망 기술의 원천 기술의 부재로 인한 국내 산업용 통신망 기술의 활성화가 필요함.

- 향후 시장 확대 분석을 토대로 한 산학 연구를 통한 지속적인 연구 개발이 필요함.

본론

2

- | 무선 필드버스의 국내외 연구개발 동향
- | 국내외 산업동향

2 본론

| 무선 필드버스의 국내외 연구개발 동향

가. 국내외 연구개발 동향

- 본 장에서는 무선 필드버스를 실현할 수 있는, 이미 사용 중이거나 연구가 진행 중인 무선 통신 시스템 기술 및 이를 응용한 무선 필드버스 기술들을 소개함.

나. 주요 기술 분석

(1) 블루투스 기반의 산업용 무선 제어 시스템

- 블루투스는 휴대용, 배터리 기반의 전자 기기들 간의 연결을 위한 케이블을 무선화 하려는 무선 인터페이스임. 블루투스는 매우 다양하고, 저비용, 저출력의 특징을 가짐.
- 사용 예
 - 블루투스는 여러 산업 공정에 사용되고 있음. 예를 들면, 주요 배송 회사들이 패키지 분류센터 및 보관 센터 등에 패키지 추적 데이터를 전송하는 용도로도 블루투스를 사용하고 있음. 블루투스는 또한 어떤 상태를 감시하는 센서 장비들 사이의 통신에 사용되기도 하고 상업용 차량에 설치되어 운전자 간의 통신, 핸드프리 콜링(hands free calling), 데이터 캡처 (data capture) 등을 위해서도 사용됨.
- 기술적 특징
 - 블루투스 시스템은 대부분의 나라에서 사용 가능한, 비허가 주파수 대역인 ISM (Industrial-Scientific-Medical) 주파수 대역, 2400 MHz ~ 2483.5 MHz을 사용한다. ISM 밴드를 사용하는 다른 무선 통신 장비와의 간섭을 제한하기 위해서, 블루투스는 프리퀀시 호핑 스프레드 스펙트럼 방식(FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum)을 사용함. 80MHz의 주파수 밴드들은 1 MHz 폭의 79개의 채널로 쪼개져서 신호들은 세도랜덤 방식으로 이 주파수 채널들을 호핑하게 됨. 일반적인 호핑 속도(hopping rate)는 1600hops/s이며, 이것은 슬롯 듀레이션이 625 microsecond에 해당됨.
 - 최소의 블루투스 구성을 피코넷(piconet)이라고 함. 피코넷에서의 연결은 중앙에 마스터 역할을 하는 중앙 노드가 있고, 다른 노드들은 슬레이브 역할을 수행하는 별 모양의 토폴로지 형태를 가짐. 슬레이브 노드의 갯수는 7개로 제한되어 있음. 채널 액세스는 기본적인 폴링 메커니즘으로 슬레이브 노드들이 마스터 노드로부터 Poll packet을 받을 때에만 데이터 전송을 할 수 있음. 따라서 TDMA 방식의 양방향(full-duplex) 통신이 가능함.

(2) 무선랜(IEEE 802.11 계열) 기반의 산업용 무선 제어 시스템

○ IEEE 802.11 표준은 유선 이더넷 네트워크의 무선 부분에 상응하는 것으로 현재 무선 LAN(WLAN)의 실제적인 표준임. IEEE 802.11 표준은 물리 계층과 MAC 계층 표준을 제공함. IEEE 802.11은 802.11a/b/g/e와 같이 여러 개의 표준이 있음. 사용 주파수 대역은 IEEE 802.11b와 g는 2.4GHz ISM 대역을, 802.11a는 5GHz ISM 대역을 사용함. 802.11g와 802.11a는 최근의 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 변조 방식을 사용하며 최대 54Mbps까지 전송이 가능함. 802.11g 표준은 802.11b 표준을 수용할 수 있으며 산업용 환경에서 하이브리드 형태를 사용하기 위해 가장 많은 연구가 진행중임.

○ 사용 예

- 유무선 혼합 Profibus 통신 기술(사용예: R-Fieldbus)을 들 수 있음. 유무선 혼합 Profibus 기술은 산업용 무선통신 기반의 환경 설치를 하기 위한 무선 기술에 대한 몇 가지 장점을 가지고 있음. 첫째 스테이션들은 기존 케이블에 대한 설치 변경 없이 간단하게 추가 및 제거를 할 수 있고, 둘째 무선 연결을 이용하면, Profibus LAN 에서 Profibus LAN 으로 스위칭 하는 것이 쉬우므로 고장 나거나 파손되는 케이블이 없어서 생산 공정의 고장 가능성을 줄일 수 있음.
- 자동화 통신망의 가장 낮은 레벨에선 제어기와 센서 및 구동기 사이의 실시간 통신이 요구되면서, 이더넷과 같은 무선 네트워크가 관심 있는 해결책으로 제시되고 있음. 하지만 이러한 기술의 도입은 이미 적용된 필드버스와 호환성에서 많은 문제점이 있음. 따라서 이에 대한 해결 방안으로 Profibus DP나 디바이스넷의 필드버스 프로토콜의 특성을 고려하여 이더넷과 블루투스 등을 각각 기반으로 게이트 장치를 이용하여 이기종 유/무선 네트워크를 적용할 수 있음.

(3) IEEE 802.15.4 기술

○ 무선 센서와 제어장치를 위한 특수한 요구사항을 충족하기 위한 저비용, 저전력 무선 통신을 구현하기 위한 기술이 IEEE 802.15.4 기술임. 블루투스나 무선랜과 대조적으로, IEEE 802.15.4의 네트워크에 소속된 디바이스들은 빈번한 통신을 목적으로 하지 않으며, 적은 양의 데이터를 비교적 긴 시간을 두고 전송한다는 특징이 있음.

○ 사용 예

- 블루투스와 비슷한 특징으로, IEEE 802.15.4는 낮은 전력 레벨을 사용함. 또한, 패킷 심볼 전송 비율을 매우 낮추어, (최대 62.5 ksymbols/s) 산업지 공장에서 발생할 수 있는 지연시간에 대처할 수 있도록 함. IEEE 802.15.4를 이용한 기술로는 지그비 및 Elpro 에서 제품화 되어 판매되는 무선제어 모듈 등이 있음.

(4) 무선 CAN

- 무선 CAN은 RFMAC 프로토콜과 WMAC 프로토콜을 이용해 CAN의 장점을 유지한 채 무선 기능으로 확장을 가능하게 한 기술임.
- RFMAC 프로토콜은 마스터 노드 영역 내에서 하나의 마스터 노드와 슬레이브 노드들로 이루어진 중앙 집중식 WCAN 네트워크에서 동작됨. 중앙 집중적인 무선 네트워크에선 ALOHA, PRMA (Packet Reservation Multiple Access), ISMA (Idle Signal Multiple Access) 등으로 만들어진 경쟁 기반 채널 액세스 프로토콜들로 평가됨. ISMA 액세스 프로토콜은 중앙 집중식 WCAN에서 부분적으로 적용된 방법 중의 하나이며 공유 채널에 전송하려면 중앙 노드와 단말기에 트래픽이 발생할 수 있음.
- WMAC 프로토콜은 분산 WCAN 네트워크에서, 일부 노드는 중앙 노드의 도움 없이 서로 통신을 수행할 수가 있음. WMAC 프로토콜은 산발적 그리고 주기적 메시지를 지원하기 위해 설계되었음. 그러므로 어떤 노드는 언제 어느 때나 메시지를 브로드캐스트 할 수 있음. 경쟁 상황은 각각의 메시지에서 서로 다른 PIFS(Priority Interframe Space) 지연 시간을 이용하여 해결하였음. 또한 CSMA/CA 프로토콜의 우선순위는 내부프레임 타이밍에 의해 해결된다고 제안하고 있음. 그러나 WCAN 기술은 산업형 환경에 적용되기에는 많은 구현상의 문제로 인해 학술적 연구의 사례로만 발표되었음 .

표 1 무선 필드버스 기술에 활용될 수 있는 사용 무선기술 (블루투스, IEEE802.15.4, IEEE802.11)의 비교

구 분	블루투스	IEEE 802.15.4	IEEE 802.11a/b/g
통신 거리	10 (50~100m)	10m	50~100m
최대 전송데이터	723Kbit/s	< 125Kbit/s	30.6 Mbit/s (Ethernet), 2.6 Mbit/s (60bytes payload)
전력소모	낮음	매우낮음	중간
데이터 주기성	있음(polling 알고리즘에 의존)	있음	DCF: 없음, PCF: 있음 (jitter 포함), HCF: 있음
재전송	있음	있음	있음
FEC	구현가능	없음	없음
노드 개수	8	2~65,000	•
주파수 대역	2.4 GHz ISM	868 MHz, 902~928 MHz, 2.4 GHz ISM	5-6 GHz / 2.4 GHz / 2.4 GHz
물리 계층	FHSS/AFH	DSSS	OFDM / DSSS

다. 무선 필드 버스 기술의 비교

- 무선 필드버스 기술에 활용될 수 있는 사용 무선기술로는 현재 블루투스, IEEE802.15.4, IEEE802.11를 이용한 방법이 가장 효율적인 것으로 연구되어 지고 있음.
- 세 가지 모두 다른 용도에 맞도록 설계가 되었고, 사용 환경에 따라 각각 장단점을 가짐. IEEE 802.11 시스템은 대용량의 데이터를 전송하는데 최적화 되어 있고, IEEE 802.15.4는 통신 빈도수가 적고, 매우 적은 데이터를 전송하지만 전력소모가 매우 적고, 블루투스는 두 시스템의 중간에서 적당한 양의 데이터를 전달하면서 적은 전력을 소모하는 특징이 있다. 각 시스템의 특징을 표1에서 정리하였다.

2 본론

| 국내외 산업동향

- 본 절에서는 국내외 자동화 현장에서의 무선 제어 기술 및 무선 필드 버스기술에 대해서 살펴보고자 함.

가. 국내외 산업동향 및 전망

- 무선기술의 발전으로 인한 산업용 기술의 필요성 대두
- Rockwell, 지멘스, ABB 등의 다국적 기업과 해외의 필드버스 기술 개발업체들이 경쟁적으로 개발 중에 있음.
- 국내의 경우 RFID를 이용한 물류 시스템이나 지그비를 이용한 응용 시스템에 대한 구현사례는 있으나 산업용 무선 필드 버스의 개발은 진행되지 않음.
- 향후 5년간은 주로 기존의 유선 시스템과 통합이 가능한 유무선 통합 시스템으로 개발이 가속화 될 것으로 예측됨.
- 향후 5년간은 주로 기존의 유선 시스템과 통합이 가능한 유무선 통합 시스템으로 개발이 가속화 될 것으로 예측됨.
- 향후 10 년 이내에 산업용 환경 기술도 급성장 할 것으로 예상됨

나. 산업적 응용분야

- 공장 자동화 분야
 - 대규모의 자동차 조립 자동화 라인과 공항 자동화에 유선의 한계점을 보완하는 측면에서 많은 수요가 예상됨
- 기차 및 선박 분야
 - 고속 전철, 대형 운반선, 잠수함의 군함 등의 시스템 원격 제어 및 시스템 통합 기술 개발이 예상됨.
- 발전소 및 대형 플랜트 분야
 - 수력, 화력, 원자력 발전소 내의 시스템 통합 및 기존 유선 시스템의 보완적 성격의 추가 시스템의 개발이 진행

산업용 무선 필드버스 구현을 위한 문제점 분석

3

- | 무선 필드 버스의 문제점 분석
- | 실용화/산업화를 위한 기술(산업)적 과제
- | 경제적 파급효과

3 산업용 무선 필드버스 구현을 위한 문제점 분석

| 무선 필드 버스의 문제점 분석

- 무선 채널과 무선 송수신기를 이용한 무선 기술이 산업용 환경에서 적용하기 위한 문제점으로 경로손실, 송수신기의 반이중방식으로 인한 제한, 물리 계층의 오버헤드, 그리고 예측이 어려운 채널 에러 등을 들 수 있음.

가. 프로토콜 선택의 문제점

- WorldFIP에서와 같이 공급자-분배자-수요자(Producer-Distributor-Consumer) 전달 모델을 사용한다고 할 때 해결할 수 없는 일관성 문제가 제기될 수 있음.

(1) Profibus 계열 토큰 버스 방식

- 토큰 패킷의 반복되는 손실은 논리 고리(Logical Ring)의 안정성에 심각한 영향
- 이동성에 대한 대처방안이 없기 때문에 이에 적절한 방안이 필요한 토큰-패싱(Token-Passing) 프로토콜이 필요함.
- 토큰을 보내는 컨트롤러와 받는 컨트롤러 들은 반드시 상호 통신이 가능한 지역적 범위 내에 위치해야 함.

(2) CAN 계열 CSMA 방식

- 패킷 전송 시 충돌이 일어나기가 쉬움
- 미디어 접근 제어(MAC) 기법으로 패킷 충돌을 회피할 수 있는 결정론적 방식(Deterministic Mechanism)을 사용해야 하는 제약 존재
- 반이중(Half-duplex) 방식을 사용해야 한다는 제약조건이 존재
- CSMA(Carrier-Sense Multiple Access) 방식에 의존하는 프로토콜, 또한 무선방식에 적용하기에는 여러 가지 문제들이 산재함.

나. 무선 채널과 무선 송수신기의 문제점 분석

(1) 주파수 간섭 문제

- 2.4GHz의 주파수 대역에서 블루투스, IEEE 802.15.4, IEEE 802.11b를 포함한 여러 무선기기 표준이 정의되었음. 따라서 공존하는 네트워크의 성능과 문제점을 파악하고 상호간 간섭을 최소화 하는 방법을 소개해야 할 필요성이 대두됨.
- IEEE 802.15.4 표준과 IEEE 802.11 간의 간섭을 해결하기 위해서는 CSMA가 고려될 수 있음. CSMA는 본질적으로 동일한 주파수 대역을 사용하는 다수 통신 시스템의 공유 환경을 개선하는 기술이어서, 반송파 탐지(carrier-sensing) 메커니즘을 어떻게 구현하느냐에 따라서 각기 다른 표준의 무선기기들 간 간섭을 해결함.

- 블루투스 와 IEEE 802.11b를 해결하기 위한 방법으로는, 블루투스 버전 1.2에서는 AFH 방법을 제안하여 IEEE 802.11b에서 사용하는 주파수를 피할 수 있도록 주파수를 제어하는 방법을 제시하였고, 또한 이전 버전에서 역방향 패킷(reverse link packet)을 전송하는 경우 주파수를 다르게 하여야 하는 제약이 있었는데, 이를 함께 함으로써 주파수 충돌의 확률을 줄일 수 있음.
- IEEE 802.15.4나 IEEE 802.11b 표준은 인위적으로 혹은 자동적으로 주파수를 조절할 수 있는 기능이 있기 때문에, 이 두 표준 간에는 간섭이 일어날 가능성이 거의 없다고 학자들이 결론을 내렸고, 또한 IEEE 802.15.4는 매우 짧은 0.1%~1% 사이의 수행 사이클 (duty cycle)을 가지기 때문에 더욱더 다른 디바이스들과 주파수 간섭을 일으킬 확률이 적음.

(2) 경로손실(path loss)

- 신호의 강도는 송신기와 수신기의 거리에 비례하여 감소하게 되고, 이를 ‘경로손실’ 이라고 함. 경로손실의 크기는 안테나 기술, 사용된 주파수, 환경 등에 좌우함. 대표적인 경로손실을 추정하는 방법으로 로그-거리(log-distance) 모델이 있음.

(3) 송수신기의 반양방성(half-duplex)

- 무선 송수신기는 같은 채널에 대해서 송신과 수신을 동시에 하지 못함. 그 이유는 자신의 신호 자체가 오고 가는 신호의 세기를 압도할 수 있기 때문임. 이 때문에 대부분의 무선 송수신기는 반양방성을 가지고 있음.

(4) 물리 계층의 오버헤드

- 노이즈가 많은 무선 채널에서, 수신단에서 패킷의 캐리어나 비트의 싱크 패턴을 올바르게 수신하기 위해서, 대부분의 무선 시스템에서는 수신 패킷 헤더 앞쪽에 프리앰블 (preamble)이라고 불리는 특수한 비트열을 (training sequence)이 삽입되어 사용함. 반면에 유선 전송 미디어에는 이러한 패킷 판별을 위한 오버헤드가 적음.

(5) 채널 에러의 해결 방법

- 무선 송신기기는 파형 송신 시 동시에 공중의 여러 방향으로 파형을 전파시킴.
 - 이 파형들은 반사, 회절, 분산 등의 영향을 받기 쉽게 됨. 이 영향의 결과로 원래 파형과 똑같은 다수의 파형이 어느 정도의 시간 차이를 두고 수신단에 수 차례 전달될 수 있음.
 - 이러한 편차를 해결하기 위해서 보통 사용되는 방식은 제곱평균제곱근 지연 전파(root mean square delay spread; 줄여서 delay spread)라는 방식이 존재함. 이러한 시간 분산의 영향으로 생기는 채널 에러는 결과적으로 크게 두 가지의 중요한 문제점을 발생시킴.
 - 첫 번째, ‘소규모 페이딩 (small scale fading)’ 혹은 다경로 페이딩 (multipath fading)으로 야기되는 수신 단에서의 보강 혹은 상쇄 간섭임. 특히 상쇄 간섭이 일어나는 경우는 딥 페이드(deep fade) 상태에 있다고 말하며, 이러한 경우에는 채널의 싱크 심볼을 디코드 하는데 에러가 발생할 확률이 더욱 높게 됨.
 - 두번째, 심볼간 간섭인데 (intersymbol interference; ISI), 시간에 대해 분산값이 커지는 경우, 다른 심볼에 속하는 파형들이 수신 단에서 오버랩 되는 경우가 있기 때문에 이러한 경우에는 원래의 심볼을 복원하는 것이 요구됨.

(6) 커플링 기기에 의한 유무선 망의 지연 문제

(가) Cut-through 포워딩 방식

- 패킷 포워딩에 소비되는 지연시간은 디바이스의 종류와 포워딩 동작의 구현에 따라 달라지는데, 패킷이 커플링 디바이스에 모두 저장되기 이전에 송신 세그먼트로 보내는 방식을 컷트루 (cut-through) 라고 함.
- 이 방식은 리피터(Repeater)의 전형적인 동작 모드이며, 일부 브리지에서도 이러한 동작이 가능함.
 - 이 방식을 지원하는 커플링 디바이스를 설계하기 위해서 고려해야 할 사항은, 네트워크 미디어가 서로 다른 패킷 형식 요구 사항을 가질 수 있다는 것과, 이와 비슷하게 미디어의 속도가 상황에 따라서 달라질 수 있다는 것임.
 - 이런 경우를 위하여 커플링 디바이스에서는 어떠한 형태의 버퍼가 필요함. 마지막으로, 데이터 패킷으로 한 바이트 용량을 보내기 위해, 각기 다른 시스템에서 각기 다른 비트 수의 패킷을 전송해야 하는 가능성이 존재한다는 점임.
 - Cut-through 포워딩 방식은 S+F 방식이나 게이트웨이 기반의 방식에 비해 가장 작은 포워딩 지연 시간을 보여줌.

(나) 저장 후(S+F) 포워딩 방식

- 커플링 디바이스가 포워드 할 패킷을 모두 받은 후 일정 시간 이후에 송신 세그먼트로 보내는 방식을 S+F(store and forward) 방식이라고 함.
 - 이러한 시스템에서는 포워딩 디바이스는 패킷 전체를 받은 이후에 비로소 출력 세그먼트로 패킷을 전달한다. 따라서 포워딩 지연 시간은 패킷 전체를 출력 세그먼트로 보내는 시간과 그 패킷이 출력 세그먼트로 전송되기 위해 디바이스에서 처리된 시간을 합한 시간이 됨.
 - 만일 포워딩 디바이스가 브리지였다면, 출력 단에서 올바른 전달받을 세그먼트를 선택하는 시간이 추가됨.

3 산업용 무선 필드버스 구현을 위한 문제점 분석

| 실용화/산업화를 위한 기술(산업)적 과제

가. 기술적 과제

(1) 적합한 프로토콜 선택의 문제

- 어떤 프로토콜을 요구 환경에 적절하게 선택할 것인가 하는 문제는 무선 필드버스 디자인에서 중요한 문제임. 주어진 요구 사항 및 환경에 따라서 적합한 구현방법을 찾아야 함.
- 데이터 링크 계층의 경우, 만일 WLAN과 WPAN 표준들이 디바이스 레벨 통신 요구사항들과 일치점들이 있으면, 이 표준들의 프로토콜을 사용하는 것이 가장 편리함.

(2) 산업용 환경에서의 무선 채널환경에 대한 분석 및 연구

- 산업용 무선통신 장치를 설계하기 위해서는 무선 채널의 영향 및 산업 환경의 외적인 요소를 고려하여야 함. 유선 채널보다 무선 채널에서 결함 추정(Fault Assumption) 다양할 것이고, 유선 채널에서보다 무선 채널에서 에러가 더 자주 발생할 것임.
- 무선 채널에서의 전송 에러는 일시적인 반면 (딥 페이드 상태로 갔다가 다시 채널 상태가 원활히 복구되는 경우), 유선 채널에서의 전송 에러는 치명적인 경우가 많음(전선 결손, 하드웨어 부분 훼손).
- 무선 채널에서의 전송 에러는 일시적인 (transient) 반면 (딥 페이드 상태로 갔다가 다시 채널 상태가 원활히 복구되는 경우), 유선 채널에서의 전송 에러는 치명적인 경우가 많음(전선 결손, 하드웨어 부분 훼손). 이러한 부분을 고려해서 설계해야 함.

(3) 프로토콜 메커니즘 선택과 전송 지연 요소에 대한 고려

- 무선 필드 버스 구현을 위해서는 새로운 프로토콜 메커니즘이나 현재 프로토콜 메커니즘의 재구성이 필요하다고 할 수 있음. 또한, 설계의 어려움을 줄일 수 있도록 패킷 손실이나 패킷 전송 한계에 유연한 요구사항을 가지는 산업 응용 프로그램을 디자인하는 것도 하나의 방법이 될 수 있음.
- 커플링 기기는 전송 지연을 추가시키기 때문에 구성을 위해서는 다음과 같은 지연을 고려해야 함.
 - 포워딩 지연(forwarding delay): 브리징되는 스테이션에서 한 세그먼트에서 다른 세그먼트로 전송될 때 생기는 지연.
 - 큐잉 지연(queueing delay) 연결되는 세그먼트들이 서로 다른 전송 속도나 서로 다른 데이터 형태를 가질 경우 도입되는 지연.
- 산업용 기기에 있어서 지연에 대해 충분한 정확도를 가지고 지연이 예측하는 것은 매우 중요함. 이 지연들이 예상치 못한 결과를 초래할 수 있기 때문에 이런 지연들에 대해서는 충분히 검토되어야 함. 이러한 지연을 줄이기 위해서는 본 보고서에 소개된 방법 이외에도 다양한 방안들이 제안 되어질 수 있음.

나. 산업적 (사회적) 과제

- 기존에 개발된 시장은 IEEE 802.11, IEEE 802.15.4, 또 블루투스 와 같은 성숙된 표준이 존재하였지만, 이제까지는 무선 통신 기술이 산업 시설이나 공장에서는 사용되지 못해왔음.
 - 그 이유는, 에러 발생의 가능성이 높은 무선 채널로의 제어 신호 발생 시간의 정확도와 데이터 패킷의 완전성이 보장되지 못해왔기 때문임.
 - 이러한 문제점들이 산업계의 요구 사항 및 연구 기관의 기술 개선으로 해결된다면 무선 필드버스 기술을 급속도로 산업현장에 적용될 가능성이 큼.
- 기존 필드 버스 기술은 관련 기반 기술의 부재로 인한 원천기술 미확보 문제 해결이 현 시점에서는 중요함. 이를 위해 무선 기술의 우위를 위한 산학협력을 통한 표준 확보 및 시장 확대가 필요함.

3 산업용 무선 필드버스 구현을 위한 문제점 분석

| 경제적 파급효과

- 국내 자동화 통신 기술은 대부분은 외국 회사의 기술을 채택하거나 국외 회사의 완제품만 사용하고 있음. 대기업의 자동화 부문에서도 원천 기술의 확보보다는 기존 제품의 활용 위주로 개발이 이루어지고 있음.
 - 국내 기술의 개발 시 국내외 표준의 주도권과 시장 선점 가능성 있음.
 - 개발 초기 단계의 기술로 산업용 무선 기술이 인프라가 잘 갖추어진 국내 산업 환경에서 개발 유리함. 이를 활용하는 것이 중요함.
- 전송 방식을 고려하여 기존의 시장에서 성숙된 무선 표준과 함께 적절한 프로토콜 메커니즘을 구상하면, 무선 필드버스 기술을 산업 기기 시설과 공장 시설에 적용할 수 있는 시장을 창출할 수 있음.
- 국제 표준 기술의 선도와 국내 자동화 통신망 기술의 확보로 관련 시장을 선도할 수 있음. 외국 통계자료들을 종합해보면 향후 10년 내에 무선 산업용 통신망 시장은 10배 이상 성장하며 지금의 유선 필드버스 시장의 많은 부분을 대치하리라 예측됨. 기술 초기 개발 단계에서 연구개발 역량을 집중한다면 국내외 자동화 및 제어용 통신망 시장을 선도할 수 있음.

참고문헌

1. A. Willig, *et al.*, Wireless Technology in Industrial Networks, Proceedings of the IEEE, Vol. 93, No. 6, June, 2005.
2. General Purpose Field Communication System, EN 50170, Vol. 3: WorldFIP, Union Technique de l' Electricite, 1996.
3. General Purpose Field Communication System, En 50170, Vol. 2: PROFIBUS, Union Technique de l'Electricite, 1996.
4. ISO Standard 11898 -- Road Vehicle -- Interchange of Digital Information -- Controller Area Network (CAN) for High-Speed Communication, 1993.
5. Wireless Communication Alliance "Industrial Wireless Communication Alliance, Retrieved Aug.3, 2003, <http://www.wca.org/about.html>
6. United States Federal Communications Commission, 2003, Annual Report and analysis of Competitive Market Conditions with respect to Commercial Mobile Service, 8th annual. July 2003
7. University of Texas at Austin, IC2 (Innovation, Creativity & Capital), <http://www.ic2.org/index.php>
8. Daniele Miorandi, Stefano Vitturi, "Hybrid wired/wireless implementation of Profibus DP: a feasibility study based on Ethernet and Bluetooth, Computer Communication, Vol. 27, Issue 10, pp. 946-960, 2004
9. Wireless Communication Alliance "About the WCA" Wireless Communication Alliance, Retrieved Aug.3, 2003, <http://www.wca.org/about.html>
10. M. Fainberg, D. Goodman, "Analysis of the interference between IEEE 802.11b and Bluetooth systems" IEEE VTS 54th Vehicular Technology Conference, Vol.2, pp. 967 - 971, 2001.
11. De Pellegrini, F. Miorandi, D. Vitturi, S. Zanella, "On the use of wireless networks at low level of factory automation systems", IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 2, Issue 2, pp. 129 - 143, May 2006
12. A. Kulti, H. Ekiz, and E.T. Powner, "Performance analysis of MAC protocol for wireless control area network", Proceedings of the International Symposium on Parallel architectures, Algorithms and Networks, Beijing, China, pp. 494-499, 1996.

저자소개

▶김 동 성

- 공학 박사
- 코넬 대학교 전기 및 컴퓨터 Postdoc
- 현, 금오공과대학교 전자 공학부 조교수
- 저서 : 산업용 필드버스 통신망 등

▶한국과학기술정보연구원 동향정보분석팀