

IT기계 융합을 위한 유무선 통합 필드버스 기술 동향

황준호 · 이지수 · 유명식 (송실대학교)

I. 서론

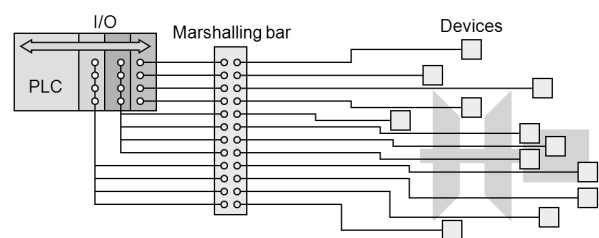
다품종 소량 생산의 시대가 도래함에 따라 자동화 생산설비 구축과 관련하여 간단하고 빠르게 구축할 수 있는 자동화 시스템, 생산설비 활용 방법의 표준화, 데이터 수집 및 해석화의 명료성, 생산설비의 유지/보수 용이성 등이 중요한 기술적 성능으로 인식되고 있다. 이에 따라 생산 자동화 현장에서는 생산설비를 효과적으로 운용하기 위한 네트워크 구성의 필요성이 대두되었고, 이를 위해 산업용 네트워크가 등장하게 되었다. 더욱이 산업 자동화 분야의 통신 환경이 아날로그에서 디지털 방식으로 전환됨에 따라 생산에 필요한 각종 설비들이 운용되는 현장에서 각 설비들 사이의 데이터를 전송하는 통로라 정의되는 필드버스(Fieldbus)가 활용되고 있다^[1]. <그림 1>은 기존 산업용 자동화 네트워크와 필드버스 시스템의 구조를 도시한 것이다.

그림에서 볼 수 있듯이 기존 산업용 자동화 네트워크는 제품 생산을 위한 공정 요소에 해당하는 모든 입출력 값을 일대일 형태로 접속하여 운용하였다. 하지만 공장의 크기가 커지고, 생산 설비 대수의 증가와 실시간성이 요구됨에 따라 초기 생산설비 구축 및 유지/보수에 많은 시간이 투자되고, 경제적인 부담도 증가하는 문제가 발생하였다. 반면, 필드버스의 경우 하나의 공통제어 채널을 기반으로 버스나 트리의 형태로 네트워크를 구성함으로써 약 40~50%의 배선 비용 감소시킬 수 있으며, 센서 또는 리모트 I/O의 이상 시 해당 노드를 명확히 파악할 수 있어 기존 산업용 자동화 네트워크 방식에 비해 유지 보수의 용이성의 장점을 제공할 수 있다^[2].

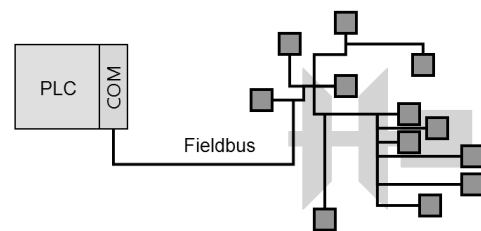
더욱이 필드버스는 고속으로 대용량 데이터 송수신을 위해 이더넷(Ethernet) 기술을 반영하여 상위 컴퓨터와 컨트롤러 간의 네트워크를 구축하고 있는데 FL-NET, MODBUS/

TCP, EtherCAT, PROFINET, Ethernet/IP 등이 대표적이다.

하지만 기존의 유선 통신을 기반으로 운용되는 필드버스를 구축하기 위해서는 생산 설비의 크기와 대수에 따른 배선 및 공간 활용 문제, 생산 설비의 제한된 이동성에 따른 재설치의 어려움 등의 문제점을 안고 있다. 이에 따라 무선 통신 기술이 비약적으로 발전함에 따라 이동성과 경제성 그리고 배선의 문제를 동시에 해결할 수 있는 무선 통신 기술을 필드버스 시스템에 도입하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 산업 자동화 분야에 적용할 수 있는 상용 무선 통신 기술들에는 IEEE 802.11 WLAN (Wireless Local Area Network) 기술과 IEEE 802.15.1의 블루투스(Bluetooth) 기술 그리고 Zigbee나 RFID에 사용되어진 IEEE 802.15.4의 근거리

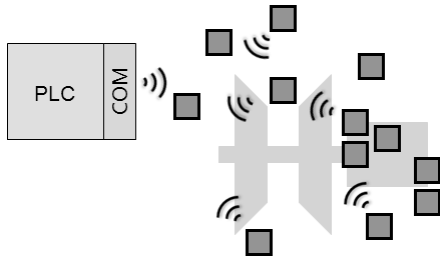


(a) 기존 산업용 자동화 네트워크 구조



(b) 필드버스 구조

<그림 1> 산업용 네트워크 기술



〈그림 2〉 무선 필드버스 시스템 구조

리 저속 무선 통신 기술 등이 있다^[3]. 〈그림 2〉는 무선 필드버스 시스템의 구조를 개념적으로 도시한 것이다.

하지만 무선 통신만을 이용하여 필드버스 시스템을 구축할 경우 전송 신호의 경로 손실, 주파수 간섭, 숨은 노드 (Hidden Terminal) 등의 문제로 인해 통신 신뢰성이 저하되는 문제점을 가지고 있다. 이에 따라 유선 필드버스와 상용 무선 통신을 통합한 유무선 통합 필드버스가 등장하였다.

이에 본 고에서는 유무선 필드버스의 기술 동향 및 무선 통신 기술이 산업용 네트워크를 위한 필드버스 적용 시 발생하는 문제점을 분석하고, 이러한 문제를 해결하기 위해 연구되고 있는 유무선 통합 필드버스의 개념과 통합 필드버스에서 무선 통신 부분을 최근 이슈가 되고 있는 가시광 무선 통신 기술로 대체할 경우 가질 수 있는 장점과 특징에 대해 논의하고자 한다.

II. 유·무선 필드버스 기술 동향

1. Ethernet 기반 산업용 필드버스 규격

가. FL-NET^[4]

- FL-net은 일본의 자동차 산업을 중심으로 하는 FA(공장 자동화) 분야에서 개발
- 일본 공업 규격과 일본 전기 공업회 규격으로 표준 모델 제정
- 물리 및 데이터 링크 계층에서는 이더넷 프로토콜을 운영하며, 네트워크 계층에서는 IP와 전송 계층에서는 UDP 프로토콜 사용

나. Modbus/TCP^[5]

- 모드버스 (Modbus)는 1979년 미국의 모디콘 개발
- 통신 종류 및 사용 방법에 따라 모드버스 시리얼, 모드버스 플러스 그리고 모드버스 TCP/IP로 나누짐
- 모드버스 시리얼은 로컬 디바이스간의 통신에 사용되며, 시스템과 시스템간의 통신을 위해 모드버스 플러스 그리

고 좀 더 큰 규모의 시스템에는 모드버스 TCP/IP를 사용

다. EtherCAT^[6]

- EtherCAT은 2003년 ETG (EtherCAT Technology Group)에 의해 규격화
- 이더넷 기술의 접목을 통해 접근성과 확장성이 우수하며, 전용 ASIC에 의한 독자적인 액세스 제어 방식 모션 제어 네트워크

라. PROFINET^[7]

- PROFIBUS 협회가 2001년 규격화
- 개방성과 상호 운용성을 겸비하여 안전관련 애플리케이션, 드라이브 및 모션 컨트롤 시스템 제공
- PROFINET CBA, IO, IRT의 3개 사양으로 구성됨
- 링 토폴로지 (Ring topology)에 의해 이중화 시스템 구축 가능

마. Ethernet/IP^[8]

- Ethernet/IP는 CI(ControlNet International)와 ODVA(Open DeviceNet Vendor Association)에 의해 2000년에 규격화
- ControlNet 및 DeviceNet에서 사용된 CIP (Common Industrial Protocol)를 이더넷 상에 접목

2. 무선 필드버스를 위한 상용 무선 통신 기술

가. IEEE 802.15.1 블루투스

- 가전 기기간 무선 연결을 위해 Bluetooth SIG (Special Interest Group) 표준화를 주도함
- 2.4GHz의 ISM 대역을 사용하며, 피코넷 (PicoNet)구조를 기반으로 통신 수행
- 하나의 피코넷은 하나의 마스터 (Master)와 최대 7개의 슬레이브 기기 (Slave Device)로 이루어지며, 마스터에 의해 통신 초기화 수행
- 하나의 마스터가 관리할 수 있는 기기의 수가 제한적이라 다수의 생산설비를 관리해야하는 필드버스 환경에는 독립적으로 사용되기에 적합하지 않음

나. IEEE 802.15.4

- 2003년 10월 무선 네트워크의 물리계층과 MAC (Medium Access control) 계층의 특성의 정의한 표준 완성

- 2.4GHz의 ISM 대역을 사용하며, 무선 센서와 제어 장치를 저비용, 저전력 무선 통신을 구현하는데 사용
- 저속의 데이터 전송 속도를 목적으로 하며, 슈퍼프레임을 사용하여 경쟁 방식과 비경쟁 방식을 혼용하여 통신함
- 데이터 양은 적지만 많은 노드 수가 필요하거나 실시간 요구 사항이 다소 낮은 산업용 네트워크 환경에 적용 가능함

다. IEEE 802.11 a/b/g

- 무선 랜의 물리 계층과 MAC 계층에 대한 다수의 규격으로 이루어져 있으며, 높은 데이터 전송속도와 끊김없는 (Seamless) 서비스 제공을 목적으로 함
- 계열별 통신 방법에 따라 2.4GHz와 5GHz 주파수 대역을 사용하는데, 11a의 경우 5GHz를 사용하며 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 적용하여 6Mbps ~ 54Mbps의 전송속도 제공이 가능함
- 11b의 경우 2.4GHz 대역을 사용하며, DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)을 사용, 최대 전송속도는 7.11 Mbps임
- 11g는 11b의 확장 표준이며, 2.4GHz 주파수 대역을 사용하고, 11b의 DSSS 물리 계층과 11a의 OFDM 물리계층을 필수적으로 지원, 최대 전송속도는 26Mbps임

3. 무선 필드버스 개발 시 고려사항

- 무선 통신 장치간의 주파수 간섭
현재 상용화된 WLAN, 블루투스 그리고 IEEE 802.15.4 무선 통신 기술은 2.4GHz 주파수 대역에 공존한다. 이는 단일 작업 환경에서 복수의 무선 통신 기술이 사용될 경우 통신 기기간의 간섭이 발생할 가능성이 존재한다. 물론 IEEE 802.15.4와 WLAN 기술은 자체적으로 주파수 간섭이나 통신 오류율이 증가할 경우 통신 채널을 변경하여 주파수 간섭을 최소화할 수 있다고는 하지만 블루투스와 타 기기 간의 간섭 문제는 반드시 해결해야할 문제로 인식되고 있다^[9].
- 구축비용
일반적으로 필드버스 시스템을 선정할 때 가장 먼저 고려되는 것은 시스템 구축비용이다. 즉 공장의 크기, 운용되는 생산설비의 대수 등을 고려하여 필드버스 시스템을 선정하게 되는데, 무선 통신 기술만을 이용하여 필드버스를 구축할 경우 무선 통신의 신뢰성과 통신 영역을 증가시키기 위해서는 구축비용의 증가가 불가피하다.
- 복잡도 및 통신 신뢰성
무선 필드버스 시스템은 다수의 무선 통신 기술이 공존

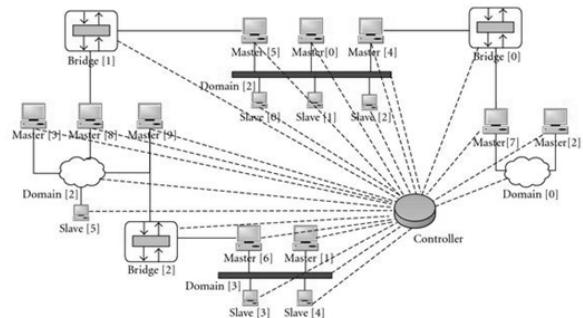
한다. 이러한 공존 환경은 통신 기기간의 간섭을 초래하고, 간섭의 발생은 통신 신뢰성을 저하시키는 요인이 된다. 또한 간섭 뿐 아니라 경로 손실, 충돌 인지의 어려움, 숨은 노드 문제, 다중 경로 문제 등의 기존 무선 통신 기술에서 통신 품질을 저하시키는 문제점을 그대로 가지고 있다. 따라서 무선 통신 기기의 공존 환경에서 통신 신뢰성을 확보하기 위해서는 앞서 무선 통신 기술이 가지는 문제점을 해결하여야 하고, 이러한 문제를 해결하기 위해서는 시스템 복잡도의 증가가 불가피 하다.

Ⅲ. 유무선 통합 필드버스 발전 방향

무선 통신 기술을 필드버스 환경에 적용하기 위해 고려해야 할 다수의 문제점들이 부각됨에 따라 이미 안전성이 확보된 유선 필드버스와 이동성 및 배선 문제를 해결할 수 있는 무선 필드버스를 결합하여 통합적인 필드버스 시스템을 운용할 수 있는 유무선 통합 필드버스 기술이 논의되고 있다.

유무선 통합 필드버스 시스템에서는 송수신기들이 케이블로 연결된 유선 장치들과 무선 통신 송수신기로 구성된 무선 장치들 간의 통신을 기본으로 한다. 즉, 무선 장치와 유선 장치는 소규모의 네트워크를 형성하고, 각 네트워크 마다 유선을 연결되어 필드버스를 관장하는 중앙 장치로 연결되는 계층적인 구조를 가져야 한다. <그림 3>은 중앙 관리 장치 (Controller)와 브리지 (Bridge)간에는 무선 통신을 사용하고, 브리지간 또는 생산 장치의 마스터 (Master)/슬레이브 (Slave) 장치 간에 유선 통신을 사용하는 유무선 통합 필드버스의 구성도를 나타내고 있다.

이와 같은 유무선 통합 필드버스는 유선 통신 환경에서 문제점으로 인식되었던 통신 배선과 전용 공간의 문제, 유지 및 보수 어려움 그리고 생산 설비의 이동시 발생하는 필드버스 시스템 재구축의 문제점 등을 무선 통신 기술을 접목함으로써 해결할 수 있으며, 무선 통신 환경에서 경로 손실, 주파수



<그림 3> 유무선 통합 필드버스 구성도

간 간섭 최소화, 노드 충돌 상태 인지, 숨은 노드 해결 등의 통신 신뢰성을 저하시킬 수 있는 요인을 유선 통신을 접목함으로써 해결할 수 있다.

하지만 무선 통신 기술을 부분적으로 적용할 경우에도 다수의 무선 통신 기술이 공존할 경우 발생하는 간섭 문제와 경로 손실과 숨은 노드 발생 등의 문제로 인한 통신 신뢰성의 저하 문제는 여전히 과제로 남아있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 무선 통신 시스템의 복잡도 증가가 불가피하다. 이에 따라 새롭게 등장하고 있는 차세대 근거리 무선 통신 기술인 가시광 무선 통신 (Visible Light Communication) 기술을 접목하여 이러한 문제를 해결하려는 시도가 이루어지고 있다.

1. 가시광 무선 통신 기술 (Visible Light Communication; VLC)

VLC는 반도체 소자인 LED (Light Emitted Diode)의 ON/OFF의 반복을 통한 빛을 발산하는 특징과 이를 제어하여 조명의 역할 뿐만 아니라 디지털 신호를 전송할 수 있다는 특징을 이용한 것이다. 즉, LED가 초당 수백 ~ 수천 번 이상의 ON/OFF를 반복할 경우 사람의 눈에 악영향을 주지 않고, 디지털 신호를 표현할 수 있다는 특징을 이용한 것이다.

또한 VLC는 LED가 발산하는 빛이 도달하는 특정 영역에서만 데이터 인식이 가능하기 때문에 자체적으로 보안성이 매우 뛰어나며, LED 수요 증가와 가격 감소로 인해 조명 기기가 점차 LED로 변경되어가고 있다는 점에서 근거리 고속 통신을 위한 차세대 무선 통신 기술로 인식되고 있으며, IEEE 802.15.7 WG을 통해 표준화가 활발히 진행되고 있다. 이러한 가시광 무선 통신은 조명 기기가 설치된 곳이면 조명과 통신 기능을 동시에 수행할 수 있다는 장점을 가지고 있다. <그림 4>는 가시광 무선 통신 기술의 다양한 응용 서비스 종류를 도시하고 있다^[10].

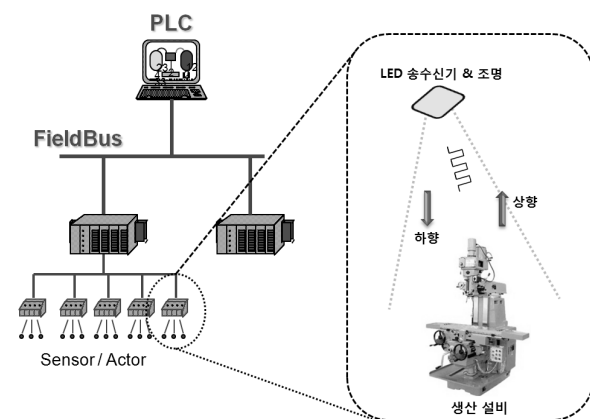


<그림 4> VLC 응용 서비스의 예

2. VLC 기반 유무선 통합 필드버스 시스템

현재 가시광 무선 통신 기술은 실내 근거리 통신 환경에서 10Mbps의 이상의 전송 속도를 제공이 가능함이 입증되었고, 실내 환경에서 다양한 응용 서비스 제공을 위한 활발한 연구가 진행되고 있다. 이와 같이 상용화 가능성이 매우 높은 가시광 무선 통신 기술의 활용 분야로 실내 산업 자동화 환경은 매우 적합한 분야라 할 수 있다.

특히 가시광 무선 통신 기술의 통신 영역이 빛이 도달하는 범위이기 때문에 기기간 통신 영역이 명확히 구분되고, 2.4GHz 대역이 아닌 가시광선 대역을 무선 통신 주파수로 사용하기 때문에 유무선 통합 필드버스의 개발 시 시스템 복잡도 증가를 야기했던 통신 기기간 간섭 문제를 원천적으로 해결할 수 있다는 측면에서 그 활용 가치를 입증할 수 있다. 더욱이 가시광 무선 통신은 통신 상태를 눈으로 확인할 수 있어 생산설비의 이상을 빠르게 확인할 수 있고, 이에 따라 유지/보수의 장점을 가질 수 있다. 일례로 생산설비 주변에 센서를 설치하고, 상향 링크로 센서에서 측정된 제품 및 기기의 상태를 파악하고, 제품의 이상이나 생산 설비의 고장이 발생했을 경우 해당 LED AP 내부의 조명을 백색 이외의 색 (빨강, 파랑 등)으로 변경하여 주변 관리자나 생산 담당자에게 통보할 수 있는 오류 보고 시스템 구성이 가능하다. <그림 5>는 VLC 기반 유무선 필드버스 구성의 예를 도시하고 있다.



<그림 5> VLC 기반 유무선 필드버스 구성 예

IV. 결론

산업용 네트워크를 위한 필드버스 시스템은 다품종 소량 생산으로 인해 생산 설비의 수와 유지/보수의 성능이 강조되면서 생산 자동화 환경에 필수적으로 사용되어야 하는 기술로 인식되고 있다. 하지만 기존 유선 필드버스 환경은 배선의 복잡도, 구축비용, 구축 공간의 확보 및 재설치의 어려움

등의 문제를 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 상용 무선 통신 기술의 접목이 시도되고 있으나 다수의 무선 통신 기술이 동일한 생산 시스템 환경에 사용될 경우 발생하는 주파수 간섭 문제로 인한 통신 신뢰성의 저하가 심각한 문제로 야기되었다.

이에 따라 유무선 통합 필드버스 시스템은 유선 필드버스 기술과 무선 통신이 결합되어 미래의 산업 자동화 환경에서 반드시 요구되는 생산 설비 네트워크 구축의 신속성과 이동성, 표준화된 통신 프로토콜 사용, 데이터 수집 및 해석화의 명료성, 생산 설비의 유지/보수 용이성 등을 만족시킬 수 있을 것으로 기대된다. 더욱이 가시광 무선 통신 기술은 실내 조명과 무선 통신의 기능을 동시에 수행할 수 있는 장점을 기반으로 유무선 통합 필드버스를 위한 무선 통신 기술로 사용할 수 있으며, 유무선 필드버스의 안정성을 증대시킬 수 있는 기회가 될 것이라 기대된다.

Acknowledgments

본 고는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급 인력과정 지원 사업(NIPA-201 0-C6150-1001-0004)과 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 (No. 2010-001 1275)의 연구 결과임

참고문헌

- [1] 김성민, "필드버스의 기술동향과 산업현장 적용사례", 월간 제어계측, pp.2-6, 2005년 5월호.
- [2] 한국오르론, "산업용 Network의 변화", 자동제어계측/시스템 전문지 (C&I), pp.6-9, 2008년 5월호.
- [3] 김동성, "산업용 통신망을 위한 무선 통신 기술의 현황 및 분석", 월간전자부품 기술보고서, pp. 90-97, 2006년 4월호.
- [4] Mitsubishi Co. FL-net 인터페이스 모듈 [사용자 매뉴얼], 2006.
- [5] Acromag Co., "10/100M Industrial Ethernet I/O modules with Modbus - Technical Reference - Modbus TCP/IP," 2005.
- [6] EtherCAT Technology group, "EtherCAT - The Ethernet Fieldbus," 2009.
- [7] PROFINET Technology and Application, "PROFINET system Description," Apr., 2009.
- [8] (주)임베디드시스템코리아, "EtherNet/IP 기본 원리," Jun., 2005.
- [9] 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.

- [10] 김대호, 임상규, 강태규, "LED 조명 통신 융합 가시광 무선통신 응용 서비스 모델," 한국통신학회지 정보와 통신, Vol.25, No.5, pp.3-9, 2009년 4월.



황 준 호

2004년 2월 숭실대학교 정보통신전자공학부 학사.
2006년 2월 숭실대학교 정보통신공학과 석사.
현재 숭실대학교 정보통신공학과 박사과정.
<관심분야> OBS, Optical Access Network, Wireless MAC Protocol, Visible Light Communication, Wired/Wireless Fieldbus system



이 지 수

2009년 8월 숭실대학교 정보통신전자공학부 학사.
현재 숭실대학교 정보통신공학과 석사과정.
<관심분야> Wireless Mesh Network, Wired/Wireless Fieldbus system



유 명 식

1989년 2월 고려대학교 전자전산공학화 학사.
1991년 2월 고려대학교 전자공학과 석사.
2000년 8월 SUNY at Buffalo Dept. EE 박사.
2000년 9월~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 부교수.
<관심분야> Optical Network, Optical Access Network,
Wireless MAC protocol, Ad-hoc routing
protocol, Visible Light Communications,
Wired/Wireless Fieldbus system