



무선 자동화로의 길 개척

무선 표준이 필드버스 성능 요구사항을 만족하고, 미래 무선 자동화를 이끌 수 있을 것인가? ABB 연구진이 그 답을 찾기 위해 나섰다.

유선 자동화 기술은 지난 1970년대부터 전 세계의 공장에 차용되기 시작했다(디지털 통신 방식은 2000년대 들어서 도입되었다). 이는 대규모 제조 시스템에 접속할 수 있게 해주는 '필드버스'라 불리는 표준화 통신 프로토콜의 힘이 컸다. 그러나 간편하고 신뢰성 높은 설치, 사용, 정비 및 문제 진단 기능이 항상 성공적이지는 못했다. 스마트 센서와 구동장치를 적용한 4-20mA 기술을 기반으로 운영되는 시설이 여전히 많았기 때문이다.

이제 무선 디바이스가 우리 주변을 가득 채우고 있는 현재, 무선통신 기술을 이용해 배선 계획 및 설치나 EMC 문제를 예방하기 위한 차폐, 접지 문제, 배치의 유연성 부족, 설계의 복잡성과 같은 문제가 많은 유선 시스템으로 운영되는 시설의 한계점을 우회하지 못할 이유는 없지 않은가?

그러한 미래로 나아가는 일은 힘들 것으로 보인다. 무선 현장 설비(주로 모니터링 설비) 부문에서 2000년대 후반 도입된 경쟁 표준이 사용되고 있으며, 무선 필드버스 또한 확실한 성능 경계선 내에서 신뢰성 있게 작동해야 한다는 문제 때문이다. 가장 간단하게, 스마트폰 스크린 업데이트를 위해서 들이는 지연 시간은 일반 소비자들에게는 익숙해졌지만, 제조업체에게는 시간과 자금, 심지어는 고객까지도 잃을 수 있는 중요한 문제라는 것을 예로 들 수 있다.

이 성 흔 팀장

Product Management Team Manager

(주)ABB코리아

sung-heon.lee@kr.abb.com



Iggesund 공장(Image courtesy of Holmen, 작가 Rolf Andersson, Bildbolaget)

“현행 무선 표준으로 대규모 산업 공정을 통제하려면 필드버스 표준과 동등한 수준의 결정론적 능력과 신뢰성을 갖추어야 한다는 새로운 요구사항을 만족시켜야 합니다.”

유선과 무선의 대결

이번 프로젝트를 담당한 ABB 연구진은 제어설비에 적용하려면 현행 무선 표준이 몇몇 성능적 특성을 개선해야 한다는 사실을 파악하였다.

① 적시성 : 현행 무선 표준으로 대규모 산업 공정을 통제하려면 필드버스 표준과 동등한 수준의 결정론적 능력과 신뢰성을 갖추어야 한다는 새로운 요구사항을 만족시켜야 한다(예시로, 안전성이 핵심인 설비의 폐회로 제어 시 초 단위 이하로 사용 가능성이 입증되어야 하는 것 등). 동시에 유선 필드버스의 확장형이 매우 단순하면서도 효율적인 방식으로 설치, 배치, 유지 관리되며, 진단되어야 한다는 필요성을 낳는다.

② 가시성 : 몇몇 공장 설비가 현행 무선 표준을 이용

한 계기 판독을 바탕으로 제어되고 있는 현재 상황에서, 이를 제어하는 기술자들이 계기의 데이터가 어떻게 수집 및 전달되는지 아는 것이 매우 중요하다 할 수 있다. 이는 특히 현행 무선 도구와 동등한 수준의 추가적인 불확실성과 지연을 보상하기 위해 제어 알고리즘을 변용하였을 때 더하다. 제어시스템에 특정한 종류의 데이터 확인 절차를 기용하여 잘못된 알고리즘을 사용하는 일을 피해야 한다.

③ 반응성 : 현행 표준의 가장 두드러진 한계점은 구동기와 고장 안전 상태 지원이 부족하다는 점이다. 그 예로, CSMA 대신 TDMA 레이어를 채용하더라도 시스템 수준에서 예측 가능한 오류 감지를 일관적으로 유지하는 것을 보장할 수 없다는 것을 들 수 있다. 이와 동일한 이유로 오늘날의 메시형 네트워크의 자체 수복 속성만으로는 핵심 제어 설비의 링크/네트워크 오류를 미

리, 혹은 발생 후 필요한 기한 내에 회복시키는 것이 불가능하다. 모든 무선 네트워크 시스템이 현행 가외성 필드버스 시스템과 마찬가지로 패킷을 놓치는 일 없이 빠르게 자체 수복이 가능해야 한다.

“모든 무선 네트워크 시스템이 현행 가외성 필드버스 시스템과 마찬가지로 패킷을 놓치는 일 없이 빠르게 자체 수복이 가능해야 합니다.”

④ 서술법 : 현행 무선 표준에 존재하지 않는 또 다른 중요한 특성은 바로 실시간 데이터와 최선 노력 데이터를 구별하는 능력이다. 기기 설정 데이터는 실시간 통신 전 양단간 인증되어야 제어에 사용할 수 있다. 그렇지 않으면 전송된 정보의 신뢰성이나 적절한 스케일 여부를 확정할 수 없어 위험한 상황이 발생할 수 있다. 반면, 제어 회로에 사용할 실시간 데이터는 최선 노력 데이터와 함께 대기 상태에 진입할 경우 시기에 늦을 수 있다. 현행 무선 표준은 필드버스 수준의 실시간 기능

성을 확보하지 못했다.

현행 무선 필드버스 표준에 대한 분석 결과, ABB는 IEC 61158-2의 15.4의 위로 개선된 스택 레이어를 추가하여 단점을 극복하려 하였다. 실험실 시험 결과에 의해 이 장래성 있는 성과를 낸 아이디어가 작동 중인 공정 플랜트 접근법을 입증할 수 있다는 것을 확인하였다. Iggesund Paperboard에서 이러한 혁신적 정신을 공유하여 현장 연구를 지원하기로 동의하였다.

모델링에서 현실까지

Iggesund Paperboard는 세계 최대의 판지 브랜드 Invercote와 Incada를 제조하는 업체다. 이 회사에서 보유한 Iggesund 공장(사진 1)은 스웨덴 스톡홀름에서 북쪽으로 300km 가량 떨어진 곳에 있으며, 1916년에 영업을 시작하여 그 역사가 매우 깊다. 지금은 전 세계에서 가장 진보된 완전 통합 펄프/종이 공장으로 운영 중이다.

오늘날 산업용 무선 프로토콜의 다양성

산업용 무선 센서 네트워크가 소개된 지 수 년이 흘렀다. 세 가지 표준이 자동화 시장을 지배하고 있다. 각각 Wireless HART, ISA 100.11a, WA-PA이다. Wireless HART 표준은 2008년 처음 도입된 것으로 가장 널리 설치되어 운영되고 있다. 이를 포함한 나머지 두 개의 표준 모두 802.15.4 기술을 기반으로 구성되었다. 이들 표준이 주로 사용되는 설비는 공정 모니터링 설비지만, 저속으로 가동하는 비핵심 공정 제어 설비의 센서 측정 결과 전송에도 사용된다.

세 가지 표준 사이에 유사한 점이 많지만, 핵심적인 부분에서 차이가 나는 부분도 있다. 공통점은 세 가지 표준 모두 ISM 밴드에서 전 세계적으로 사용하는 15개 채널에 대해 250 kbit/s의 속도를 내는 IEEE 802.15.4 물리계층을 기반으로 하는 것을 들 수 있다.

다른 점 중 하나는 TDMA 슬롯 길이에 관련된 표준이다(변경 가능 혹은 고정). 또 다른 한가지는 주파수 도약으로, Wireless HART가 한 개의 고정된 채널 도약 테이블을 이용하는 반면, ISA 100.11a와 WA-PA는 Wireless HART가 사용하는 테이블을 포함한 다수의 채널 도약 테이블을 사용한다는 점이다.

위상 측면에서 이들 세 표준은 모두 메시 네트워크 위상을 이용하지만, WA-PA는 분산형 클러스터 헤드를 사용한다는 점에서 나머지 두 표준과 차이가 있다. 패킷 라우팅 측면에서는 Wireless HART와 ISA 100.11a가 그래프 라우팅 방식과 소스 라우팅 방식을 쓴다. 반면 WA-PA는 클러스터 헤드 방식을 사용하는 관계로 다소 다른 전략을 채용했다. 이는 메시 스타트 라우팅 접근법이라 불린다. 모든 현장 디바이스가 클러스터 형태로 정리되어 있기 때문이다. 진짜 차이점은 노드 주소 부여 측면에서 확인할 수 있다. ISA 100.11a가 IP 주소 방식을 사용하는 반면, 나머지 다른 표준은 자체 솔루션을 사용한다.

현장 검증 단계를 최대한 짧게 계획하여 6주를 조금 넘기는 기간 동안 시행되었다. ABB는 협력사와 최대한 협력하여 결과물의 정확성을 최대한 확보하면서도 공장 운영상 장애를 최소화할 수 있는 시험 기준을 만들었다. 그 예로, 운영자들이 데이터가 언제 무선으로 전송되는지 통지되지 않았고, 따라서, 히스토리안 서버에서 출발한 데이터가 공장에 적용된 신기술에 대한 인간의 직감에 의존한 반응에 의하는 대신 유/무선 성능의 객관적 비교를 통해 제공된다.

시험에서 추적한 특정 기술적 상세사항은 TDMA 슬롯 길이와 전송 속도, 가외성 수준과 가용성의 전체 표현형(예: 전체 통신 실패 횟수 등), 중단 간 대기시간 간의 트레이드오프 관계를 설명한다.

실험 설정은 세 가지 무선 설비와 구동기를 사용하는 세 가지의 무선 제어 회로(온도, 흐름, 압력)로, Profinet IO를 이용하는 게이트웨이를 통해 800xA 시스템으로 연결되었다. 제어회로는 ABB의 AC800M 컨트롤러를 250 ms로 설정하여 가동시켰다. 배치/시퀀스 모드로 가동되는 제조 시스템은 완전통합을 위해 ABB 시스템에 정보를 제공한다(이를 통해 운영자 환경은 변화하지 않음).

발견 내역

① **압력 제어** : 압력 제어 회로의 성능은 배치 프로세스의 시퀀스 제어로 발생하는 공정장애에 빠르게 반응하였으며, 완전한 무선 제어 회로상에서 안정적으로 작동했다.

② **흐름 제어** : 흐름 제어계통 또한 안정적으로 작동했다. 다만 압력 제어계통에 비해 공정장애가 덜 발생했다. 배치 마지막 청소 단계에서만 별도 제어가 필요한 대규모 장애가 발생했다.

③ **온도 제어** : 안전성 측면에서 가장 어려운 부분이 바

로 온도 제어계통 제어회로로, 보일러로 고압 증기를 뽑어내는 것이 어려움의 원인이었다. 제어 측면에서는 가장 간편한 제어회로였다.

④ **지연 시간** : 실시간, 비실시간 트래픽으로 파악한 평균 지연 시간을 확인한 결과, 유선 필드버스를 이용하는 유사한 전송/재전송 전략을 사용했을 때 실시간 패킷 전달 지연 시간이 짧고 변화폭도 적었다.

⑤ **패킷 손실** : 측정 기간 동안, 단 한 번의 패킷 손실만 발생했으며, 연속으로 세 번의 패킷 손실이 발생할 때까지 안전 메커니즘이 작동하지 않았다. 총 8시간에 걸친 측정 기간 동안 현행 필드버스 대비 총 세 번의 실시간 패킷 손실이 발생했다.

타당성 연구를 통한 최종 평가 중에는 운영자들을 대상으로 제어 성능이나 배치 프로세스를 통해 만들어진 자재의 최종 품질에 차이가 있었는지 질문하였다. 운영자들은 히스토리안 데이터를 주의 깊게 파악한 결과, 그러한 변화가 없었다고 결론을 내렸다.

무선으로의 전환

ABB의 타당성 연구결과는 무선 프로토콜 스택을 세심하게 설계하면 표준형 IEEE 802.15.4 송수신기를 사용할 수 있으며, 이를 이용해 실시간 운영 시스템과 제조공장의 작은 일부분을 제어하기 위한 제어 설비에 사용할 스택을 설계할 수 있음을 보여준다. 이보다 더 중요한 것은 무선 기술로도 Profibus나 기타 필드버스와 동등한 수준의 성능을 확보할 수 있다는 가능성이 발견되었다는 점이다.

ABB의 연구를 통해 미래 탐구가 필요한 중요한 영역을 새로이 파악할 수 있었다. 이를 바탕으로 앞으로도 무선 자동화를 위한 기술 발전을 선도할 것이다.