

에너지 손실 모니터링을 위한 Sushi Sensor 무선 스팀 트랩 모니터링 장치

Masayuki Sakata^{*1}Takayuki Suzuki^{*2}Tomomi Shimamura^{*1}

스팀 트랩은 일반적으로 응축수를 배출하기 위해 스팀 시스템의 배관에 설치됩니다. 전통적으로 스팀 트랩 고장은 작업자 순회 중 청각과 촉각에 의해 검출되었습니다. 하지만 작업 인구 감소로 인해 고장난 스팀 트랩 수리 및 교체 지연으로, 에너지 손실과 생산 효율성 저하가 발생할 수 있습니다. 따라서 Yokogawa는 스팀 트랩 기술에 대한 전문 파트너 공급업체와 협력하여 무선 스팀 트랩 모니터링 장치를 개발했습니다. 이 장치는 장비 고장을 검출하기 위해 스팀 트랩을 모니터링하므로, 결과적으로 에너지 손실을 모니터링합니다. 본 논문은 개발된 장치로 에너지 모니터링 및 보존을 실현하는 Sushi Sensor (스시 센서)의 새로운 설계 접근 방식을 소개합니다.

소개

지정학적 힘의 이동 및 기후 변화 대응 조치 시행을 위한 국제적 모멘텀 증가로 인해 탈탄소화와 에너지 보존에 대한 관심이 높아지면서 글로벌 에너지 상황이 크게 변화되었습니다.

산업 부문에서 스팀은 제품 가열 및 가습과 발전 터빈 구동에 필수적인 에너지원입니다. 스팀은 연료나 전기를 사용하여 물을 가열한 다음, 배관을 통해 장비에 공급되며, 이 공정 중에 스팀 손실을 줄이는 것은 탈탄소화 및 에너지 보존과 직접적으로 연결됩니다. 스팀 손실은 주로 보일러, 스팀 본관 및 생산 장비에서 발생합니다. 생산 장비의 안전한 작동을 보장하기 위해, 스팀 본관에는 스팀을 유지하기 위해 밸브를 기계식으로 개폐하는 스팀 트랩이 장착되어 있으며 응축수만 배출됩니다 (배수). 전형적인 플랜트의 스팀 트랩은 고온, 고압 환경에서 지속적으로 사용되기 때문에 2-8년에 이르는 짧은 수명을 가집니다.

스팀 트랩 고장은 스팀 누출 또는 막힘을 유발할 수 있으며, 누출은 에너지 손실을 초래하는 반면, 막힘은 스팀이 파이프의 막힌 물

을 빠르게 밀어내어 조인트에 충격을 주고 잠재적으로 장비를 손상시킬 때 발생하는 수격 현상을 초래할 수 있습니다.

스팀 트랩 고장은 전통적으로 청각 및 촉각과 같은 인간의 감각을 사용하여 작업자 순회 중에 검출됩니다. 하지만, 플랜트에는 엄청난 수의 스팀 트랩이 설치되어 있을 수 있으며, 작업 인구와 이 작업을 수행할 수 있는 인원이 업계 전반에서 감소하고 있기 때문에, 이러한 고장을 검출하고 해결하는 데 어려움이 커지고 있습니다. 그 결과 스팀 트랩 고장에 대한 대응 지연으로 인한 에너지 손실과 생산 효율 감소가 문제 되고 있습니다.

스팀 트랩 모니터링과 관련된 과제 및 솔루션

이러한 문제를 해결하기 위한 한 가지 방법은 원격으로 스팀 누출 및 스팀 트랩 막힘을 자동으로 검출하는 장치를 사용하는 것입니다. 이상이 발견되면 에너지 손실이나 장비 고장을 사용자에게 알린 다음, 즉각 수리하도록 유도해야 합니다. Yokogawa는 저전력 광역 무선 네트워크인 LoRaWAN을 사용하여 현장 정보를 수집하는 Sushi Sensor 솔루션⁽¹⁾⁻⁽³⁾을 제공합니다.

당사의 주력 제품인 XS110A 무선 통신 모듈은 다양한 측정 모듈과 결합하여 제품 라인업을 확장할 수 있습니다. 이를 바탕으로 Yokogawa는 에너지 모니터링을 위한 스팀 트랩의 상태를 모니터링하는 무선 장치를 개발하기 위해 스팀 트랩과 관련된 기술과 지식을 보유한 파트너 공급업체와 협력했습니다.

^{*1} CX Strategy Department, Control Center, Yokogawa Products Headquarters

^{*2} CX Development Department, Control Center, Yokogawa Products Headquarters

당사의 파트너 공급업체는 스팀 트랩 상태를 감지하는 온도 및 음향 센서를 갖춘 스팀 트랩 모니터링 모듈을 설계했습니다. 스팀 트랩 모니터링 모듈과 무선 통신 모듈을 연결하려면 다음 섹션에 설명된 대로 전용 설계가 필요합니다. 또한 위험한 장소에서 사용하려면 폭발 방지 설계가 필요합니다. 따라서 Yokogawa는 파트너 공급업체가 설계한 스팀 트랩 모니터링 모듈을 무선 통신 모듈과 쉽게 연결하기 위해 기계, 전자 및 펌웨어 설계에 메커니즘을 통합하여 스팀 트랩의 에너지 손실 및 장비 고장을 모니터링할 수 있는 새로운 장치를 구현했습니다. 이 글에서는 Sushi Sensor를 사용하여 무선 스팀 트랩 모니터링 장치를 구현한 방법을 설명합니다.

개발 정책 및 무선 스팀 트랩 모니터링 장치 구성

당사의 개발 목표는 파트너 공급업체의 센서 기술을 활용하여 스팀 트랩 모니터링 모듈의 개발 기간을 단축하고 제품 라인업 확장을 목표로 향후 개발에 사용할 수 있는 메커니즘을 구축하는 것이었습니다. 또한 Yokogawa 및 파트너 공급업체가 제공하는 기술을 개방형 및 폐쇄형 기술로 분리하여 서로의 설계 자산을 보호하고 활용하는 시스템을 구현했습니다. 이 시스템을 사용하여 개발된 XS822 스팀 트랩 모니터링 모듈은 무선 통신 모듈과 결합하면 무선 스팀 트랩 모니터링 장치로 작동합니다 (그림 1). 다음 섹션은 무선 스팀 트랩 모니터링 장치를 위한 인클로저 설계, 펌웨어, 회로 및 표준 분야에서 이 메커니즘을 실현하는 방법을 설명합니다.

인클로저 설계



그림1 무선 스팀 트랩 모니터링 장치 구성

무선 통신 모듈에 장착되는 스팀 트랩 모니터링 모듈의 유지 및 커넥터 구조는 장치의 신뢰성을 개선하기 위해 기존 Sushi Sensor 측정 모듈의 유지 및 커넥터 구조와 동일합니다.

스팀 트랩 모니터링 모듈은 그림 2에 나타난 그루브 구조물이 있으며, 인클로저의 견고성을 향상시키고 무선 통신 모듈용 커넥터의 전기 접점을 보장합니다. 이 그루브 구조물은 스팀 트랩 모니터링 모듈 주위의 4개 위치에 배치됩니다.

인클로저 전면의 고정 나사와 좌우 측면의 슬라이드 고정 나사

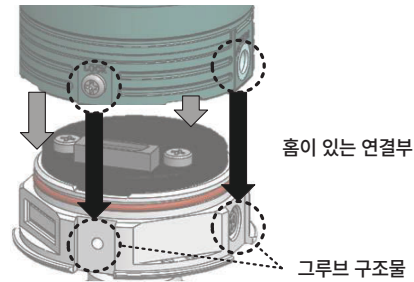


그림2 인터페이스 구성

한 쌍이 스팀 트랩 모니터링 모듈을 무선 통신 모듈에 부착합니다. 슬라이드 고정 나사는 모듈 연결의 신뢰성을 보장하고 높은 기계 정밀도를 요구합니다. 따라서 잘 구축된 유통망을 체계화하기 위해 주물 제조업체와 협력하고 파트너 공급업체에 Yokogawa에서 사용하는 것과 동일한 부품을 제공함으로써, 파트너 공급업체의 설계 시간을 단축하고 신뢰성에 필요한 정밀도를 달성했습니다.

그림 3은 파트너 공급업체가 제공하는 도파관 고정 브래킷의 구성을 보여줍니다. 스팀 트랩 모니터링 모듈과 도파관의 연결 구조물은 직경에 상관없이 파이프에 연결할 수 있도록 하고 스팀 배관의 열로부터 스팀 트랩 모니터링 모듈을 보호하는 열 발산 메커니즘인 한 두 개의 방열판을 활용하는 파트너 공급업체가 개발한 구조물을 채택했습니다. 이를 통해 최대 440°C까지 스팀 배관의 스팀 트랩을 모니터링할 수 있습니다.

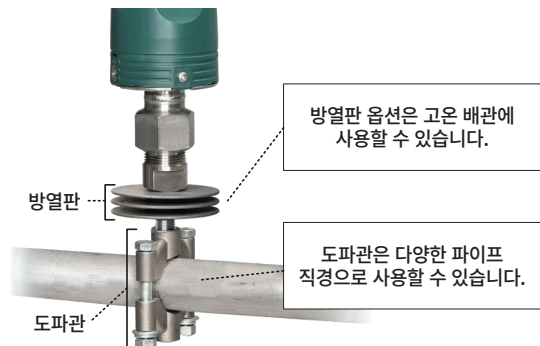


그림3 마운팅 브래킷 구성

표 1은 스팀 트랩 모니터링 모듈의 인클로저 규격을 보여줍니다.

표 1 인클로저 규격

항목	규격
무게	630 g
치수	φ68×237 mm
하우징 재료	스테인리스강
마운팅	도파관이 있는 파이프 마운팅 1/2B, 3/4B, 1B, 1-1/4B, 1-1/2B, 2B
보호 등급	IP66/IP67

펌웨어 및 회로 구성

그림 4에 나타난 바와 같이, 무선 통신 모듈은 다양한 측정 모듈에 연결할 수 있으며 연결된 각 측정 모듈에 해당하는 프로그램으로 작동하므로 적절한 파라미터를 적용해야 합니다. 무선 통신 모듈은 라인업 확장을 위해 다양한 측정 모듈과 자유롭게 바꿀 수 있도록 설계되었으며, 스팀 트랩 모니터링 모듈도 이 개발 정책에 따라 개발되었습니다.

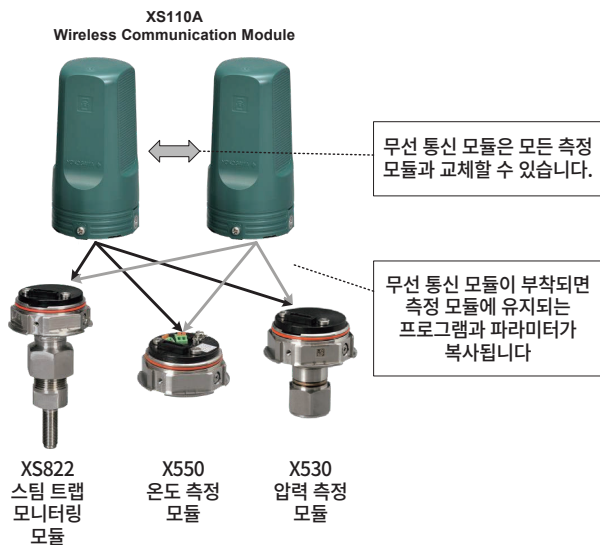


그림 4 4 모듈 조합

무선 통신 모듈이 스팀 트랩 모니터링 모듈의 연결을 감지하면, 측정 모듈에 저장된 프로그램을 내부 CPU에 복사하여 프로그램을 실행합니다. LoRaWAN 통신, 근거리 통신 및 프로그램 복사 시퀀스와 같은 많은 기능은 모든 측정 모듈 사이에서 공통적입니다. Yokogawa는 이러한 공통 기능을 라이브러리로 변환하여 파트너 공급업체에 API만 개방형 기술로 공개함으로써 이러한 공통 기능을 제공하는 기술을 보호합니다. 한편 Yokogawa는 제공된 API를 사용하여 설계 및 개발을 용이하게 하기 위해 API 문서, 샘플 코드 및 개발 보드를 제공함으로써 파트너 공급업체를 지원합니다.

회로와 관련하여, Yokogawa가 만든 무선 통신 모듈 커넥터에 대한 폭발 보호 및 핀 할당 사양을 위한 매개변수를 제공함으로써, 우리는 스팀 트랩 모니터링과 무선 통신 모듈 간의 연결과 방폭 표준 준수를 가능하게 했습니다. 또한, Yokogawa가 Sushi Sensor에 대한 EMC 설계에 대한 지식에 대한 보고서를 공유함으로써, 우리는 표준 인증 테스트를 준수하지 않는 경우 재설계 및 재작업을 피하기 위한 예방 조치를 취했습니다. 파트너 공급업체는 Yokogawa가 제공한 이러한 라이브러리와 설계 정보를 활용하여 다음 섹션에 설명된 대로 스팀 트랩의 상태를 감지하기 위한 회로 및 제어 프로그램에 대한 폐쇄형 기술을 설계하고 개발했습니다. 이를 통해 파트너 공급업체는 설계 자산을 활용하면서 자체 설계 정보의 세부 사항을 보호하여 개발 기간을 단축할 수 있었습니다.

표준 및 품질

스팀 트랩 모니터링 및 무선 통신 모듈이 분리되는 설계 방식 때문에 Yokogawa와 파트너 공급업체 간에 명확하게 정의된 책임과 함께 평가를 수행하고 적절한 표준을 준수해야 했습니다. 따라서 Yokogawa와 협력사 벤더 간의 품질 개념을 일치시키기 위해 ISO 및 IEC와 같은 국제 표준에 따라 개발을 진행하였습니다. 방폭을 비롯해 결합 상태의 모듈에 필요한 최종 평가 및 표준 인증은 협력사 벤더와 제3자 기관의 평가를 보완하여 Yokogawa의 기본 품질 보증 정책을 충족하는 제품 품질을 달성했습니다. 이러한 접근 방식을 통해 협력사 벤더의 센서 기술과 방폭 제품 개발을 위한 전문 지식을 활용하는 동시에 다양한 국가 및 지역에 폭발 방지 제품을 배포한 Yokogawa의 전문성과 영업 네트워크를 활용할 수 있었습니다.

스팀 트랩 모니터링 모듈

스팀 트랩 모니터링 모듈은 음향 및 온도 센서의 측정값을 기반으로 스팀 트랩의 상태를 감지합니다. 세 가지 조건을 감지할 수 있습니다 (그림 5-7). 그림 5는 스팀 트랩이 정상적으로 작동하는 양호한 상태를 보여줍니다. 정상적으로 작동하는 스팀 트랩은 응축수를 적절히 배출하고 응축수가 남아 있지 않을 때 스팀 누출을 방지합니다. 그림 6은 스팀 트랩이 응축수를 배출하지 못하는 저온 상태를 보여줍니다. 막힌 스팀 트랩에서 응축수의 온도는 스팀 온도 아래로 떨어지면서 주위 온도에 가까워집니다. 스팀 트랩 모니터링 모듈은 해당 온도를 기준으로 막힘을 감지합니다. 그림 7은 스팀 트랩에서 스팀 누출이 발생하는 블로 스루 (Blow Through) 상태를 보여줍니다. 이 상태에서 스팀 트랩을 통과하는 스팀은 초음파를 생성하며, 스팀 트랩 모니터링 모듈은 해당 소리를 캡처하여 스팀 누출을 감지합니다.

따라서 스팀 트랩 모니터링 모듈은 감지된 온도가 스팀 온도에 가깝고 스팀 누출을 나타내는 소리가 없을 때 상태가 정상임을 보여줍니다. 제공된 수치는 부유식 스팀 트랩을 일레로 들지만, 무선 스팀 트랩 모니터링 장치는 유형에 관계없이 스팀 트랩의 상태를 감지할 수 있다는 점에 주목하십시오.

이 모듈은 440°C의 최대 스팀 온도에서 사용할 수 있습니다. 195°C를 초과하는 높은 스팀 온도를 수용할 수 있도록 방열판 액세서리를 추가해야 합니다. 모듈은 최대 2인치 직경의 파이프에 설치할 수 있으며 위에서 설명한 도파관을 사용하여 부착할 수 있습니다.

표 2는 스팀 XMFOQ 모니터링 모듈의 주요 규격을 보여줍니다.

표 2 모듈 규격

항목		규격
모듈 출력 값		스팀
온도 측정	범위	-40~200°C
	분해능	1°C
최대 공정 온도		160°C, 195°C, 255°C, 440°C (depending on options)

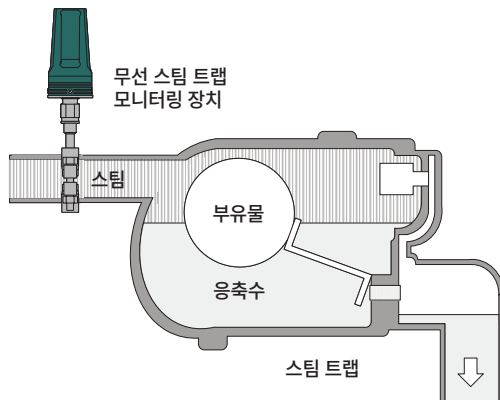


그림5 양호한 상태의 스팀 트랩

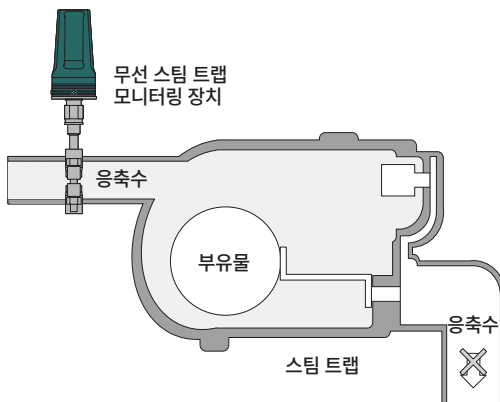


그림6 저온 상태의 스팀 트랩

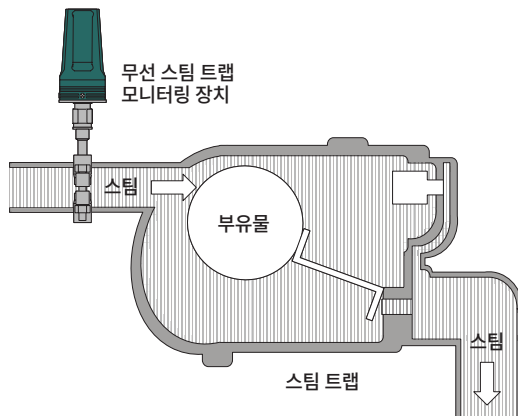


그림7 블로 스루 상태의 스팀 트랩

결론

이 글은 무선 스팀 트랩 모니터링 장치의 기능과 이를 실현하기 위해 Sushi Sensor를 활용하는 방법을 설명합니다. 무선 스팀 트랩 모니터링 장치를 사용하면 원격 및 무선으로 스팀 트랩의 상태를 지속적으로 모니터링할 수 있을 뿐만 아니라, 온라인 데이터를 쉽게 수집할 수 있으며, 결국은 데이터 분석을 통해 검사 인원을 줄이고 검사 결과를 정량화하며 스팀 손실로 인한 비용을 시각화하고 사용자에게 수리 우선순위를 제안할 수 있습니다. 그 결과, 사용자는 제시된 우선순위를 기반으로 보다 균형 잡힌 장비 유지보수를 수행하고 고장 시 스팀 손실로 인한 연료비뿐만 아니라 스팀 트랩의 상태를 더 잘 파악할 수 있습니다. 이 정보를 기반으로 수리 시기를 최적화하면 에너지 비용을 절감하고 사용자의 지속 가능한 개발 목표 실현에 기여할 수 있습니다.

Yokogawa는 산업용 IoT 무선 솔루션 Sushi Sensor의 제품 포트폴리오를 확장하고 사용자의 장비 유지보수 및 에너지 모니터링에 기여하기 위해 파트너 공급업체의 센서와 이번 개발에서 구현된 무선 통신 모듈을 연결하기 위한 시스템을 계속 사용할 것입니다.

참고문헌

- (1) M. Saito, M. Yamaji, et al., "Sushi Sensor for Achieving Industrial IoT Solutions," Yokogawa Technical Report English Edition, Vol. 61, No. 1, 2018, pp. 7-10
- (2) S. Nagano, D. Kaneko, et al., "The XS770A Wireless Vibration Sensor for the Industrial IoT," Yokogawa Technical Report English Edition, Vol. 61, No. 1, 2018, pp. 11-14
- (3) S. Ochiai, N. Yamaguchi, et al., "Sushi Sensor Series of Temperature and Pressure Sensors for Industrial IoT," Yokogawa Technical Report English Edition, Vol. 62, No. 2, 2019, pp. 69-74

* Sushi Sensor is a registered trademark of Yokogawa Electric Corporation.

* LoRaWAN is a registered trademark or trademark of Semtech Corporation.

* All other company names, organization names, product names, service names and logos that appear in this paper are either trademarks or registered trademarks of Yokogawa Electric Corporation or their respective holders