

산업감시 및 제어 응용을 위한 이력 데이터, 트랜잭션 그리고 데이터베이스

한상혁*, 김영국**

*한국항공우주연구원 항공우주소프트웨어팀

**충남대학교 컴퓨터공학과

e-mail : shan@kari.re.kr, ykim@cnu.ac.kr

Historical Data, Transaction and Database for Industrial Monitoring and Control Applications

Sang-Hyuck Han*, Young-Kuk Kim**

*Aerospace Software Team, Korea Aerospace Research Institute

**Dept. of Computer Science & Engineering, Chungnam National University

요 약

SCADA, DCS, PLC 등 산업제어시스템은 전기, 수도, 수송, 가스 및 석유와 같은 국가기반시설의 감시 및 제어를 통해 위험의 조기 예측, 대응, 각 공정의 품질 향상 등에 기여하고 있다. 산업제어시스템은 HMI(Human Machine Interface), 이력 데이터베이스, 각 센서 H/W 및 S/W 기술로 구성되는데, 그 중 이력 데이터베이스는 실시간으로 들어오는 디지털 및 아날로그 형태의 이력 데이터에 대한 효과적으로 처리하기 위한 주요 요소이다. 현재, 국내에서는 히스토리안 등 주로 외산 제품에 의존하고 있어 이에 대한 기반 기술 연구 및 관련 산업화가 요구된다. 또한, 이력 데이터베이스의 종류 및 특성에 대한 연구가 선행되어야 한다. 본 논문에서는 산업제어시스템에 주로 적용된 이력 데이터베이스들에 대해 자세히 살펴보고, 일반적으로 사용되는 데이터와 산업제어시스템에서 사용하는 이력 데이터와 트랜잭션의 특징을 살펴봄으로써 산업제어 응용에서 요구되는 이력 데이터베이스가 어떤 모습을 갖추어야 할 지에 대한 이해를 높이고자 한다.

1. 서론

SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition), DCS(Distributed Control System), PLC(Programmable Logic Controller)와 같은 산업제어시스템은 산업 부문 및 주요 하부구조에서 자주 사용되는 여러 가지 형태의 제어 시스템으로 정의된다[1]. 컴퓨터 기술을 기반으로 하는 산업제어시스템은 전기, 수도, 수송, 석유 및 가스와 같은 주요 기반시설에서 위험의 조기 예측 및 대응, 각 공정의 품질 향상 등을 위해 많이 활용되고 있다.

산업제어시스템은 다양한 서브 시스템으로 구성되는데, 그 중, 실시간 이력 데이터를 효율적으로 처리하는 이력 데이터베이스에 대한 연구도 상당히 진행되어 왔다. 이력 데이터베이스는 구조적으로 실시간으로 대용량의 이력 데이터를 저장 관리할 수 있는 기능을 제공해야 하며, 디지털 정보 외에 아날로그 형태의 정보 처리에도 적합해야 한다. 또한, 산업제어시스템은 적용되는 업무의 규모나 성격이 다양함에 따라 각 산업 도메인의 특성을 잘 반영할 수 있도록

커스터마이징 되어야 한다 [2].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 관련연구로서 산업제어시스템에 대해 알아보고, 3 장에서 이력 데이터를 일반 데이터와 비교 분석하여 특성과 산업제어 트랜잭션에 대해 을 알아보고, 4 장에서는 최근 산업제어시스템에 적용된 이력 데이터베이스에 대해 알아본다. 이를 통해, 산업제어시스템에 적용되어 왔던 이력데이터베이스의 기반 기술 연구의 초석을 제공하고자 한다.

2. 산업제어시스템

그림 1은 전형적인 산업제어시스템의 구조를 나타낸다[3-4].

산업제어시스템은 온도, 압력, 부피, 전압, 전류 등 아날로그 및 디지털 데이터를 측정하는 센서(Sensor)부, PLC, DCS, RTU 를 통해 이력 데이터를 획득하는 입력(Input)부, 획득한 정보를 저장하는 이력 데이터베이스부, 그리고, 운전자가 이상 상황의 감지 및 대응하기 위한 HMI 부로 구성된다. 이력 데이터베이스부는 이력 데이터의 현재, 최근 변화, 전체 이력 데이터

를 효율적으로 관리해야 한다.

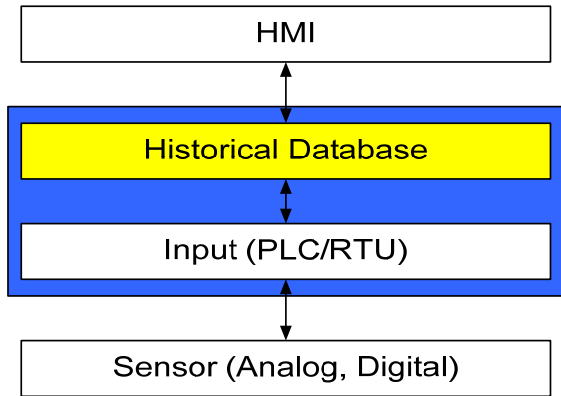


그림 1. 산업제어시스템의 전형적인 구조

3. 이력 데이터와 산업제어 트랜잭션

이력 데이터는 산업제어시스템에 검침기를 통해 입력되는 일정 시간간격으로 입력되는 아날로그 또는 디지털 값을 말하며 태그 또는 포인트라 불린다. 부피 태그, 온도 태그 등 각 태그의 의미를 표현하기 위해 다양한 형태의 데이터 타입을 갖는다. 일반적인 경영정보 데이터와 비교했을 때 이력 데이터의 주요 특징은 표 1와 같다.

표 1. 이력 데이터 주요특징

항목	경영정보 데이터	이력 데이터
단위	레코드 단위	태그, 포인트 단위
복잡도	기본타입, 복합타입	기본타입
데이터 양	응용에 따라 다양	수천 - 수십만 입력
입력형태	이산적	연속적, 이산적
우선순위	동일 우선순위	생성된 시간에 의존적
오차허용	허용 안함	일부 허용
실시간성	빠를수록 좋음	실시간성 요구

이력 데이터의 가장 큰 특징은 일정 시간 간격으로(예 : 1초 단위) 이력 데이터 수집이 이루어지고, 일정한 수준에서 데이터 값에 대한 오차범위를 허용한다는 점이다. 이러한 특성을 이용하여, 산업제어시스템에서는 저장 공간을 효율 향상 및 트랜잭션 성능 향상할 수 있는 필터링 기반의 이력 데이터 압축 기술이 꾸준히 연구되고 있다. 만약, 일반 데이터와 같이 다룬다면 상당한 크기의 데이터 저장공간을 필요

하다. 예를 들어, <태그값, 품질코드, 타임스탬프>로 구성된 태그를 1 초 주기로 1년간 저장한다고 가정하면, <태그값, 품질코드, 타임스탬프>로 구성된 한 개의 값을 표현하는데 약 10바이트의 공간이 필요하고 이를 1년으로 환산하면 310MB의 저장 공간이 필요하다. 대상 태그의 개수가 100,000 건이라면 30 TB 이상의 대용량 저장공간이 필요해진다. 따라서, 이력 데이터의 효과적인 처리를 위해 압축 기술의 연구 및 개선은 반드시 필요해진다.

최근, 산업제어시스템에서 다루는 이력 데이터의 수가 급증하고 있는데 작게는 수천 - 수십만의 이력 데이터를 관리하고자 하는 요구가 증가하고 있다. 또한, 기존의 경영정보 데이터는 디지털 값만을 가지는 것에 비해 산업제어시스템의 이력 데이터는 아날로그 검침기 및 디지털 검침기에서 발생하는 데이터를 모두 처리한다. 또한, 일정 시간 간격으로 연속해서 측정되는 이력 데이터는, 생성된 값의 시간 순서에 따라 중요도가 다른데, 감시 대상 측면에서 현재의 값이 과거의 값보다 항상 중요하다. 그리고, 수집단에서 쓰기 오퍼레이션과 HMI단의 검색 오퍼레이션은 정해진 시간 내에 완료되어야 하는 실시간성을 제공해야 한다.

이력 데이터는 표 2와 같이 이력 데이터 값, 품질코드, 타임스탬프로 구성된다. 이력 데이터 값은 주로 double, float 등 기본 숫자 데이터 타입으로 표현되며, 품질코드는 H, L, M 중 하나를 표현하기 위한 문자, 타임스탬프는 현재 시각을 표현하기 위한 double로 표현된다.

표 2. 이력 데이터의 구성 예

항목	설명	예제
이력 데이터 값	센서로부터 입력된 값	온도 10.3 도
품질코드	H, L, M	L
타임스탬프	현재시각 표시	2011.06.10

다음은 산업제어 트랜잭션에 대해 살펴본다. 산업제어시스템은 감시 및 제어 대상의 규모가 사전에 미리 정의되고 예측가능하며, 고 신뢰성을 유지하기 위해 다중화 구조를 가진다. 이러한 산업제어시스템에서 이력 데이터를 처리하기 위한 산업제어 트랜잭션의 특징은 표 3과 같다.

첫째, 경영정보 데이터에 비교하여 이력 데이터의 영속성(Durability)과 일관성(Consistency) 성질의 일부를 완화할 수 있다. 즉, 트랜잭션이 완료되었다 하더라도 바로 이력 데이터를 디스크에 저장할 필요는 없다. 둘째, 이력 데이터의 현재 값에 대한 실시간 쓰기

표 3. 산업제어 트랜잭션의 특징

항목	경영정보 트랜잭션	산업제어 트랜잭션
규칙성	불규칙 발생	규칙적 발생
실시간성	비실시간 요구	실시간 요구
주요 오퍼레이션	읽기, 쓰기 다수	다수 읽기, 제한된 쓰기
ACID	강한 ACID 요구	완화된 ACID 요구

및 읽기 성능을 제공해야 한다. 이를 위해 현재 데이터는 주기억장치에만 유지하고, 파일에 기록하는 것은 비동기 방식을 사용하여 성능을 극대화 할 수 있다. 셋째, 트랜잭션 격리성(Isolation)을 가장 낮은 수준인 Dirty Read 수준의 레벨을 유지 가능하다. 넷째, 수행되는 오퍼레이션의 구성 측면에서는 일정 시간 간격으로 발생하는 수천-수십만 건의 쓰기 오퍼레이션과 수십-수백개 이상의 HMI(Human Machine Interface)로부터의 검색 오퍼레이션으로 구성된다.

4. 이력 데이터베이스 종류

산업제어시스템에 적용되는 이력 데이터베이스는 구조적 특징에 따라 In-House 기반 2-Tier 방식과 이력 데이터베이스를 적용한 3-Tier 방식으로 분류할 수 있으며, 표 4와 같다.

표 4. 이력 데이터베이스 비교

항목	2-Tier 방식	3-Tier 방식	
	In-House APP	히스토리안 DB	관계형 DB
타입	자체개발	상용제품	상용제품
데이터 모델	-	컬럼 단위 태그 모델	관계형 모델
장점	수정용이, 고속	저장 공간 효율 극대화, 고속	고유연성, 고속
단점	저유연성, 고비용	저유연성	저장 공간 효율 낮음
사례		Historian, Proficy, PI, IndustrialSQL	ExtreamDB, Kairos, MySQL

In-House 형태의 2-Tier 방식은 응용 프로그램 내에 데이터 처리 모듈을 통합한 구조이고, 데이터베이스를 활용한 3-Tier 방식은 응용 프로그램과 데이터 처리 모듈이 분리된 구조이다. 최근에는 3-Tier 방식을 많

이 사용하고 있는데, 그 이유는 2-Tier 방식이 응용 프로그램과 데이터 처리 모듈이 통합되어 빠른 성능을 제공하지만, 산업제어시스템의 요구에 따른 기능 개발 및 유지보수에 대해 수정 시간이 많이 걸리고 또한 비용도 높기 때문이다. 3-Tier 방식을 보다 상세화 하면 자체개발 데이터베이스, 히스토리안 데이터베이스, 관계형 데이터베이스의 3가지로 구분할 수 있는데, 이 중 주로 사용되는 방식은 히스토리안 데이터베이스로서 대표적인 사례는 OSI의 PI[4], GE의 Proficy[5]가 있다. 최근에는 관계형 데이터베이스도 적용 사례가 증가하고 있는데, 대표적인 사례가 관계형 데이터 모델을 지원하는 주기억장치 상주형 데이터베이스 기술을 원자력 발전소에 적용한 경우이다. 주기억장치 상주형 데이터베이스로는 McObject의 ExtremeDB[6-7], 리얼타임테크의 Kairos[8], 오라클의 TimesTen[9] 등이 있다.

5. 결론

지금까지 산업제어시스템에 적용된 이력 데이터베이스들에 대해 자세히 살펴보고, 이력 데이터의 특징과 산업제어 트랜잭션에 대해 알아보았다. 이를 통해, 산업분야에서 요구하는 이력 데이터베이스를 개략적으로 이해할 수 있었다. 앞으로, 산업 도메인에 특화된 데이터베이스 연구가 더욱 진행되기를 기대한다.

참고문헌

- [1] 전용희. “산업제어시스템 정보보호 : 개요”, 정보보호학회지, 제19권 제5호, pp. 52-59, 2009.
- [2] 한상혁. “산업감시 및 제어 응용을 위한 실시간 이력 데이터베이스 시스템”, 충남대학교 대학원 박사학위논문, 2011.08.
- [3] D. C. Barr, “The Use Of A Data Historian To Extend Plant Life”, IEE Life Management of Power Plants, pp. 35-39, 1994.
- [4] Frass, A., & Dang, T. (2004). Improving industrial application's performances with an Historian. IEEE ICIT, 2, 718-721.
- [5] S. Friedenthal, “GE Proficy Historian Data Compression”, http://www.evsystems.net/files/GE_Historian_Compression_Overview.ppt, 2011.
- [6] McObject, “Real-Time Database Systems For Industrial Control”, 2010.
- [7] McObject, “extremeDB Embedded Database Adds Safety and Efficiency. In Nuclear Waste Processing”, 2011.
- [8] 최미선, “Kairos RDBMS, MMDDBMS 시장의 새 지평을 연다”, 하이테크정보, 406호, pp. 70-76, 2008.
- [9] Oracle, “Oracle TimesTen”, <http://www.oracle.com/us/corporate/Acquisitions/timesten/inind.html>, 2011.