

수도 정보를 활용한 사고저감 방안 연구

서강도*·윤영민*·김학성*·황재문*

*한국수자원공사

The Study for reducing accidents using the Data Base of Water Treatment Plant

Gangdo Seo*·Youngmin Yun*·Haksung Kim*·Jaemoon Hwang*

*K-water

E-mail : skgang@kwater.or.kr

요 약

K-water는 국민들에게 맑은 물을 공급하기 위하여 정수장을 운영하며 깨끗한 물을 만드는 정수공정처리를 한다. 이 공정에는 자동화설비가 있어 각 단계마다 자료를 수집하는데, 전국 정수장에서 수집되는 데이터가 370,000Tag/min에 이를 정도로 방대하다.

과거에는 이 빅데이터에 대하여 중요하게 생각하지 않고, 데이터를 이용하여 정수장 운영에 중점을 두었다. 현재는 빅데이터의 중요성과 활용성에 대한 관심이 높아짐에 따라, 자료수집/분석으로 사고절감과 효율화를 향상하는 것에 대한 연구가 이루어지고 있다.

이 논문에서는 사고발생사례에서 취득된 압력값, 유량값, 전력값 등을 분석하고, 사고예측방안에 대하여 연구하였다. K-water는 수도사고로 100억원 이상의 손해가 발생한 사례가 있어 이를 예방할 수 있는 기대효과가 있을 것으로 사료된다.

ABSTRACT

K-water operates many Water Treatment Plants(WTP) to supply clean water to people. There are automation process control equipments collecting data at each step in WTP. The data collected is big enough to 370,000Tag/min from the K-water Water Treatment Plants.

In the past, this big data was not important, we focused on the operating water purification process using the data. Currently, we increased the importance of attention to take advantage of Big Data. The research about the accident reduction and efficiency improvement in WTP are ongoing by data collection and analysis. In this paper, we analyzed the flow rate, power and pressure obtained in the accident case in WTP. We researched the methods for accident prediction and reduction.

키워드

Water treatment, Big data, Data mining, Data analysis, K-water, Accident prediction

1. 서 론

1960년대에 도입된 SCADA(Supervisory Control and Data Aquisition)설비가 수도물을 정수장에도 도입이 되어 자동화로 맑은 물을 생산하고 있다. SCADA 설비는 지속적으로 발전하여 2011년 5세대 “Dispersed & Optimized” 개념으로 Wi-Fi, Cellular IP(LTE) 등을 통한 넓은 원격지의 방대한 데이터 수집하여 실시간 수준의 의

사결정이 가능하게 되었다.^[1] 또한 다수의 정수장들을 중앙통제센터에 연결하여 중앙집중식관리와 분산제어로 전사 차원 원가절감과 최적화를 하였으며, 스마트한 규칙기반 의사결정을 지원하고 있다. SCADA설비는 정수장 운영과 관련하여 수집된 데이터를 DB화하여 저장하고 있다. 이 데이터는 정수처리공정 각 단계마다 자료를 수집하는데, 전국 정수장에서 수집되는 데이터가 370,000Tag/min에 이른다.

과거에는 이 빅데이터에 대하여 중요하게 생각하지 않고, 데이터를 이용하여 정수장 운영하는 부분에 중점을 두었다. 현재는 빅데이터의 중요성과 활용성에 대한 관심이 높아짐에 따라, 중요 자료수집/분석으로 사고절감과 효율화를 향상하는 것에 대한 연구가 이루어지고 있다.

이 논문에서는 사고발생사례에서 취득된 압력값, 유량값, 전력값 등을 분석하고, 사고예측방안에 대하여 연구하였다. 정수장에서는 운영과 관련하여 수도사고가 발생하는 사례가 다수 있다. 데이터를 분석하고 진단하면, 손해를 줄이고 이를 예방할 수 있는 기대효과가 있다. 사물 인터넷, 센서, 자동화 등의 ICT 기술을 기반으로 정수장의 에너지 효율화, 시설 진단, 사고 예방과 예측을 할 수 있는 기술의 개발과 연구가 필요한 때이다. 정수장의 주요 설비의 해석·통계 모델과 센서를 통해 실시간으로 모니터링 되는 계측 데이터를 활용하여 설비의 잔존 수명 예측과 고장 예지 고도화 기술도 필요하다.

II. 본 론

2.1 정수장 수도 데이터 현황:

K-water는 수도물 생산 및 공급과정에서 생성되는 데이터 수집, 저장 및 활용하고 있다. 광역 및 지방 상수도, 기타용수 등에서 전체 36만여개 운영데이터의 11%인 4만 여개 운영데이터가 본사 서버에 저장되어 관리 되고 있다. 데이터의 수집, 저장, 활용의 흐름은 그림 1.에 나타내었다. 상수도 운영데이터를 중간단계인 본부DB에 저장을 하고, 최종 단계인 본사의 실시간 수도정보 DB에 데이터를 저장한다. 상수도 운영데이터는 정수장 운영과 관련하여 필수적인 자료로 수질, 압력, 유량, 수위, 전력, 가동상태 등 다양하다. 데이터의 활용성을 증대하기 위하여 대외기관인 환경공단과 내부 경영시스템에도 이를 제공하도록 시스템이 구성되어 있다.

2014년 실시간 수도정보 DB에 대한 품질진단을 하였는데 개선이 필요하다는 결과가 나왔다. 진단결과를 표 1에 나타내었다.^[2] 데이터 값은 오결측이 있으며, DB구조는 활용과 확장성이 취약한 것으로 나왔다. 또한, DB성능은 비효율적 PK와 파티션 구조로 떨어져 있으며, 연계과정에서 동기화가 되고 있지 않으며, 품질관리 전문인력의 충원이 필요하다는 결과가 나왔다.

그림 2와 그림3은 수도 DB의 오결측 현황과 원인에 대하여 분석하였다. 설비고장으로 인한 오결측이 가장 많았으며, Tag 오류로 인한 오결측도 많았다. 데이터를 활용하여 운영에 도움이 될 있는 정보를 도출하기 위해서는 자료취득과 관리에 더 많은 노력이 필요하다고 사료된다.

자료를 분석할 때 오결측 신호가 운영자에게는

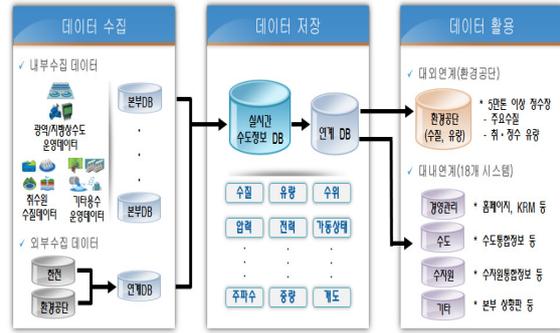


그림 1. 수도데이터 흐름도

표 1. 수도정보 DB에 대한 품질진단결과

구분	진단결과
데이터 값	·값 관리 및 검증 프로세스 부족 ·오류 유형별 오·결측 발생(범위, 유효값 등) ·태그 표준화 미흡
DB구조	·활용과 확장에 취약 ·타입, 길이 등 상이한 구조 ·식별자 부재→중복발생 ·산출물 현행화 미흡
DB성능	·비효율적 PK, 파티션 구조 ·인덱스 부재 ·동일 데이터 반복 접속
연계	·동기화 프로세스 부재 ·표준운영일보 이원화 ·외부데이터 관리 미흡 ·다수 연계과정→정합성미흡
관리체계	·품질관리전문인력 부재 ·지침, 가이드 부재 ·DB 관리도구 부재

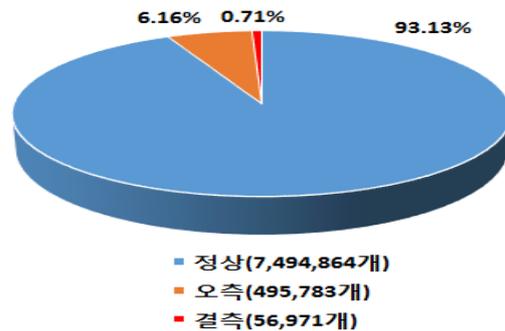


그림 2. 실시간 수도 DB 오·결측 현황

사고발생과 관련된 신호로 오인될 수있다. 그래서 잦은 사건 발생경보가 발생하면 운영자들이 시스템을 신뢰하지 못하게 되고 활용도가 떨어지게 된다.

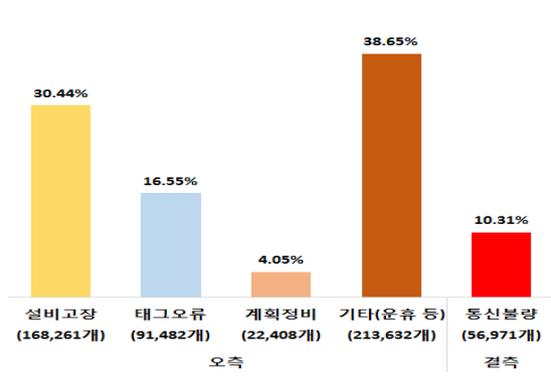


그림 3. 오·결측 발생 원인별 현황

2.2 정수장 사고사례 분석필요성:

2011년 구미 정수장에서는 원수를 공급하는 관로의 유실로 구미시민들에게 수돗물을 1주일 이상 공급하지 못하는 사고가 발생하였다. 사고의 수습에 100억 이상의 비용이 소요된 사고였다.

사고의 원인은 여러 가지가 있지만, 사고가 발생하기 전의 데이터를 분석하고, 미리 대응하였다면 사고의 여파를 줄일 수 있었다고 사료된다.

사고와 관련한 데이터는 유량값, 압력값이다. 유량값 및 압력 감시에는 정기적인 것과 연속적인 것이 있다. 정기적인 것은 매일, 매주, 매월 또는 계절마다 직원이 직접 자료를 취득하여 분석하는 것이다. 연속적인 감시는 펌프 후단에 설치되어 있는 통합 주관로에 설치된 압력계와 유량계에서 원격으로 계측된 데이터를 실시간으로 기록하는 것으로, 연속적인 감시가 가능하므로 사고의 조기 발견에 사용된다. 즉 일정 범위를 벗어나는 값에 대하여 운영근무자가 알 수 있도록 경보음을 발생하거나 문자 메시지를 보내주도록 프로그래밍하는 것이다. 사고가 발생한 구미정수장에도 이러한 설비들이 설치되고 데이터들이 기록되고 있었으나, 사고를 미리 알 수는 없었다.

구미 정수장에서 관로의 유실사고가 발생하기 전에 이상유무를 데이터로 알 수 있는 방안을 검토하였다. 관로가 이상이 생길 경우 압력값과 유량값이 변화한다. 압력값의 변화가 있는 이유는 관로내의 유체가 새어나갈 때에 압력이 떨어지고, 유량값도 떨어지게 된다. 관로내의 압력과 유량과의 관계는 에너지 보존의 법칙에 따른다. 즉, 물에 힘이 가해져서 흘러가는 역학계에서 에너지의 형태가 어떻게 바뀌더라도 총에너지의 합은 일정하다는 것이다.^[3] 관로내에서 두점사이의 에너지의 차이는 어떠한 경로를 거쳐도 상관없이 같다는 것으로 가정하면 다음과 같은 수학적 수식이 성립한다. 관망에서 연결된 두 점에서의 에너지의 차이는 펌프로부터 에너지를 얻고 파이프와 기타 두 점사이의 경로에서 발생한 여러 손실과 같아진다. 관로가 유실되기 전에 새어나가는 유량 때문에 압력의 변화가 생기고 이를 감지하면 관로의 이상유무를 알 수 있다.

$$z_1 + \frac{p_1}{r} + \frac{V_1^2}{2g} + \sum h_p$$

$$= z_2 + \frac{p_2}{r} + \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_L + \sum h_m$$

여기서, z : 표고(높이), p : 수압,
 r : 유체의 단위 중량 V : 속도, g : 중력가속도,
 h_p : 펌프가압(수압) 수두 h_L : 관로의 손실 수두,
 h_m : 미소손실 수두

2.3 정수장 사고사례 분석방안 제안:

정수장의 빅데이터를 활용하여 사고저감을 위한 방안에 대한 분석으로 데이터는 구미 사고가 발생한 2011년 5월 자료를 활용하였다. 사고당시의 데이터를 그림으로 나타내었다.(그림 4, 5, 6)

그림4는 구미취수장의 송수유량값을 나타낸 것으로 사고가 발생한 5월 8일 즈음에 유량값이 급격하게 "0"으로 떨어진 것을 볼 수 있다. 이 허용편차를 벗어난 시점에서 관이 유실된 것으로 자동화 설비는 경보음을 울리고, 운영근무자에게 문자 메시지를 보내는 동작을 한다. 이 방법으로 이때까지 설비를 운영하였으나, 시계열의 데이터값이 편차를 벗어나야 사고를 예측할 수 있다.

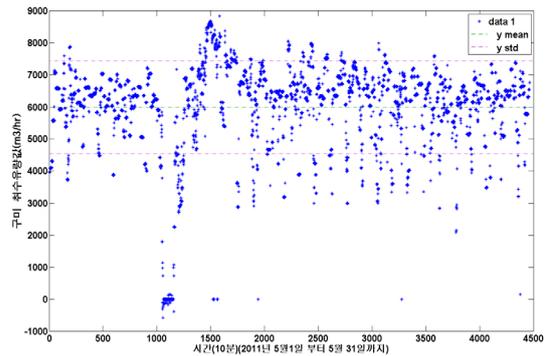


그림 4. 구미 취수장 송수유량값

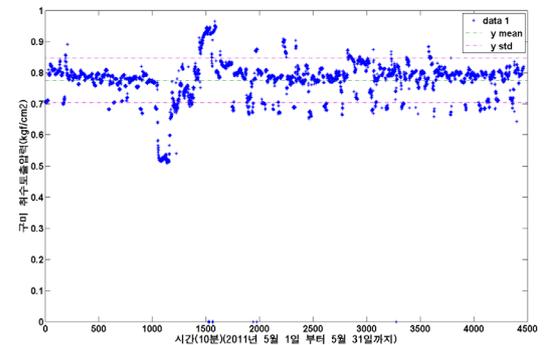


그림 5. 구미 취수장 압력값

그림 5는 구미취수장의 송수 압력값을 나타낸 것으로 사고시점에 급격하게 압력이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 그림 6은 전력값을 나타내었다.

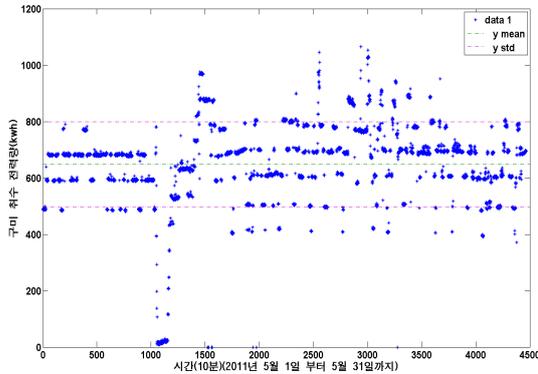


그림 6. 구미 취수장 전력값

구미 사고가 발생한 시점의 자료로 사고발생 이상유무를 예측하기 위한 방법으로 물을 취수하여 정수장으로 공급하는 송수유량값과 관로 압력과의 관계를 그림 7에 나타내었다. 송수유량값과 압력값은 비례의 관계가 있음을 알 수 있다. 송수유량값 6,000m³/hour에 대하여 압력의 변화값을 보면 대략 0.7kgf/cm²에서 0.9kgf/cm²까지 변화됨을 알 수 있다. 이에 대하여는 분석이 필요한 부분이다. 일정 유량값에 대하여 압력값이 정해지면 편차를 벗어나는 값에 대하여 이상신호로 분석을 하여 사고를 예측할 수 있다.

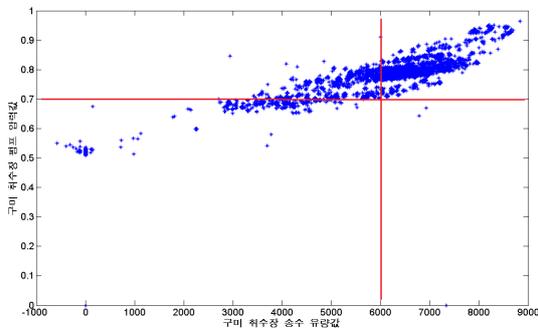


그림 7. 구미 취수장 송수유량값과 압력값의 관계

물을 취수하여 정수장으로 공급하는 송수유량값과 펌프에서 소비하는 전력량과의 관계를 그림 8에 나타내었다. 그래프를 보면 송수 총유량값과 총전력값은 비례 관계가 있음을 알 수 있다. 송수유량값 10,000m³/hour에 대하여 전력량 변화값을 보면 대략 600kwh에서 1,000kwh까지 60% 이상 변화됨을 알 수 있다. 일정 유량값에 대하여 전력값이 편차를 벗어나는 경우에 대하여 이상신호로 분석하는 것이 필요하다. 이럴 경우 현상에 대한 세밀한 분석을 하여 사고정후를 파악한다.

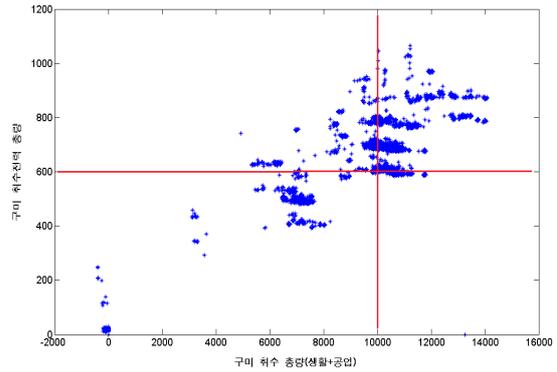


그림 8. 구미 취수장 총유량값과 전력량값의 관계

단지 유량값, 압력값과 전력량값 간의 관계를 분석하여 사고를 예측하는 것은 불가하지만, 기존 시계열 변화량 표시방식과는 다르게 실시간 자료에 대하여 더 분석해 볼 수 있는 기회는 된다.

III. 결 론

국민들에게 깨끗한 물을 공급하는 정수장에는 자동화 설비들이 설치되어 운영 중이다. 이 설비들에서 방대한 양의 데이터들이 생성되고 있으며 이 빅데이터를 활용에 대하여 많은 관심이 집중되고 있다.

본 논문에서는 사고가 발생한 정수장의 데이터를 분석하여 문제의 분석하고자 하였다. 분석결과는 사고발생 전에 데이터만으로 이상유무를 예측할 수 있는 방안은 찾을 수 없었다. 그렇지만, 이전의 방법대로 유량값, 압력값과 전력값을 시계열로 표현하는 것보다 유량값과 압력값과의 관계, 유량값과 전력값과의 관계를 나타낼 때 더 많은 정보를 알 수 있다는 것이다. 압력값, 유량값, 전력값 외의 자료를 활용하는 추가적인 연구가 필요하다.

그동안, 산업현장인 수도부분 빅데이터의 분석에 대한 연구는 많이 이루어지지 않았지만, 정부 3.0의 정책에 따라 공공부분의 빅데이터가 공개된다면 앞으로 더 많은 연구가 이루어져 수도부분이 발전할 수 있는 계기가 되리라 생각하다.

참고문헌

- [1] The Future of SCADA, Blair P. Sooley, MAY 2011, FLORIDA WATER RESOURCES JOURNAL
- [2] 수도운영 데이터 품질관리체계 구축 보고서, 2015년 4월, K-water
- [3] 관망운영관리사 교재 P38-39, 2011년 3월, K-water 발간