

수도사업장 SCADA의 시간동기화 오차발생 해결 방안에 관한 연구

박시현, 이호현, 박현수, 정우성, 신강욱

한국수자원공사

seanpark@kwater.or.kr, lhh@kwater.or.kr, gsh265@kwater.or.kr, usjung@kwater.or.kr, gwshin@kwater.or.kr

A Study on the Solution of Time Synchronization Error in Water Treatment Plant SCADA

Park Si Hyun, Lee Ho Hyun, Park Hyeon Soo, Jung Woo Sung, Shin Gang Wook

Korea Water Resources Corporation

요약

본 논문에서는 폐쇄망 환경에서 NTP(Network Time Protocol) 서버와 수도사업장 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) 서버의 시간동기화 오차발생 문제를 해결하는 연구를 수행하였다. 수도사업장 SCADA 서버의 시간을 주기적으로 모니터링하여 시간동기 오차 산출 및 수도사업장 SCADA에 전송하는 시간동기화 모니터링 시스템을 구축하였다. 또한, 수도사업장에서 시간동기 오차가 임계값을 초과하면 시간동기화 모니터링을 위한 NTP서버 활성화, 시간동기화 주기 재설정, 시간동기화를 즉시 수행하는 배치파일 실행을 통해 폐쇄망에서의 시간동기 오차를 개선하였다.

I. 서론

독일의 인더스트리 4.0에서 시작된 4차 산업혁명은 시대의 조류가 되었고, 사물인터넷, 로봇, 빅데이터 등 4차 산업혁명의 주요 기술들을 총망라하는 스마트팩토리의 구현은 4차 산업혁명의 핵심이 되었다. 스마트팩토리를 지향하는 수도사업장은 데이터의 수집 및 분석이 크게 요구되며, 이러한 데이터를 수집·분석하는데 주요한 요소 중 하나가 데이터를 취득한 시간이다. 수도사업장의 설비들을 집중 감시하고 제어하기 위한 시스템인 SCADA는 각각 시스템 시간을 갖고 있어 이를 동기화할 필요가 있으나, 보안상 인터넷 시간서버를 통해 동기화 할 수 없는 폐쇄망이므로 네트워크로 연결되어있는 장비들간의 시간을 동기화하기 위해 NTP(Network Time Protocol)를 적용하고 있다[1]. K-water는 본사 NTP 서버와 전체 수도사업장의 SCADA 서버간에 시간동기화를 실시하고 있으나, 장비 노후화 및 과부하, 시간동기화 주기 등 다양한 원인으로 인해 시간동기 오차가 발생하고 있다. 이에 본 논문에서는 폐쇄망 시간동기화의 문제점 및 원인을 분석하고, 이를 해결하기 위해 시간동기화 모니터링 시스템 구축 방안을 제시하고자 한다.

II. 본론

2.1 SCADA 시간동기화 현황 및 문제점 분석

K-water는 수도사업장 SCADA의 시간동기화를 위해 본사에 NTP 서버를 설치하고, SCADA에서 일정주기로 NTP 서버에 시간동기화를 요구하는 Polling 방식을 적용하고 있다.

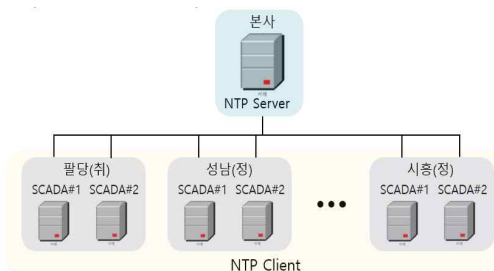


그림 1. SCADA 시간동기화 현황

SCADA 서버에서 시간동기화 오차가 발생하는 원인은 크게 ①메인보드 배터리 방전, ②시간동기화 주기의 부적합, ③서버에 자체 시간을 제공하는 RTC(Real Time Clock) 모듈 오동작, ④신규 장비로 교체 후 시간동기화 미설정으로 나눌 수 있다. 메인보드 배터리 방전으로 인한 시간동기화 오차 발생시 리튬전지를 교체해 주어야 하나, CMOS 설정이 초기화되고 메인보드 바이오스를 재설정해 주어야 하는 등 현장운영의 안정성을 고려할 때 위험성이 크다. 시간동기화 주기가 지나치게 짧으면 NTP 서버가 과부하가 걸리고, 지나치게 길면 실시간성을 반영하지 못하는 문제가 있어 적절한 주기를 설정하는 것이 무엇보다 중요하다. 서버의 전원이 꺼져도 배터리를 사용하여 카운터 회로에 전원을 계속 공급하여 시간을 카운터하는 디지털 카운트 회로인 RTC는 24시간 항상 운영하는 수도사업장 특성상 노후 및 과부하로 오동작이 발생할 수 있다. 노후로 인해 SCADA 서버를 교체한 후 NTP 서버 IP 설정, 적절한 시간동기화 주기 설정 등 시간동기화 관련 설정을 누락하여 시간동기화 오차가 점차 증가하는 경우도 발생한다.

SCADA 시간동기화 오차가 발생하면 사고·고장 등에 대해 정확한 시간에 기반한 로그 데이터를 통한 원인 분석이 불가능하다. 수도사업장의 설비 상태는 중앙조정실의 이중화된 SCADA서버를 거쳐 본부 RTDB로 전송된 후 DB 전송프로그램을 통해 본부DB에 저장되며, 본부DB에 저장된 데이터는 최종적으로 본사DB로 전송 및 저장된다. 이중화된 SCADA 서버가 절체되는 경우, 시간동기 오차로 인해 본사DB 데이터가 손실될 수 있고 이는 전체 데이터의 신뢰도 저하를 초래한다. 또한, 시간동기화 오차는 해킹 등 보안사고에 대한 정확한 원인 분석 및 추적을 어렵게 하여 보안설비의 취약점이 된다. 마지막으로 시간동기 오차는 인공지능, 빅데이터 분석 등을 통한 시간동기 기반 자동제어 시스템 구축에 걸림돌이 된다. 이와 같은 악영향을 끼치는 시간동기화 오차발생 문제를 해결하기 위해서는 SCADA 시간동기화 현황을 모니터링하고 오차 발생시 이를 복구하는 시스템이 필요하다.

2.2 SCADA 시간동기화 모니터링 시스템

가. 시간동기화 알고리즘 개선

기존의 시간동기화 방식은 SCADA가 주기적으로 본사 NTP의 시간을 수신하여 업데이트하는 방식으로, SCADA의 업데이트 정상 동작 여부 및 노후화 등으로 인한 시간동기 오차 현상을 파악하여 즉시 적절한 조치를 취할 수 없는 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 이를 개선하여 시간동기화 모니터링 S/W에서 SCADA의 시간동기 오차를 모니터링 하고, 시간동기 오차 발생시 SCADA의 NTP서버 활성화, 시간동기화 주기 재설정 및 즉시 시간동기화 실시를 통해 시간동기화 오차 문제를 해결하고자 하였다.

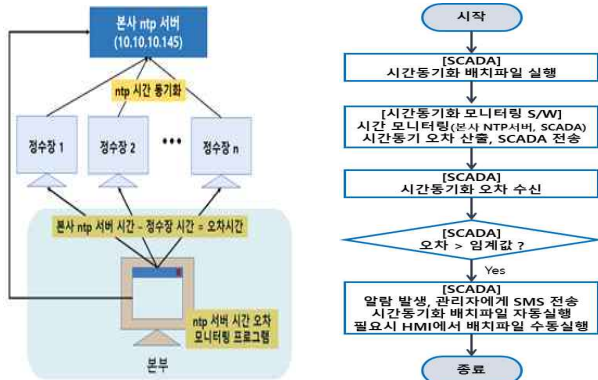


그림 2. SCADA 시간동기화 모니터링 시스템 개념도 및 흐름도

우선 SCADA에 배치파일을 실행하여 SCADA의 NTP 서버/클라이언트 기능을 동시에 활성화하여, SCADA가 주기적으로 본사 NTP 서버와 시간동기화를 하는 동시에 시간동기화 모니터링 S/W가 SCADA 시간을 모니터링 할 수 있도록 설정한다. 시간동기화 모니터링 S/W가 본사 NTP서버와 SCADA 시간을 모니터링하여 SCADA에 전송한 시간동기오차가 임계값보다 크면, SCADA에서는 알람을 발생하고, 관리자에게 SMS를 전송한다. 또한, 시간동기화 배치파일을 자동실행하여 본사 NTP 서버 IP 채설정, 시간동기화 모니터링을 위한 NTP 설정, 시간동기화 주기를 기존 1일에서 1시간으로 채설정, 시간동기화 즉시 실시 등을 통해 시간동기화 오차문제를 즉각 해결할 수 있다. 배치파일 자동실행시 시간동기화를 실패하는 경우 등을 고려하여 필요시 중앙조정실 운영자가 HMI의 버튼을 통해 시간동기화 배치파일을 수동으로 실행할 수 있게 하였다.

나. 시간동기화 모니터링 시스템

SCADA가 그림 3과 같은 배치파일 실행을 통해 시간동기화 모니터링 및 시간동기화 주기 재설정이 가능하다. 배치파일 내 각각의 Window 시스템 명령어의 기능은 표 1과 같다.

```
@Echo off
net start w32time

Reg add "HKKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\W32Time\TimeProviders\NtpServer" /v "Enabled" /t REG_DWORD /d 1 /f (P1)

Reg add "HKKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\W32Time\Config" /v "AnnounceFlags" /t REG_DWORD /d 5 /f (L1)

Reg add "HKKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\W32Time\TimeProviders\NtpClient" /v "SpecialPollInterval" /t REG_DWORD /d 3600 /f (C1)

Reg add "HKKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\W32Time\Parameters" /v "NtpServer" /t REG_SZ /d "10.10.10.145:0x9" /f (C1)

netsh advfirewall firewall add rule name="!ot_NTPServer" protocol=UDP dir=in localport=123 action=allow enable=yes (C3)

Net stop w32time
Net start w32time (H1)

W32tm /resync (A1)
w32tm /resync
w32tm /resync
```

그림 3. 시간동기 오차시간 모니터링을 위한 배치파일

표 1. 시간동기화 배치파일 세부 기능

구분	세부 기능
(가)	NTP 서버 활성화
(나)	지정된 고정 주기로 시간동기화 구성 위한 설정
(다)	시간동기화 주기를 1시간으로 설정
(라)	시간동기화 IP를 본사 NTP 서버 IP로 설정
(마)	NTP통신포트 설정
(바)	w32time 시스템 재부팅
(사)	시간동기화 즉시 실시

시간동기화 모니터링 S/W의 화면 구성도는 그림 4와 같다. 수도사업장 SCADA명과 IP주소 및 시간동기 오차 산출을 위한 본사 NTP 서버의 IP를 설정하면, 모니터링 조회 주기마다 오차 시간을 산출할 수 있다.

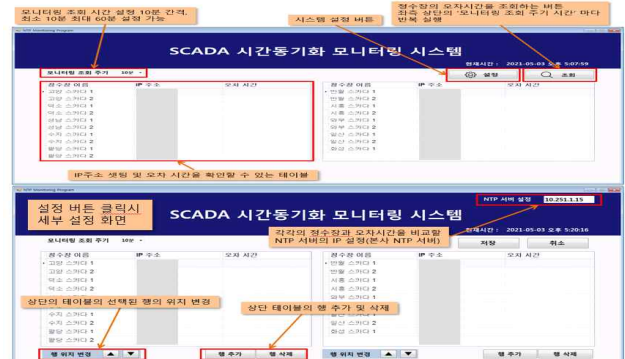


그림 4. SCADA 시간동기화 모니터링 S/W 화면 구성도

다. 시간동기 오차 개선 결과

1일 주기의 기존 시간동기화 방식 대비 본 연구에서 제안한 시간동기화 모니터링 시스템에서의 시간동기 오차 개선효과를 검증하기 위해 한강유역의 10개 수도사업장의 SCADA 20대에 대해 검증을 진행하였다. 그림 5의 붉은 실선은 기존 시간동기화 방식으로 임계값 이상의 시간동기화 오차가 발생하여도 설정된 주기에 따라 다음 시간동기화 시각이 될 때까지 시간동기화 오차가 지속된다. 반면, 노란 점선의 개선된 시간동기화 방식은 임계값 이상의 시간동기화 오차가 발생하면 SCADA에서 배치파일이 자동 실행되어 시간동기화를 즉시 실행함으로써 시간동기화 오차 문제가 즉각 해결됨을 확인할 수 있다. SCADA 노후화로 인해 시간동기 오차 및 발생 빈도가 증가한다면 시간동기화 모니터링 시스템의 개선 효과는 더욱 커진다.

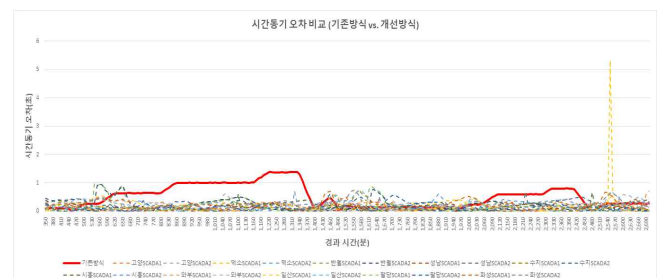


그림 5. 시간동기 오차 비교 (기존방식 vs. 개선방식)

III. 결 론

본 논문에서는 폐쇄망 환경에서 NTP 서버와 수도사업장 SCADA 서버의 시간동기화 오차발생 문제를 해결하는 SCADA 모니터링 시스템을 개발하였다. SCADA 시간을 모니터링하여 NTP 서버와의 시간동기 오차를 산출 및 수도사업장 SCADA에 전송하고, SCADA는 시간동기화 오차가 임계값을 초과하면 시간동기화 모니터링을 위한 NTP서버 활성화, 시간동기화 주기 재설정, 시간동기화를 즉시 수행하는 배치파일 실행을 통해 시간동기 오차를 개선하였다. 향후 NTP 서버 부하와 시간동기 오차와의 tradeoff 관계를 고려하여 시간동기화 주기를 적응적으로 설정하는 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] David L. Mills, “Computer network time synchronization: the network time protocol on earth and in space”, CRC Press, 2017