

석유화학공정 탱크사용율 예측기법 연구

심현\* 이규수\* 오재철\*  
 순천대학교 컴퓨터과학과\*

A Study On the technique of Tank use ratio Prediction in Petrochemistry process

Sim Hyun, Lee Gyu-Soo, Oh Jae-Chul  
 Department of ComputerScience Suncheon National University

**Abstract** - 국내 산업현장에서 공장시스템들을 효율적이고 유기적으로 연결시키기 위해서 산업네트워크인 산업용 프로토콜을 활용한다. 그중에서도 국내 굴지의 석유화학 공정에서는 Modbus Protocol을 사용하고 있다. 하지만 이에 대한 연구가 국내에서는 매우 열악하여 제대로 된 정보를 찾기 힘들다. 이에 국내 산업환경에서 활용하는 모드버스 프로토콜을 개선하여 이를 현장에 적용하는 연구를 하게되었다. 이전 연구에서는 모드버스 프로토콜 개선을 위해서 캐시 기법을 적용하여 탱크 데이터 처리 시간을 단축시키는 결과를 도출하였으며 이를 이용하여 석유화학 공정 탱크의 교체시기를 판별하였다. 이번에는 모드버스 캐시 기법을 이용하여 탱크사용율 예측과 하드닝 기법을 적용한 탱크 데이터예측 알고리즘을 설계하고 이를 시뮬레이션 결과를 소개하고자 한다

1. 서 론

석유 화학 공정에서 사용되는 탱크의 종류는 다양하며, 탱크 가격은 수십 억을 호가한다. 이렇게 고 가격의 탱크는 일정 기간이 지나면 교체를 하여야 한다. 탱크 구입 시기가 오래 되었다 하여도 탱크의 사용률이 적다면 사용이 가능하지만, 아직까지 탱크 구입 시기가 오래된 탱크에 대하여 교체를 한다. 국내의 대규모의 석유 화학 공정의 경우 200개 정도의 탱크가 존재하지만 탱크 사용률을 측정할 수 있는 방법이 존재하지 않는다. 탱크 사용률을 측정한다면 불필요한 탱크 교체를 막을 수 있을 것이다. 하지만 탱크 사용률을 저장하는 소프트웨어가 국내에 존재하지 않는다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 modbus cache에서 탱크 사용률을 측정하여 DCS에 탱크 사용률을 저장하는 일들이 필요하다. 또한 기존의 탱크 시스템에서 탱크 데이터를 받지 못하는 경우가 종종 발생한다. 탱크 데이터를 받지 못하는 경우 공정 운전자 US에서는 알람이 발생하도록 되어 있다. 하지만 아주 위험한 상황이 발생한다. 예를 들어 파이프라인을 통하여 공장 탱크 위험 수준 범위까지 기름이 채워지고 있는데, 탱크 데이터와의 통신이 끊어진 경우를 생각해 보자. 이럴 경우 공장에 아주 위험한 상황이 발생하게 된다. 또한, 공정 탱크에서 기름을 파이프라인을 통해서 인출하는 경우도 생각해 보자. 만약 기름이 없는데 계속해서 기름을 빠져 나간다면 매우 위험할 것이다. 위와같은 문제점을 해결하기 위해서 이전에 개발된 모드버스 캐시시스템을 활용하여 탱크사용률측정과 하드닝 기능을 적용한 탱크데이터 예측기법을 알아보겠다.

2. 본 론

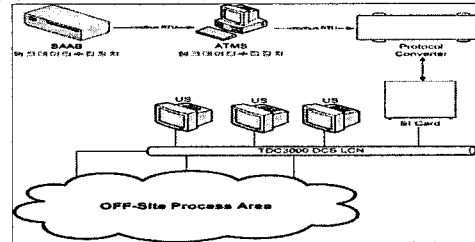
2.1 관련연구

**modbus 프로토콜의 구조**  
 Modbus는 매우 간단한 프로토콜 구조를 가지고 있다. 프로토콜 형식으로는 Device Address, Function Code, Data, CRC-16으로 구성되어 있다. Device Address는 각각의 산업용 장비의 Device Address를 나타낸다. 이는 우리가 인터넷을 사용하기 위해서 고유한 IP Address를 가지는 것과 흡사하다. 만약 우리가 고유의 IP Address를 가지고 있지않다면, 인터넷 상에서 다른 사람들과의 통신을 불가능 할 것이다. 따라서 Device Address도 다른 기계와의 통신을 할 수 있는 Interface를 나타낸다. 두 번째로 Function Code는 현재 Device Address로부터 데이터를 읽을 것인지 아니면 쓰기를 할 것인지 나타낸다. 우리는 인터넷에서 수많은 데이터를 저장 하고나, 볼 수 있다. 이와 같이 modbus 프로토콜에서도 데이터를 읽을 것인지 아니면 저장 할 것인지를 알려 주어야 한다. Data 부분은 실제 데이터가 들어가는 부분이다. 그리고 마지막으로 CRC-16은 에러 검사를 하는 루틴이다. 만약 우리가 E-Mail을 보내는데, 송신한 내용이 변경되어 수신 측에 전달되지 않아야 할 것이다. 따라서 송신한 내용과 수신한 내용을 같은지를 검사가 이루어지는게 E-Mail 통신 코드 검사일 것이다. 따라서 modbus 프로토콜에서도 송신한 내용과 수신한 내용이 일치하는지를 검사하는 CRC-16 코드를 사용한다.

2.2modbus RTU에 의한 Tank 정보 저장

기존 Protocol Converter는 modbus RTU에 의해서 ATMS에서 들

어오는 정보를 읽어 들이게 된다. SAAB를 통하여 현재 탱크 데이터 값을 얻은 후, ATMS로 탱크 데이터를 전달하게 된다. [그림 1]는 탱크 데이터의 전달 과정을 보여준다.[그림 1]는 탱크 데이터의 전달 과정을 나타내는데 우선, SAAB에 의해서 탱크 데이터를



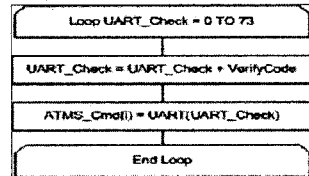
[그림 1] 탱크 데이터의 전달 과정

ATMS로 보내게 된다. SAAB는 modbus master 형식으로 데이터를 ATMS로 보내게 되면이 장치는 modbus RTU를 이용하여 각 정보를 전달하게 된다. 그림에서의 Protocol Converter는 전달 받은 패킷 데이터를 받아 modbus 프로토콜로 변환하여 SI 장치로 넘겨주게 된다. SI 장치의 역할은 DCS와의 통신을 담당하게 된다. DCS는 modbus 프로토콜 형식의 데이터 통신만 가능하므로 Protocol Converter에서 RS-232 정보를 modbus 프로토콜 형식으로 변경하게 된다. 이렇게 modbus 프로토콜 형식으로 변경된 정보는 DCS LCN에 의해서 각 US에 탱크 데이터를 전달하게 된다. 탱크 데이터는 73 바이트로 고정된 길이로 구성되어 있다. 그렇지만 실제 사용되는 탱크 데이터는 [표 1]과 같다.

[표 1] 실제 사용되는 탱크 데이터

필요 탱크 데이터	패킷 위치
탱크 이름	ATMS_Cmd[5] ~ ATMS_Cmd[6]
온도	ATMS_Cmd[36] ~ ATMS_Cmd[40]
높이	ATMS_Cmd[30] ~ ATMS_Cmd[34]

[표 1]은 실제 사용되는 탱크 데이터를 나타낸다. 73 바이트에서 S TX, ETX를 제외한 71 바이트에서 실제로 사용되는 바이트는 11 바이트이다. 그렇지만 현재 Protocol Converter는 73바이트를 모두 받아 메모리에 저장한 다음 데이터를 처리하게 된다. 하지만 실제 사용되는 패킷만 메모리에 저장한다면 메모리의 효율적인 사용이 가능하며, 따라서 시스템 성능 향상을 기대할 수 있다. [그림 3]은 UART의 데이터 처리 기법을 나타낸다.



[그림 2] UART의 데이터 처리 기법

[그림 2]은 UART의 데이터 처리 기법을 나타내는데 기존 시스템은 ATMS의 전체 데이터를 메모리에 저장한 반면 변경된 modbus cache 기능을 하는 시스템은 UART에서 받은 데이터를 모두 저장하는 것이 아니라 VerifyCode 즉, 실제 사용되는 패킷 데이터에 한하여 AMTS\_Cmd 메모리에 저장을 한다. 따라서 기존 시스템에 비해서 UART로부터 받은 데이터 처리도 향상됨을 알 수 있다.

2.3 탱크 데이터 처리를 위한 RS-232 인터럽트 설계

현재 Protocol Converter의 경우 ATMS에서 데이터를 받을 때 73 바이트의 데이터를 받아 들이게 된다. 또한 에러 처리를 위해서 ST X, 실제 데이터, ETX가 들어올 경우 하나의 패킷으로 판단하여 데이터를 처리하게 된다.

STX	탱크 데이터	ETX
-----	--------	-----

[표 2] 탱크 데이터의 정상적인 데이터 구성

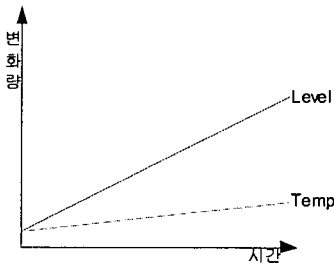
[표 2]은 탱크 데이터의 정상적인 데이터 구성을 나타내며 STX는 패킷의 시작, ETX는 패킷의 마지막 정보임을 나타낸다. 탱크 데이터는 71 바이트가 들어오게 된다. 하지만 실제 탱크에서 오는 데이터는 탱크명, 온도, 높이만 필요하다. 따라서 73 바이트를 모두 받지 않은 경우라도 탱크에 필요한 데이터를 모두 받았을 경우라면 DCS로 데이터 전송이 가능할 것이다. 따라서 ATMS에서 전달받은 데이터에서 탱크명, 온도, 높이의 패킷 위치만 안다면 71 바이트의 탱크 데이터를 받지 못하였을 경우에도 정상적인 데이터 처리가 가능하다. [표 3]는 필요한 탱크 데이터 및 패킷 위치를 나타낸다.

설명	바이트 수
탱크명	2
온도	4
높이	5

[표 3] 필요한 탱크 데이터 및 패킷 위치

### 3. 탱크 사용률 설계

현재 탱크가 가동 중인지 아니면 가동을 하지 않는 것을 찾는 것은 매우 어렵다. 하지만 탱크를 통해서 오는 정보를 이용한다면 탱크의 가동 여부를 확인이 가능하다.



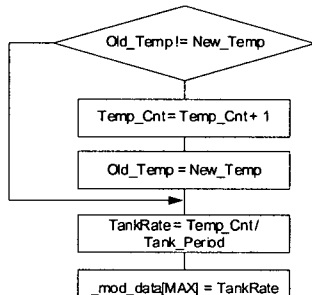
[그림 3] 가동 중인 탱크의 높이, 온도 변화량

[그림 3]은 가동 중인 탱크의 높이, 온도 변화량을 나타내는데, 일반적으로 가동 중인 탱크는 탱크의 종류마다 다르지만 Level은 평균적으로 5 ~ 15 Sec에 데이터 변화가 이루어지며 Temp는 1800 Sec에 데이터 변화가 이루어진다. 따라서 이런 정보를 이용하여 modbus cache 시스템에서는 탱크가 현재 사용 여부를 측정하여 DCS에 전달할 수 있다.

$$\text{Tank period} = \frac{\text{하루 최대 변화량} * \text{Month} * \text{탱크 사용 가능 Year}}{\text{Tank Rate} = \text{온도 변화량} / \text{Tank Period}}$$

[그림 4] 탱크 가동률

[그림 4]은 탱크 가동률을 나타내며 온도 변화량을 사용 가능 횟수로 나눈다면 현재 탱크를 얼마나 사용 했는지 백분율로 환산이 가능 할 것이다. 이 정보를 DCS에 전달한다면 공정 관리자는 추측을 통하여 공정 탱크 교체 여부를 결정할 수 있고, 실제 사용률을 바탕으로 탱크 교체가 가능할 것이다.



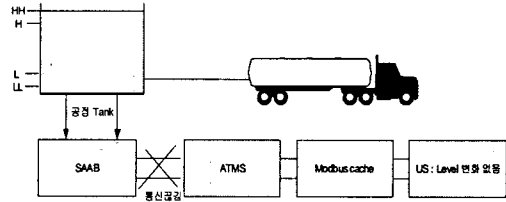
[그림 5] 탱크 가동률 순서도

[그림 5]은 탱크 가동률 순서도를 나타내며 Old\_Temp와 New\_Temp가 같지 않다면 즉, Temp값의 변화가 있다면 Temp\_Cnt값을 1 증가하게 된다. Temp\_Cnt 값은 탱크를 사용 하였을 경우 증가하게 된다. TankRate는 Temp\_Cnt를 Tank\_Period로 나누어 탱크 사용 횟수를 백분율로 나타낸다. \_mod\_data는 DCS와의 통신을 하는 값으로서 DCS에 이 값을 저장하여 운전자들이 해당 탱크의 가동률을 확인할 수 있도록 한다.

### 4. 하드닝 기법을 이용한 탱크 데이터 예측

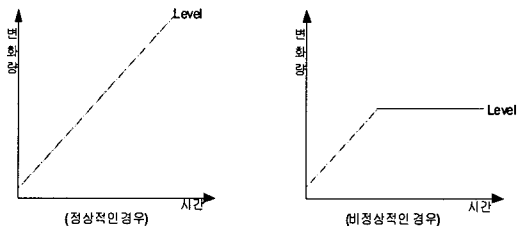
기존의 탱크 시스템에서 탱크 데이터를 받지 못하는 경우가 종종 발생한다. 탱크 데이터를 받지 못하는 경우 공정 운전자 US에서는 알람이 발생하도록 되어 있다. 하지만 아주 위험한 상황에 탱크 데이터를 받지 못할 경우, 공장에서는 아주 위험한 상황이 발생한다.

다. 예를 들어 파이프라인을 통하여 공장 탱크 위험 수준 범위까지 기름이 채워지고 있는데, 탱크 데이터와의 통신이 끊어진 경우를 생각해 보자. 이런 경우 공장에서 아주 위험한 상황에 발생하게 된다. 또한, 공정 탱크에서 기름을 파이프라인을 통해서 인출하는 경우도 생각해 보자. 만약 기름이 없는데 계속해서 기름을 빠져 나간다면 매우 위험할 것이다.



[그림 6] 탱크 데이터를 받지 못할 경우의 위험성

[그림 6]은 탱크 데이터를 받지 못할 경우의 위험성을 나타내는데, 위의 그림에서 H: High, L: Low를 나타낸다. H는 기름이 거의 채워지고 있음을 나타내며, HH는 기름이 탱크 해당 높이 까지 채워졌음을 나타낸다. 만약 HH 상황에서 데이터가 정상적으로 공정 운전자에게 도달하지 못한다면 기름이 흘러 심각한 사태로 될 것이다. 위와 반대로 LL까지 기름을 탱크에서 가져가는 경우도 마찬가지로 LL 까지만 기름을 가져가야 하는데 이 상태에서 SAAB 쪽하고의 통신이 끊어져 공정 운전자가 탱크 알람을 확인할 수 없을 경우도 심각한 문제가 생길 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 만약 통신이 끊어져서 탱크 데이터를 받지 못할 경우 값을 미리 예측해서 공정 운전자에게 값을 전달하는 것이다.



[그림 7] 탱크 데이터의 정상, 비정상적인 경우 레벨 변화량

[그림 7]은 탱크 데이터의 정상, 비정상적인 경우 레벨 변화량을 나타내며, 왼쪽의 경우 정상적으로 탱크 데이터 값이 DCS로 전달된 경우를 나타내며, 오른쪽의 그림은 탱크 데이터가 전달되지 않는 경우를 나타낸다. 탱크 온도는 30분 마다 변화기 때문에 데이터가 끊어졌는지 여부를 쉽게 판단할 수 없으므로, 탱크 레벨을 이용하도록 한다. 탱크 레벨은 최소 5초 에서 최대 15초 사이에 들어오므로 이 시간에 데이터가 들어오지 않았다면 ATMS와의 통신이 정상적으로 이루어지지 않은 경우로 판단한다. 이와 같은 경우 탱크의 현재 값을 예상하여 DCS에 전송하도록 한다. 또한 일정한 시간이 지나서 ATMS로부터 정상적인 데이터를 전달 받은 경우 예상치 값을 전달하지 않고, 실제 탱크 데이터 값을 전달하도록 한다.

### 3. 결론

본 논문에서는 모드버스 프로토콜을 사용하는 대규모 석유화학공장에서 200개 정도의 탱크가 존재하지만 탱크 사용률을 측정할 수 있는 방법이 존재하지 않는다. 탱크 사용률을 측정한다면 불필요한 탱크 교체를 막을 수 있을 것이다. 이를위해 모드버스 프로토콜 캐쉬기법을 적용하여 전달된 데이터를 분석, 온도, 압력, 높이의 값을 산출하여 탱크사용률을 계산하는 알고리즘을 구현하였다. 또한 기존의 탱크 시스템에서 탱크 데이터를 받지 못하는 경우가 종종 발생한다. 탱크 데이터를 받지 못하는 경우 공정 운전자 US에서는 알람이 발생하도록 되어 있다. 하지만 아주 위험한 상황에 탱크 데이터를 받지 못할 경우, 공장에서는 아주 위험한 상황이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 하드닝 기법을 적용하여 탱크 데이터를 예측하여 문제를 해결하는 알고리즘을 구현하였다. 본 논문에서 개발한 두 가지의 알고리즘은 석유화학공장에서 비용적 측면과 안전성 측면에서 모두를 해결할 수 있는 장점이 있다. 이를 실제 현장에서 적용할 수 있도록 시뮬레이션과 검증과정을 더욱 많이 거쳐야 하는 문제점이 아직 해결해야 할 과제이다.

### [참고 문헌]

- [1] Ling,W.,Zhang,L.,Wang,Z.,Fan,J. RUN Hua Yu Mi Feng/Lubrication Engineering (5), pp.74-77
- [2] Tyco Electronics UK Limited, Rs485&Modbus Protocol Guide, Feb, 2007.
- [3] Acromang Incorporated, Introduction To Modbus, 2002.
- [4] Modbus, OPC force decision Sheble, N. 2005 InTech 52 (10), PP. 110