

## SCADA 자동고장판단을 위한 데이터 흐름제어 알고리즘 연구

박정진, 김건중, 황인준, 양민욱, 이재원, 조희창, 김태원\*  
 충남대학교, 한국전력공사\*

### Study of data flow control algorithm for automatic fault estimation in SCADA

JeongJin Park, KernJoong Kim, InJun Hwang, MinUk Yang, JaeWon Lee, HuiChang Cho, Taewon Kim\*  
 Chungnam National University, Kepco\*

**Abstract** - Currently SCADA System faces various fault situation. Operator must recognize all fault state and management plans. But it is not easy to recognize all category and acquired error data. So it is needed that automatic fault estimation. Automatic fault estimation is possible to data flow control. Data flow control method is two type. One is alarm processing and the other one is topology processing.

This paper provide two type processing method in SCADA data flow control.

#### 1. 서 론

SCADA 시스템은 현재 실시간 전력감시 및 제어에 있어 핵심적인 역할을 하는 시스템이다. 이러한 시스템을 운영하는 운전원들은 각각의 해당 시스템에서 발생할 수 있는 모든 사건에 대해 알아야 하고 그에 해당하는 대처방법들을 모두 숙지하고 있어야 한다. 하지만 경험이 풍부한 운전원이 한 곳에 평생 근무하는 것이 아니고 하나의 사고로 인해 파급되는 사고가 발생하기 때문에 이러한 동시다발적인 사고를 처리하기엔 운전원수의 제약이라는 어려움이 있다. 또한 실제로 사고가 발생하지 않은 상황에서 발생하는 오류 데이터나 사고가 발생했음에도 불구하고 정상으로 취득되는 오류데이터를 운전원이 바로 파악하기란 쉽지 않다. 이러한 데이터 오류로 추가로 발생 가능성이 있는 사고를 막기 위해서는 사건에 시스템의 오류를 판단하는 기법이 필요하다. 이러한 자동고장판단을 위한 알고리즘에는 데이터 취득을 통한 데이터 흐름제어 방법이 있다.

본 논문에서는 SCADA시스템의 안정성 확보를 위한 이러한 방법에 관한 내용을 기술하였다.

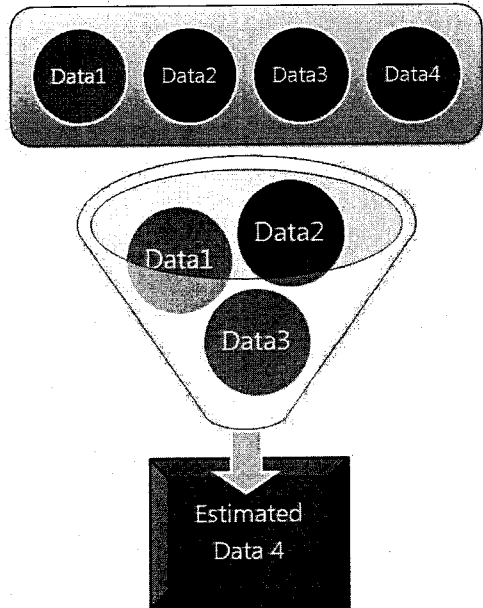
#### 2. 본 론

##### 2.1 데이터 흐름제어

SCADA에서는 다양한 정보들이 취득이 되게 되고 이러한 취득된 정보의 대부분은 실제 사이트의 On/off 정보들이다. 이러한 0과 1의 데이터들은 단순하지만 실제 기기의 상태정보이므로 계통운영에 있어서 무시할 수 없는 데이터들이다. 이러한 데이터의 값들은 모두 신뢰성이 있어야 하지만 취득된 데이터를 기본으로 해당 포인트 주변의 데이터 값을 이용하여 그림 1과 같이 데이터 추정을 하게 된다.

SCADA에서 취득된 데이터를 가지고 해당계통을 판별할 때 그림 1처럼 데이터 1, 2, 3, 4가 취득되고 이러한 데이터의 값을 가지고 해당 계통의 상태를 판단하게 된다. 하지만 데이터4가 만약 사고가 발생한 경우, 혹은 취득된 데이터4의 값이 오류로 잘못된 값이 올라오는 경우, 현재의 시스템에서는 직접 현장작업자의 투입으로

확인을 해야 한다. 하지만 이러한 방법은 실제 사고가 발생했을 경우 시간 지연을 불러 사고의 파급을 불러올 수 있다. 이러한 경우를 위하여 데이터 1, 2, 3을 통하여 해당 계통의 상태를 추정하고 그로인해 데이터 4의 상태를 추정하여 오류 데이터 및 계통의 상태변화를 확인 할 수 있는 것이다.



<그림 1> 흐름을 통한 데이터 추정

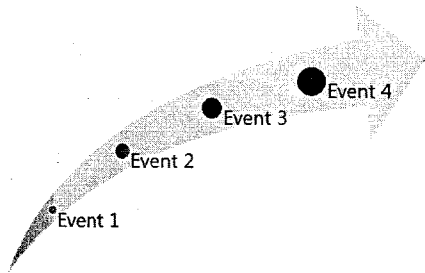
이러한 데이터 흐름을 통한 데이터를 추정하는 방법은 현재 SCADA에서 사용되지 않고 있으며, 국내뿐만 아니라 국제적으로도 적용사례는 아직 보고되지 않고 있다. 이러한 취득된 데이터로 주변데이터의 상태를 판단하는 알고리즘의 종류에는 크게 두 가지가 있다.

첫 번째로는 Alarm processing이 있다. 알람 프로세싱은 계통 감시할 때 발생하는 이벤트의 시퀀스를 활용한 처리방법이다. 두 번째로는 Topology processing이다. 토폴로지 프로세싱은 계통이 구성되어 있는 상태에서 취득된 차단기 정보, 전류정보를 통해 계통의 상태를 처리하는 방법이다. 또한 토폴로지 프로세싱은 계통 운영에 있어 운전원의 조작 실수를 유발하는 방사상 계통에서의 운전원 오조작 방지에도 사용될 수 있어 계통 운영에 있어 보다 효과적으로 운전하는데 활용될 수 있다.

각 방법에 대해 더 자세히 다루면 다음과 같다.

### 2.1.1 Alarm Processing

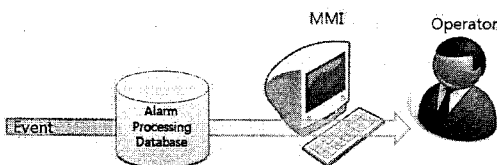
알람 프로세싱은 SCADA나 EMS에서 이벤트가 발생하는 시퀀스에 따라 고장관단을 하는 방법이다. 현재의 시스템은 이벤트가 발생되면 해당 포인트에 관한 단순한 알람만 발생한다. 그리하여 단순히 이벤트가 발생된 포인트만 확인하고 그에 맞는 대응을 취하게 된다. 하지만 이벤트가 발생하는 시퀀스가 적용된 알람프로세싱이 된다면 이벤트 발생에 대한 보다 정확한 인지가 될 수 있고 프로세싱으로 사고의 정확성 및 에러데이터를 파악할 수 있다.



<그림 2> Alarm Processing 구조

그림 2처럼 이벤트 발생 시퀀스가 1 → 2 → 3 → 4 와 같이 이루어지고 이러한 시퀀스를 SCADA 데이터베이스에 저장되어 있다고 하자. 이러한 시스템에서 운전원이 데이터 감시 중 Event 2 가 갑자기 발생한다면 Event 1의 발생 없이 2가 바로 발생되었고 또한 2가 발생되면 3이 발생 되어야 하는데 Event 3은 발생되지 않는 것으로 보아, 발생된 Event 2는 데이터 에러로 인해 발생된 데이터 오류임을 체크 할 수 있다. 비슷한 경우로 Event 1의 발생 없이 Event 2가 발생하고 그 후 Event 3이 발생한다면 Event 1의 데이터 전송에 에러가 발생했다던지 통신선로에 문제가 있다는 것을 알 수 있을 것이다. Event 2가 이미 발생하였는데 이러한 프로세싱 기법이 무슨 쓸모가 있겠냐는 질문도 생길 수 있다. 하지만 이렇게 시퀀스처럼 순서대로 발생하는 이벤트는 이벤트 발생으로 그것이 계통에 심각한 타격을 미치는 1순위 이벤트가 아닌 2, 3순위 이벤트인 경우가 많다.

그 예를 들어보면 26W계전기가 있다. 26W계전기는 변압기내 권선 온도를 측정하고 설정 값보다 올라갔을 경우 경보를 울리는 계전기이다. 이러한 계전기는 1단에서 4단까지 레벨이 존재하고 각 단계별로 조치사항이 존재하게 된다. 1, 2단계는 단순한 정보만 울리게 되고 4단계 같은 경우는 권선온도의 상승으로 변압기를 차단시키는 차단을 작동시키게 한다. 이러한 순서대로 계전기가 동작하는 시퀀스를 구성하여 알람프로세싱을 할 수 있게 된다. 또한 26W계전기와 더불어 26Q계전기도 연동시킬 수 있다. 26Q계전기는 권선을 싸고 있는 변압기유 온도를 나타내는 계전기로 두 계전기는 비슷한 시퀀스를 갖고 있으므로 둘과의 상관관계를 고려한 시퀀스 구성을 통해 보다 효과적인 알람 프로세싱을 구성할 수 있게 된다.



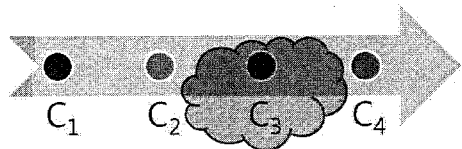
<그림 3> Alarm processing SCADA 적용방법

알람 프로세싱은 그림 3과 같이 이벤트가 발생할 때 현재의 SCADA처럼 바로 운전원의 화면에 이벤트가 바로 표시 되지 않고 Alarm Processing을 위한 시퀀스 데이터베이스를 참조하여 연관된 이벤트의 오류상태를 파악하여 운전원에게 파악된 정보를 제공하게끔 한다. 운전원은 알람프로세싱을 통해 제공된 이벤트에 대해서 자세히 알고자 할 때는 관련 상세 세부사항을 기 구축된 데이터베이스에서 불러와 확인할 수 있도록 구성한다면 보다 효율적인 이벤트 관리가 가능하게 될 것이다.

### 2.1.2 Topology Processing

토폴로지 프로세싱은 알람프로세싱과 마찬가지로 계통을 감시하는 과정에서 발생할 수 있는 이벤트 오류를 판단하고 해당데이터를 추정하는 방법이다. 특히 변전소 내에서 차단기 정보와 전류정보를 가지고 이러한 판단을 할 수 있게 한다. 또한 변전소의 모선 운전방식을 통해서도 이러한 차단기, 전류정보를 판단할 수 있고, 나아가 모선의 사활까지 확인을 할 수 있게 된다.

SCADA에서 취득된 데이터의 정확성은 반드시 보장되어야 한다. 하지만 예측하지 못한 이벤트나 통신장애, 해당 포인트에 대한 장비의 노후 등으로 에러 발생 가능성은 항상 존재한다. 이러한 데이터 에러를 최소한으로 하고 또한 다음에 등장하게 될 오조작 방지모델 알고리즘까지 발전시킬 수 있는 것이 바로 Topology Processing 기법이다.



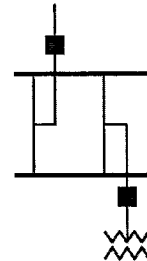
<그림 4> Topology Processing 구조

그림 4처럼 SCADA에서 데이터 C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>가 취득되는데 C<sub>3</sub>의 데이터가 그림처럼 올라오지 않거나 주변의 데이터와 C<sub>3</sub>의 데이터의 상태가 일치되지 않는 상황이 발생할 경우 데이터의 원래의 값을 추정하기 위하여 주변 C<sub>2</sub>, C<sub>4</sub>의 값을 이용하는 방법이다.

현재 SCADA에서 이러한 기법을 사용하기 위한 데이터 값들은 차단기데이터와 전류데이터이다. 각 차단기에 대한 데이터는 전류추정 포인트를 지나서 존재하기 때문에 서로 데이터간의 연계가 가능해 지는 것이다.

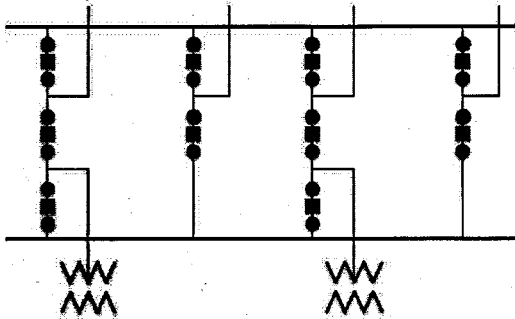
또한 이러한 토폴로지 프로세싱은 모선의 운전 방식과 모선의 종류에 따라 각각 알고리즘이 달라진다.

현재 한전에서 운전 중인 모선방식은 초고압 계통에서는 1.5모선방식을 사용하고 그 이하는 2중모선 방식을 사용한다. 또한 1.5모선 방식과 같은 경우는 통합모선방식을 모선운전의 기본으로 하고 있어 그에 따른 알고리즘이 달라진다.



<그림 5> 2중모선 방식의 도식도

그림 5의 이중모선 방식은 변압기 1차측 모선만 고려 하면 인입구 쪽 차단기와 변압기 1차측 차단기로만 구성이 되어있고 내부적으로 단로기가 구성되어 있다. 이 모선방식에선 인입구 쪽 차단기 앞단과 변압기 1차측 차단기 뒷단에서 전류가 측정된다. 이러한 전류의 측정 데이터를 가지고 차단기와 내부적으로 구성된 단로기의 on/off값을 전류방정식을 통해 구할 수 있다.



<그림 6> 1.5모선방식의 도식도

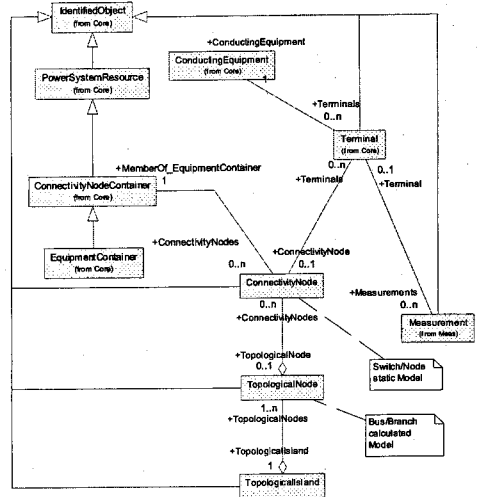
그림 6의 1.5모선 방식은 한전에서 765kV나 345kV 변전소에서 사용되는 모선 방식으로 병행2회선을 기본으로 하여 변전소 계통도가 구성되어 있다. 일반적으로 한 개의 변전소에 2개의 회선(즉 병행2회선)이므로 총 4개의 라인), 혹은 3개의 회선으로 구성되어 있다. 그림에서 ■는 차단기를 의미하고 ●는 단로기를 의미하는데 ●에서 전류가 측정된다. 1.5모선 방식에서는 2중모선과 달리 전류측정 포인트가 많아 보다 편리한 방법의 판단이 가능해진다. 각 차단기와 단로기2개를 하나의 영역으로 잡고 해당 영역의 값을 0 혹은 1로 보아 해당 영역의 값을 세팅한다. 그 후 주변 영역들의 상태 값을 판단하여 해당 모선의 모선운전방식과의 일치여부를 판단하여 해당 모선의 사고발생여부를 확인한다.(여기서 해당모선에서의 사고발생여부는 모선의 운전을 통합모선을 기본으로 하여 통합모선 운전시 발생할 수 없는 상태를 사고 상태로 존재한다.) 또한 각 영역에서 차단기 값과 전류의 값이 동일하게 0 또는 1이 되지 않는 경우 해당 영역 주변의 영역 상태값을 가지고 오류값을 찾는다. 그리고 최종적으로는 인입구 전류측정값과 차단기 on/off 값, 변압기 1차측 전류값을 가지고 세운 전류방정식을 가지고 모선 전체적인 상태 추정을 하고 데이터 오류를 체크할 수 있게 된다.

### 2.2 SCADA 오조작 방지 모델

앞에서 살펴본 Topology Processing을 이용해 SCADA 오조작을 위한 알고리즘을 세울 수 있게 된다. 현재 제한된 오조작 방지 알고리즘에는 한전에서 개발한 방사상계통 자동판별을 위한 제어 알고리즘이 있다. 하지만 이 역시 실제 운전중이지 않고 개발 완료에 머물고 있거나 또한 그 구축된 시스템과는 별도의 토폴로지 정보를 담고 있는 데이터베이스를 구축해야 하는 복잡함이 존재하게 된다. 이러한 데이터베이스의 별도 구축없이 방사상 계통의 오조작 방지모델을 해결하는 법은 바로 각 변전소모선 간 연결관계를 매트릭스로 구성하여 해당 매트릭스의 연결된 값을 0, 1로 주어 해당 모선의 사활 정보를 파악하면 간단한 프로그래밍으로 해결 될 수 있다. 여기서 중요한 점은 항상 기본이 되는 모선은 전원 공급단이 있는 변전소 모선이 가장 기본으로 구성되어야 한다는 점이다.

### 2.3 IEC 61970과 데이터 흐름제어 알고리즘 연동

향후 SCADA는 IEC 61970과 61968에 기반한 시스템 구축이 진행 될 것이다. 이는 국제 표준이므로 이에 관한 연구도 필요하다. IEC 61970을 살펴보면 Topology 패키지가 독립적으로 존재한다. 그림7에서 연결상태를 담고 있는 ConnectivityNode를 통해 계통의 연결상태를 정의하고 측정값들과 연계된 Terminal값들이 포함되어 이러한 토폴로지프로세싱과 오조작 판별 알고리즘을 적용하는데 연계할 수 있는 데이터 연결고리를 제공한다.



<그림 7> IEC61970 Topology package의 diagram

### 3. 결 론

SCADA 시스템은 전력계통에서 뿐만 아니라 어느계통에서도 사용되는 시스템이다. 이러한 시스템은 점점 사용자 중심의 시스템으로 발전될 것이고 또한 인공지능을 점점 요구하게 될 것이다. 이러한 인공지능을 위한 연구는 점점 필요하다. 시스템 내부적으로 에러를 파악하기 위한 이러한 데이터 흐름기법은 앞으로 인공지능을 탑재한 시스템을 선도하는 기본이 될 것이다.

시스템의 효율성, 사용자의 편의성, 글로벌 시대의 국제화된 시스템을 모두 고려한다면 시스템 내부적으로 에러를 파악하기 위한 이러한 데이터 흐름기법은 앞으로 인공지능을 탑재한 시스템을 선도하는 기본이 될 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 박정진, "SCADA 자동고장판단을 위한 Topology Processing 알고리즘 연구", 2009년 2월
- [2] 전동훈, 김태원, 심정운, 김건중, "SCADA에서의 설비 오조작 방지를 위한 방사상계통 자동판별시스템 개발", 전기학회 논문지, p.1, 2008년 1월
- [3] 김태원, 박종후, 전동훈, 윤태영, 조종성, "방사상계통 자동판별을 위한 제어 알고리즘 개발", 2007년 4월
- [4] 김건중, 신만철, 황인준, 양민욱, 박정진 "차세대 SCADA System 표준규격 개발 1차년도 보고서" 2008년 3월