

객체 지향 UML모형을 이용한 배전자동화 복구 시스템의 설계

성승기, 최상열, 김종형, 신명철, 김용모  
성균관대 전기 전자 및 컴퓨터 공학부

Design of Distribution Restoration  
by Object Oriented Unified Modeling Language

Seung-ki Sung, Sang-youll Choi, Myung-chul Shin, Ung-mo Kim  
Dept of Electrical & Computer Eng. SungKyunKwan Univ.

**Abstract** - This paper describes the principle and the implementation of a heuristic methodology to restore service to the isolated portions of distribution system. With an aim to increase the ease of the maintenance and expansion. Object-oriented technique was adopted to implement the package. UML was officially adopted OMG standard. It simplifies the complex process of software design, making a "blueprint" for construction. Therefore This package can be easily reused.

1. 서 론

최근의 정보화 사회가 전개됨에 따라서 컴퓨터의 보급 등으로 전력의 공급신뢰도를 요구하는 사회적 요청이 강하게 대두되고 있다. 이러한 배경으로 나온 배전자동화 시스템은 현재 사고 복구 등 일부 응용프로그램의 개발 적용이 되고는 있으나 소프트웨어의 측면에서는 아직 초기단계로서 앞으로 진단, 부하관동화, 과부하해소 등 다양한 응용소프트웨어의 개발 및 통합운용 환경의 개발이 요구되며 이를 위하여 배전자동화 프로젝트 전체적으로 본 효율적인 개발방안이 필요하다.

소프트웨어 개발 시 나타나는 근본적인 특성은 system에 대한 요구사항이 계속하여 변하게 된다는 점이다. 이를 위해 유연성(flexibility)과 적응력(adaptability)을 갖도록 설계되어야 한다. 그러나 현재 개발 방법으로는 system의 확장이나 변경이 용이하지 못해 많은 어려움을 겪고 있으며 객체지향S/W개발 방법은 이를 극복할 수 있는 매우 유용한 방법론으로 인식되고 있다.

본 논문에서 사용하고자 하는 UML[7]은 97년 8월 OMG(Object Management Group)에 의해 객체지향 모델링 언어의 산업 표준으로 승인되어 현재 널리 쓰여지고 있다. 여기에 사고 복구 알고리즘에 근거한 사고복구시스템을 구현함에 있어서 UML이 요구하는 절차를 따라 구체적인 기능을 상호 분리함으로써 배전자동화의 다른 응용프로그램과의 통합적인 운용이 가능하도록 하였다. 본 논문에서는 배전계통에 비교적 적용하기 쉬운 Index 기법[3]을 사용하여 정전 복구를 하였다.

이 기법이 적용되는 배전계통은 Graph이론[9]으로 표현이 되며 Graph이론의 장점인 구현 함수의 다양성과 구현의 용이성을 이용하며 OOP프로그래밍의 장점인 메모리의 절약과 가독성이 쉽게 하여 UML 디자인을 위한 바탕을 되도록 하였다.

덧붙여, SCADA시스템과 배전자동화시스템(DAS)간의 데이터 자료연계방안을 제시함으로써 배전자동화시스템에서 별도의 기기를 설치하지 않음으로써 예산절감효과를 기대할 수 있는 연구는 진행되어왔으나[10] 이 논문에서는 소프트웨어 개발 측면에서의 재사용 방법을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 배전계통 조류 해석

조류계산을 수행하는 목적은 계산에 의해서 얻어진 해가 허용되는 동작 제한범위 내에 존재하는가를 판별하는 것이다. 실시간 운영에서 시스템 변수가 허용 제한 범위의 외에 존재하는 시스템은 이에 따라 문제점들을 방지하기 위하여 곧바로 이를 보완하기 위한 조치가 취해져야 한다.

배전계통에서 선로 사고나 변전소의 사고 등으로 특정 지역이 정전을 경험하게 되면 개폐기의 조작 등을 통해 부하를 절체시켜 정전구간을 복구시켜야 한다. 이를 위한 적절한 절체 안을 검토하기 위해서는 절체 후의 상태를 예측해야 하며, 이때 개폐기나 선로가 있는 모든 지점의 전압이나 전류, 전력 등의 계산은 필수적이다. 조류계산 알고리즘을 적용하여 배전계통의 조류를 파악하기에는 계통의 상태가 자주 변경되므로 계통변화에 신속하게 대응할 수 없으며, 현재 방사상(Radial) 연결구조로 운전되고 있는 배전계통은 조류계산이 이의로 복잡하여, 전압강하, 손실계산 어느 하나 간단히 처리될 수 없어 최적운전 결정을 위한 계통탐색에서의 계산시간을 크게 증가시키고 있다.

따라서 본 논문에서는 배전계통을 잘 나타낼 수 있는 그래프구조로 적용시킨 다음에 이 구조를 사용해서 쉽게 구현할 수 있고 빠른 시간에 조류계산을 수행할 수 있는 알고리즘을 사용하였다. 이 방법을 사용해서 Jacobian matrix를 만들어서 역행렬을 구할 필요가 없었고, 배전계통 Network을 쉽게 추가삭제가 가능하며 메모리를 효율적으로 사용하는 그래프의 알고리즘을 이용할 수 있었으며 이것을 UML모델이 요구하는 클래스, 시퀀스, 플레보레이션 다이어그램으로 쉽게 변환할 수 있었다.

2.1.1 조류 해석 이론

Mesut E.Baran[8]이 사용한 Backward, Forward 기법을 이용한 Distflow방정식을 사용해서 조류해석을 하였다.

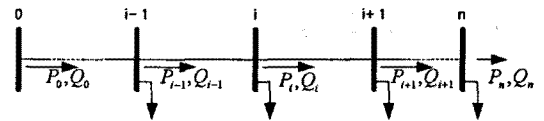


그림 1 방사선 형태의 모의 배전계통

$$S_{i+1} = S_i - Z_i \frac{|S_i|^2}{|V_i|^2} - S_{Li+1} \quad \text{식 2-1-1}$$

$$V_{i+1} = V_i - I_i Z_i \quad \text{식 2-1-2}$$

위의 방정식은 Forward방정식이다.  $S_0, V_0$ 를 안다면 위의 방정식을 사용해 다음  $S, V$ 를 알 수 있다. 말단에

는  $S_n=0$ 을 만족해야 하므로 leaf Node에서는  $S_n < \epsilon$ 을 만족하지 않으면 다음의 Backward방정식을 사용해서 오차를 줄여나간다.

$$S_{i-1} = S_i + Z_i \frac{|S_i|}{|V_i|^2} + SL_i \quad \text{식 2-1-3}$$

단. ( $S_i = S_i + S_{Li}$ )

Distflow방정식은 실수 부분과 허수 부분을 나눠서 계산을 했지만 본 논문에서는 Complex클래스를 만들어서 객체 지향에서 제공하는 연산자의 재정의를 통해 복소수 연산이 사용자의 입장에서 편리하도록 했다. 또 배전계통의 회로망을 자료구조로 표현해서 원하는 알고리즘의 적용이 용이하도록 하며 이에 따라 송전계통에도 Template를 이용함으로써 코드의 재사용이 쉽도록 했으며, 그에 따른 클래스의 간소화가 이루어졌다.

### 2.2 조류 해석 클래스 다이어그램

배전계통을 UML로 적용하기 위해서 첫 단계가 클래스의 추출이다.

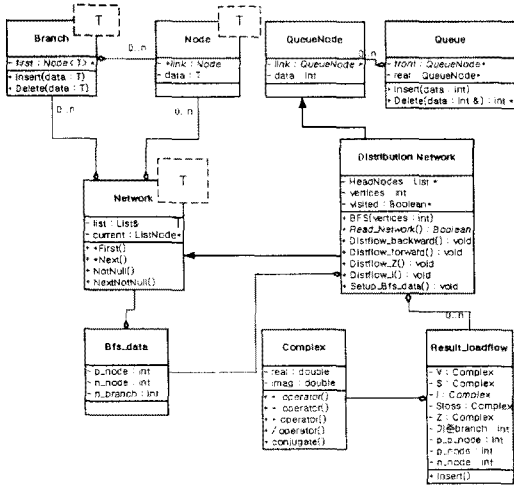


그림 2-2 배전계통의 클래스 다이어그램

Network클래스를 사용해서 배전계통의 특성을 정의한 Distflow Network클래스를 만들었으며, 계산순서를 정하기 위해 Breadth First Search가 필요로 하며 이것을 지원하는 Queue 클래스와 복소수를 표현하기 위한 Complex클래스를 정의하였다. 만약에 송전 계통을 표현하기 위해서 Network 클래스를 사용해서 배전계통과 같이 클래스를 정의할 수 있게 하였다. 즉 SCADA 시스템에서 배전계통의 유사성만을 취하고 차이점을 더 함으로써 간단히 적용되었다.

### 2.2 정전복구

정전 복구는 방사상으로 운영되고 있는 배전계통에서 정전 발생 시 적절한 Switching을 통해 계통의 Topology를 변경하여 부하를 절제하는 방법으로 이루어지며 백업 피더의 선정 및 Switching은 계통의 안정도와 신뢰도에 매우 큰 영향을 미치므로 이에 대한 많이 연구가 진행되어 왔다.

#### 2.2.1 Index 기법을 이용한 정전 복구 이론

고장 복구 전에 다음과 같은 사실을 가정한다.

- ① 고장 전의 배전계통은 방사상으로 운영된다.
- ② 고장 전의 switching상태와 위치를 알고 있다.
- ③ 고장난 지점은 차단장치에 의해서 차단되었다.

Index 기법을 사용한 정전 복구는 이해하기 쉽고 빠르게 복구할 수 있다는 장점이 있다. 그리고 다음과 같은 원칙에 의해서 정전 복구를 한다.

- ① 최소의 Switching 수만으로 복구해야 한다.
- ② 전압, 전류가 허용치를 넘지 않는지 검사해야 한다.
- ③ 손실이 최소화되어야 한다.
- ④ 방사상의 형태가 유지되어야 한다.

#### 2.2.2 정전 복구 플로우차트

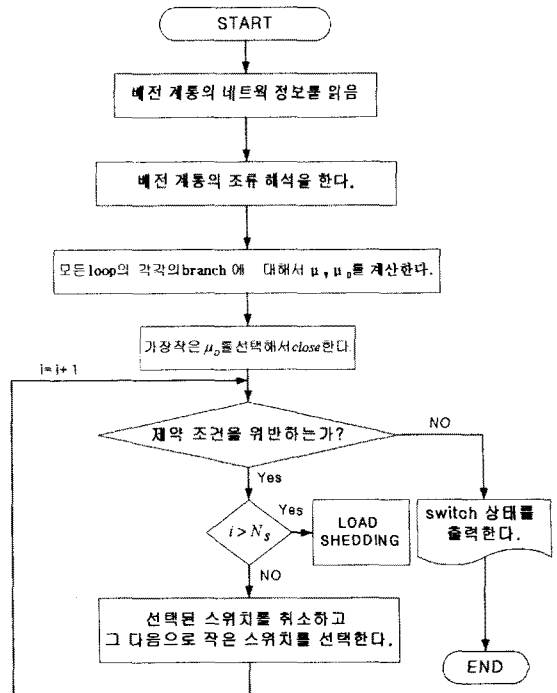


그림 2-3 정전 복구 플로우차트

먼저 복구 알고리즘은 전원이 없어서 고장난 그룹의 최상단 Node를 구해서 그 하위 Node를 Breadth First Search를 사용해서 구한다. 이 그룹과 연결된 Tie Switch(평상시 개방된 Switch)를 구한다. 가장 index가 적은 값을 갖는 것부터 스위치를 Close함으로써 정전 복구를 한다. 만약 결정 Index  $\mu_D$ 가 두 개라면 작은  $\mu_D$ 를 선택한다.

정전 구역과 연결된 모든 Tie Switch를 사용했지만 선로, 변압기 용량 제한을 만족하지 않는다면 우선 순위가 가장 낮은 부하를 차단 시켜서 정전 복구를 한다.

#### 2.2.3 정전 복구 시퀀스, 콜레보레이션 다이어그램

시퀀스 다이어그램을 사용해서 사용자의 요구를 구체화하며, 지속적인 개발 과정에서 부드러운 개발과정을 만들어주는 역할을 한다. 정전 복구를 위해 사용된 여러 클래스간의 동적인 역할을 한눈에 볼 수 있으며 객체들이 주고받는 메시지들에 대한 순서가 나타나 있다. 즉 동적인 상호관계를 보여주고 있으며 콜레보레이션 다이어그램은 메시지를 교환하는 것뿐만 아니라 객체와 객체들간의 관계를 함께 보여준다. 즉 시간이 중요할 때에는 시퀀스 다이어그램을, 객체들의 관계가 중요할 때에는 콜레보레이션 다이어그램을 사용한다. 여기서는 정전 복구 절차 및 시간이 변수가 되므로 시퀀스 다이어그램으로 나타냈다.

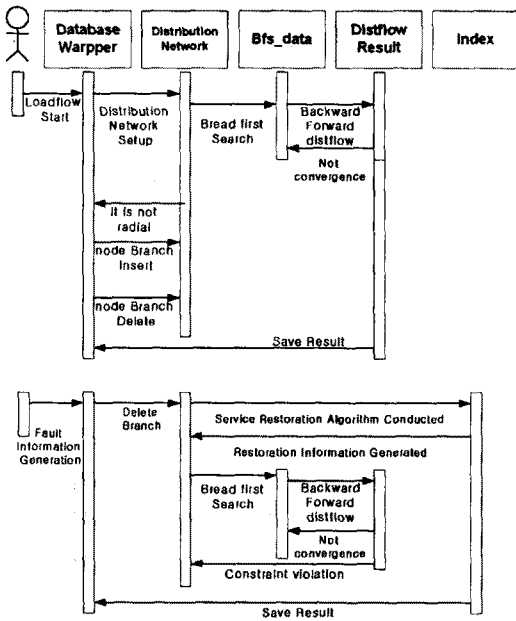


그림 2-4 정전 복구 시퀀스 다이어그램

배전자동화관리자가 주체가 되어 배전계통이 저장되어 있는 데이터베이스에 접근해서 조류계산과 정전복구를 수행함을 시간의 순서에 따라서 쉽게 볼 수 있다.

### 3. 결 론

분석 및 설계에 많은 시간을 들임으로써 구현에는 많은 시간을 들이지 않아도 되었으며, 데이터와 메시지의 이동의 정의가 구현되면 그에 따른 알고리즘의 구현은 상대적으로 쉬웠다. 그리고 객체 지향 방법론은 분석, 설계, 구현에서 디버깅까지 각 단계마다 사용자의 요구 사항이 변경됨에 따라 지속적인 업데이트가 필요로 한다. 배전계통(DAS)와 송전계통(SCADA)와 연계하고자 할 때에 지금까지 만들어진 모듈을 조립해서 사용하는 방식으로 간단히 구현할 수 있게 되었다. 즉 소스코드나 클래스 라이브러리의 재사용이 아닌 설계나 분석 단계에서의 문서를 재사용 할 수 있는 근간을 마련했다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] S.civanlar, J.J.Grainger, H.Yin, S.S.H Lee "Distribution Feeder reconfiguration for loss reduction" IEEE Transaction on Power Delivery Vol 3 No 3 July 1988
- [2] Tim Taylor, David Lubkeman "Implementation of heuristic search strategies for distribution feeder reconfiguration" IEEE Transaction on Power Delivery Vol 5 No 1 January 1990
- [3] Whei-Min Lin, Hong-Chan Chin "A New Approach for Distribution Feeder Reconfiguration for Loss reduction and service restoration" IEEE Transaction for Power Delivery Vol 13. No 3. July 1998
- [4] Yuan-Yih Hsu, H.M. Huang H.C.Kuo, S.K. Peng C.W.Chang K.J.Chang, H.S.Yu C.E. Chow R.T.Kuo "Distribution System Service Restoration Using a heuristic search approach" IEEE Transactions on Power Delivery Vol 7. No 2. April 1992.
- [5] D.Das, D.P.Kothari, A.Kalam "Simple and efficient method for load flow solution of radial distribution networks" Electrical Power & Energy Systems Vol 17 No 5 1995.

- [6] S.K.Goswami S.K.Basu "A new algorithm for the reconfiguration of distribution feeders for loss minimization" IEEE Transaction on Power Delivery Vol 7 No 3 July 1992.
- [7] 박현철 "객체지향 분석 설계 Visual C++" 비앤씨 출판사 1999.
- [8] Mesult E.Baran m Felix F. Wu "Optimal capacitor placement on radial distribution systems" IEEE Transaction on Power Delivery Vol 4, No 1. January 1989
- [9] Ellis Horowitz, Sartaj Sahni, Dinesh Metha "Fundamentals of DATASTRUCTURES IN C++" Computer Science Press
- [10] 고상천, 김용팔 "한전 변전자동화시스템과 배전자동화시스템의 자료연계방안에 관한 연구" 98년도 대한전기학회 하계논문대회 논문집 G권 p2393-2395