2006년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2006. 7. 12 - 14

IEC61850 환경에서의 다중 에이전트를 이용한 신뢰도 향상기법에 관한 연구

박동호* 임성정** 이승재**
*: 현대중공업(주) **: 명지대학교

A Study of the Reliability Improvement Scheme on IEC61850 Environment Using Multi-Agent

Dong-Ho Park* Seong-Jeong Rim** Seung-Jae Lee**
*: Hyundai Heavy Industries, Co., Ltd. **: Myongji University

Abstract - 변전소에서 IED의 신뢰성은 전력시스템의 보호 제어에 있어서 매우 중요한 문제이다. 실제로 다른 제조업체로부터의 IED의 사용은 신뢰도를 유지하는데 많은 어려움을 가지게 된다.
본 논문에서는 IEC61850 기반의 변전소에서 다중 에이전트를 이용한 신뢰도 향상기법을 제안하였다. 백업 IED와 네트워크에서의 데이터 전송을 활용하여 다중 에이전트에서 각각의 에이전트들은 결함검출, 시험패턴 데이터 생성, 리소스 표시 및 확인 등의 기능을 수행한다. 제안한 방법은 구현을 통하여 그 유용성을 입증한다.

1. 서 론

통합화된 보호제어시스템에서의 운전 효율을 개선하는데 있어서 애로사항으로 다른 제조업체에서 개발한 IED를 사용함으로서 IED간의 정보교환이 힘들다는 것이다. 이러한 문제의 해결을 위해 1990년대초부터 미국과 유럽을 중심으로 정보교환의 표준화 작업을 착수하였다. 미국의 EPRI에서는 UCA2.0, 유럽에서는 IEC61850을 제정하였으며 이 두 개의 규격은 IEC61850으로 합쳐졌으며 UCA2.0의 데이터모델과 서비스에 기반을 두었다[1].
전력시스템에서의 사고는 적절한 시간내에 제거하지 않으면 연쇄고장과 더불어 대정전을 유도할 수도 있다. 보호 IED는 사고의 검출과 제거를 담당하므로 고신뢰성을 유지해야 한다. 신뢰성을 개선하기 위한 기존의 방법으로는 백업장치나 이중화 구조를 가지는 것이다. 이중화된 구조는 동일한 기능을 가지는 두 대의 장치를 사용하는 것으로 신뢰성이 개선되는 반면, 비용뿐만 아니라 오동작의 발생확률이 높아지는 단점을 가진다.
지난 20년간 여러 가지 고장허용(fault tolerant) 기법이 개발되어 왔다. 주요한 개념은 발생가능한 고장을 허용할 수 있는 여러 형태의 이중화 구조를 사용하는 것이다. 예로 NVP(N-Version Programming) 기법은 전형적인 고장허용기법이다. 1972년 Elemendorf[2]가 제안하였고 Avizienis[3]와 Chen[4]에 의하여 더욱 개선되었다. NVP는 문제를 해결하기 위해 n-버전의 알고리즘을 사용하고 n개의 결과로부터 최적의 결과를 얻는다. 널리 사용되는 또 다른 기법으로 NMR(N-modular Redundant)기법은 동일한 n개의 독립적인 구성요소로 구성된 시스템에서 m개 이상이 운용되는 것이다. 이중화의 개념은 전력시스템의 거의 모든 분야에서 사용된다. J. Nahman[5]는 전체 계획기간에 걸쳐 매년 초에 준비해두어야 할 변전소 구성요소의 예비항목의 수를 최적화하는 방법을 제안하였다. 안정한 저장장치를 대체하기 위한 안정한 메모리를 구현하는 고장허용 소프트웨어도 제안되었다[6].
본 논문에서는 변전소의 신뢰도를 개선하는 새로운 기법을 제안하였다. 이 방법은 다중에이전트를 이용하여 IEC61850환경의 변전소에서의 시스템 레벨의 고장허용기법이다. 다중 에이전트(MA)는 변전소내에 설치된 각 IED의 고장을 판단하고 이를 대체하는 방법을 처리하기 위하여 적용한다. IED 점검 에이전트는 각각의 IED에 포함된 논리노드(LN)에 따라 적절한 시험패턴(test pattern) 데이터를 사용하여 IED의 상태를 점검한다. 스테이션 장치(SU)에서 리소스 에이전트는 HMI에 표시되는 정보에 대한 리소스를 확인/표시한다. 제안한 방법은 구현을 통하여 그 유용성을 입증하였다.

2. IEC61850기반의 변전소 자동화 시스템

본 논문에서는 변전소 자동화시스템의 신뢰도 향상을 위해 IEC61850의 여러 가지 특징을 사용하였다. 제안된 기법에서 적용가능한 IEC61850의 전형적인 특징으로는 네트워크 기반의 데이터 전송, 표준화된 인터페이스, SCL(변전소 구성언어) 기반의 엔지니어링이 있다.

2.1 디지털 데이터 전송

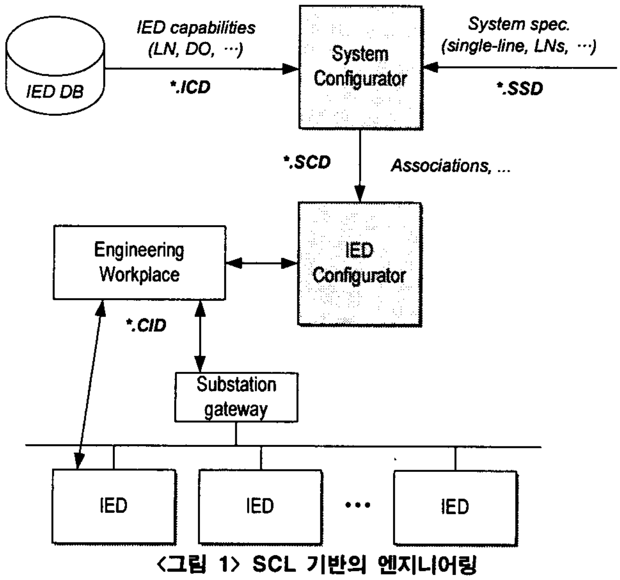
기존 변전소의 보호 제어 시스템에서는 변성기(VT)와 변류기(CT)로부터 아날로그 신호를 받아서 전력설비를 보호하였다. 기존의 디지털 보호계전기를 사용할 경우, 이들 아날로그 전압, 전류는 A/D변환, 필터링을 거쳐 계전기 내부 로직에서 사용된다. IEC61850 기반의 변전소 자동화시스템에서는 병합장치(merging unit)가 변성기와 변류기로부터의 아날로그 신호를 A/D변환하여 베이 레벨의 IED에 디지털화된 데이터로 전송하게 된다. 앞의 두 방식의 가장 큰 차이점은 운전 중에 데이터 전송경로의 변경가능성에 있다. 기존의 시스템에서 아날로그 데이터는 하드웨어를 통하여 전송되므로 데이터 전송경로의 변경은 물리적으로 변경해야만 가능하다. 신뢰도 향상기법은 네트워크 버스를 통해 데이터를 전송하므로 데이터 전송경로는 데이터 패킷의 목적지를 변경함으로서 변경될 수 있다.

2.2 표준화된 인터페이스

IEC61850에서 변전소에 대한 모든 정보가 논리노드(logical node)라는 표준화된 인터페이스로 모델링되었다. 각각의 IED간의 데이터 교환은 IED에 대한 하드웨어 구조나 알고리즘에 관계없이 표준화된 논리노드를 통해 가능하다. 예로 제조업체가 다른 두 대의 거리계전기가 서로 다른 하드웨어, 신호 필터링, 실효값 계산, 고장검출 알고리즘을 가지고 있더라도 이 두 대의 거리계전기가 동일한 논리노드와 서비스를 사용한다면 서로 교환할 수 있다. 즉 표준화된 인터페이스를 토대로 한 논리노드는 다른 업체에서 개발한 장치와의 호환이 가능하다는 것이다.

2.3 SCL 기반의 엔지니어링

다양한 IED의 통합을 위해 IEC61850은 표준화된 엔지니어링 기법을 제안하였다. 주요 사항으로는 시스템 구성기와 IED 구성기라는 소프트웨어가 해당된다. 먼저 시스템 구성기는 시스템 단선도와 필요한 기능을 위한 논리노드 정보를 갖는 SSD 파일과 IED의 성능정보를 포함한 ICD 파일을 사용하여 각각의 IED에 대해 기능을 구성하고 데이터 흐름을 지정한 SCD 파일을 생성한다. 앞에서 언급한 모든 파일들은 XML 기반의 SCL 언어로 작성되어 있다. 다음으로 IED 구성기는 SCD 파일로부터 각각의 개별적인 IED의 셋팅을 위한 CID 파일을 추출하는 기능을 한다. 또한 추출된 CID 파일은 각각의 IED간에 통신을 통하여 파일을 업로드/다운로드가 가능하다.
신뢰도 향상기법에서 IED의 결함을 검출한 경우 이들 데이터 전송경로를 재구성하여 새로이 전송되는 것이 백업 IED로 변경된다. 재구성은 SCL 기반이기 때문에 가능한 특징이다.

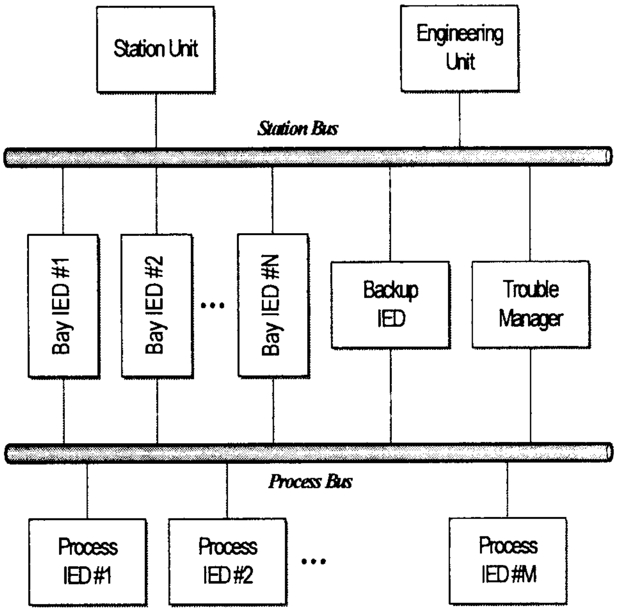


<그림 1> SCL 기반의 엔지니어링

3. MA를 이용한 신뢰도 향상기법

3.1 시스템 구조

IEC61850 기반의 변전소 자동화시스템 구조는 그림 2에 나타내었다. 스테이션 장치, 베이장치, 프로세스 장치, 엔지니어링 장치는 IEC61850 표준을 따랐으며 백업IED, TM(trouble manager)을 추가하였다. TM에서는 IED 점검에이전트와 IED 절체에이전트가 있다. 먼저 IED 점검에이전트는 IED에 시험패턴 데이터를 전송하고 예상되는 결과와 비교하여 IED 고장을 검출하는 역할을 한다. IED 절체에이전트는 백업 IED는 이중화된 IED로서 엔지니어링 장치로부터 SW를 다운로드받고 베이 IED에서 에러가 검출될 경우 시험 중인 IED의 기능을 대체하도록 한다.

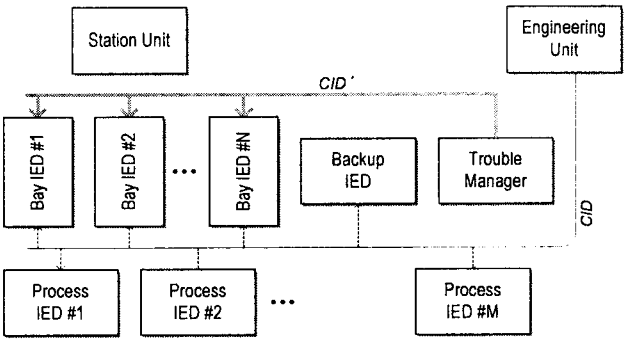


<그림 2> 신뢰도 향상을 위한 변전소자동화시스템 구조

3.2 결함 검출 절차

TM은 주기적으로 IED의 결함을 판단하기 위해 각각의 베이 IED의 기능을 점검한다. TM에서의 결함검출 절차는 다음과 같다.

1) TM은 엔지니어링 장치(EU: Engineering Unit)로부터 EUT(Equipment Under Test), 베이 IED, 백업 IED의 정보를 요청하고, 재구성하기 위한 구조를 EU에 요청한다.
2) EU는 EUT의 기능을 백업 IED에게 알려주고 EUT와 동일한 기능을 준비한다.
3) EU는 EUT에서 백업 IED로 절체할 수 있도록 SCD를 재 구성한다.
4) EU는 재구성된 정보를 해당 IED에 CID를 업로드한다. 이 단계에서 재구성은 완료되고 절체가 성공한다. (그림 3 참조)



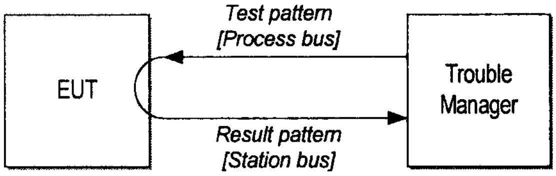
<그림 3> 구성파일(CID)의 분배

5) EU는 EUT가 TM으로부터 시험패턴 데이터를 수신하고 결과를 TM으로 송신할 수 있도록 CID를 수정한다.
6) TM은 준비된 시험패턴 데이터를 프로세스 버스를 통하여 EUT에게 전송한다. TM은 전송한 시험패턴 데이터에 대한 올바른 응답결과를 가진다.
7) EUT는 스테이션 버스를 통해 시험결과를 TM에게 전송한다.
8) TM은 EUT로부터의 출력데이터와 올바른 응답결과를 비교하여 결함을 판단한다.
9) EUT가 결함이 없는 경우, TM은 원래의 시스템 구조로 복구하도록 명령한다. 그후 다른 EUT를 선정하여 1)-8)의 과정을 반복한다. 만약 EUT에서 결함을 검출한 경우, TM은 시스템 운용자에게 EUT의 결함을 통보하고 수리를 요청한다. 백업 IED는 EUT의 결함이 제거될 때까지 EUT의 기능을 담당한다.

3.3 IED 결함 검출

리소스 에이전트는 적절한 시험패턴 데이터에 대해 EUT의 출력이 예상된 것과 다른 결과를 출력한다면, EUT의 결함을 표시한다. 가능한 모든 입력에 대해 출력을 점검하여 IED의 결함을 검출할 수도 있다.

시험패턴 입력데이터는 그림 4과 같이 TM와 EUT간의 스테이션 버스와 프로세스 버스로 전송된다. TM은 미리 저장된 결과데이터와 비교하여 IED의 사태를 결정할 것이다. 시험패턴 데이터는 EMTDC로 작성하고 시험패턴 집합은 시험할 여러 가지 형태의 IED에 대해 준비되어야 한다.



<그림 4> 결함검출 방법

4. 결 론

본 논문은 IEC61850 기반의 변전소 자동화 시스템에서 다중 에이전트를 이용한 신뢰도 향상기법을 제안하였다. 제안된 방법은 자동적으로 IED의 결함을 검출하고 고장으로 판단된 IED에 대해 백업 IED로 절체함으로서 시스템레벨에서 고장허용을 실현하였다. 성능 검증을 위해 구현을 통하여 그 유용성을 입증하였다.

[참 고 문 헌]

[1] IEC61850 International Standard
[2] Elmendorf, W. R., "Fault-Tolerant Programming," Proceedings of FTCS-2, Newton, MA, 1972, pp. 79-83
[3] Avizienis, A., "The N-Version Approach to Fault-Tolerant Software," IEEE transactions on Software Engineering, Vol. SE-11, No. 12, 1985,pp.1491-1501
[4] Chen, L., and A. Avizienis, "N-Version Programming: A Fault-Tolerance Approach to Reliability of Software Operation," Proceedings of FTCS-8, Toulouse, France, 1978, pp. 3-9
[5] Nahman, J.M. and Tubic, D., "Optimal sparing strategy for substation components", IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 6, Issue 2,1991, pp. 633 - 639
[6] Deconinck, G., Bott, O., Cassinari, F., De Florio, V., Lauwereins, R., "Stable Memory in Substation Automation: a Case Study," 1998 Digest of Papers. Twenty-Eighth Annual International Symposium on Fault-Tolerant Computing, 23-25 June 1998, pp. 452 - 457
[7] Ding Maosheng, Wang Gang, Li Xiaohua, "Reliability analysis of digital relay," 2004 Eighth IEE International Conference on Developments in Power System Protection, Volume 1,5-8 April 2004, pp. 268 - 271 Vol.1