

멀티에이전트 기반 분산형 정전복구 시스템의 실적용을 위한 방안 연구

임일형*, 김영인*, 최면송*, 홍석원*, 이승재*, 임성일**
 명지대학교*, 경남대학교**

A Scheme for field application of distributed restoration system based on Multi-Agent

Il-Hyung Lim*, Myeon-Song Choi*, Sug-Won Hong*, Seung-Jae Lee*, Sung-Il Lim**, Sung-Woo Lee***, Bok-Nam Ha***
 Myongji University*, Kyungnam University**, KEPRI***

Abstract - 멀티에이전트 기반 분산형 정전복구 시스템은 배전자동화 시스템의 수분이 소요되는 정전복구 시간을 수초내로 단축시키는 전력 IT 기술의 획기적인 시스템이다. 본 논문에서는 멀티에이전트 기반 분산형 정전복구 시스템이 실제통에 적용되기 위한 여러 가지 고려사항들을 포함한 멀티에이전트 기반 분산형 정전복구 시스템의 실적용을 위한 방안에 대하여 다루고 있다. 본 논문에서 제안한 방안을 적용하여 한전 고창전력시험센터 배전시험장에서 실증시험을 하여 적용방안의 타당성을 입증하였다.

멀티에이전트 기반의 분산형 정전복구 시스템은 배전자동화 시스템의 단말장치인 FRTU 또는 Recloser에 멀티에이전트 개념을 도입하여 단말에서 독립적으로 고장구간을 판단하고 정전복구를 수행하는 시스템이다. <그림 1> 에서와 같은 예제계통에서 2번과 3번사이의 사고가 발생하여 1번 Recloser가 trip이 되었을 때 FI가 발생하는 1번과 2번 단말기기에서 하단의 기기에게 FI 유무를 물어보고 고장구간을 판단한다. 자신들이 고장구간 상하단임을 인지한 단말기기들은 사전에 중앙으로부터 오피레이터에게 하달받은 명령을 수행하여 신속하게 정전복구를 수행하게 된다.

1. 서 론

배전자동화 시스템은 수용가에 안정적인 전력공급을 위한 배전계통 운영의 전력자동화 시스템이다. 수용가에 안정적인 전력공급을 위해서 가장 중요한 것은 전력공급의 신뢰도라고 할 수 있다. 배전계통은 일반적으로 radial 구조로 이루어져있어 전원측 상단에서 사고가 발생하면 보호기기 동작을 통해 넓은 구간에 걸쳐 정전이 발생한다. 이 정전구간들 중에 대부분은 건전구간이기 때문에 수용가에 안정적인 전력공급을 목표로하는 배전자동화 시스템은 정전복구라는 기능을 통해 신속하게 불필요 정전구간에 전력을 공급하여 수용가에 안정적인 전력공급을 하고 있다.

2.2 분산형 정전복구 시스템 적용방안

적용 방안을 마련하기 위해서는 이 시스템을 적용하기 위한 기본적인 환경부터 갖춰져야 한다. 단말기기들에 멀티에이전트의 기능을 도입해야 하며, 현재 배전자동화 시스템의 중앙과 단말사이의 1:1 통신구조에서 중앙과 단말, 단말과 단말간에 통신이 가능하도록 하는 peer-to-peer 통신망을 보유해야 한다[3].

하지만 배전자동화 시스템은 정전복구 뿐만 아니라 여러 가지 기능을 가지고, 중앙에서 모든 상황을 감시하고 처리하기 때문에 사고가 발생하면 서버에 부담을 준다. 때문에 보다 신속한 정전복구 처리에 취약하다고 할 수 있다. 과거 배전자동화 시스템 적용 이전에 평균 72분이 걸리던 것이 적용 이후에 수분 이내로 줄어들었다는 장점이 있지만, 현대와 같이 급변하는 디지털 시대에 단 1초의 정전으로도 어마어마한 재정적 피해를 입을 수 있다. 따라서 정전복구 시간의 단축을 통한 불필요 정전 시간 단축은 산업과 가정에 큰 경제적 혜택을 가져올 것이다[1].

그 다음으로 중요한 것은 복구해 결정 권한에 대한 문제이다. 멀티에이전트 개념을 도입한 단말기기들이 독립적인 복구동작을 수행함에 있어서 복구해 결정까지 모두 자체적으로 하면 좋겠지만, 정전복구를 수행할 때 가장 중요한 복구해는 정전복구의 신뢰성문제 때문에 중앙에서 연산하고 오피레이터가 검토하여 단말에 전송하도록 해야한다.

이를 현실로 이루기 위하여 중앙이 아닌 단말에서 자체적으로 고장구간을 검출하여 최소한으로 분리시키고, 연계 피더를 통해 전력을 공급하도록 하는 멀티에이전트 기반의 분산형 정전복구 시스템을 연구하였다 [2]. 하지만 멀티에이전트 기술의 도입이라는 것과 시스템에서 요구하는 이상적인 통신망의 조건이 현재 계통 적용에는 무리가 있어 정전복구 시간을 수초로 줄이기 위해서는 아직 많은 시간이 필요할 것이다.

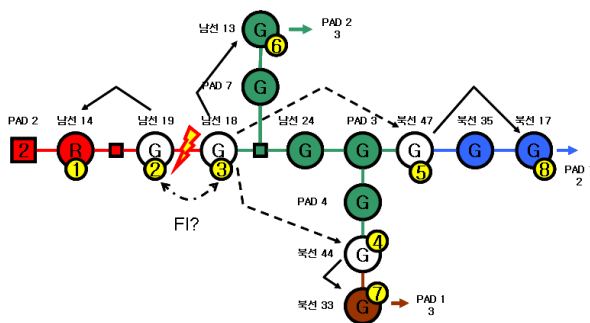
단말 자체에서 복구방안을 결정하여 동작할 수도 있지만 매우 어려운 문제이기도 하고, 그 방안에 대한 신뢰성 검토가 매우 중요한 이슈가 되기 때문에 복구해 결정은 중앙의 연산결과에 오피레이터의 판단을 더하여 결정해야 한다. 향후에 이런 노하우가 많이 축적되면 단말 자체에서 얻는 복구방안과 비교하여 신뢰도를 평가한 뒤 적용하는 연구도 이루어져야 할 것이다.

따라서 본 논문에서는 이러한 시간을 단축시키기 위하여 멀티에이전트 기반의 분산형 정전복구 시스템의 실제통 적용에 대한 방안을 제안한다. 제안한 방안을 토대로 한전의 고창전력시험센터 배전시험장에서 실증시험한 결과를 통해 제안한 방안의 타당성을 검증한다.

따라서 이 시스템을 적용하기 위해선 많은 시설비가 포함되어야 한다. 하지만 현재 배전자동화 시스템의 환경과 한전의 전략적 사업방안에 비추어보면 투자할만한 가치가 있다.

2. 멀티에이전트 기반의 분산형 정전복구 시스템의 적용방안

2.1 멀티에이전트 기반의 분산형 정전복구 시스템의 개요



<그림 1> 멀티에이전트 기반 분산형 정전복구 시스템의 동작

배전자동화 시스템의 통신망은 연계통신망으로 주로 광통신망을 사용하며, 단말기기들은 serial port(9600 bps)를 주로 사용한다. 즉, 중앙과 단말의 1:1 통신구조이며, 통신선로의 거리가 비교적 짧음에도 불구하고 측정 계통정보 시지연을 2초정도 감안해야하며, 스위칭 제어 또한 5초정도 시지연을 두고 있다. 운영에 있어서 이정도 시간은 크게 문제가 되지 않고 있지만 이러한 구시대적 통신망을 계속 유지한다는 것은 배전자동화 기술발전 속도를 지연시키고 있는 것과 같다고도 할 수 있다.

과거 통신기술이 부족하였기 때문에 지금의 배전자동화 시스템의 환경은 최선의 선택이었다고 생각한다. 하지만 앞으로를 내다보면 이러한 환경구조는 빠르게 바뀌어야 한다. 중앙과 단말 통신망 모두 ethernet 망으로 바꾼다면 배전자동화가 가지고 있는 기능들은 이루 말할 수 없는 성능향상을 가져올 것이다. 또한 불가능이라고 생각했던 기술들이(예를 들면 멀티에이전트 기술 도입과 같은) 실제 배전자동화 시스템에 적용이 가능할 것이다.

한전의 전략적 해외진출 사업에도 부합할 것이다. 중국, 동남아, 베트남 등에 우리 전력기술 수출을 목표로 북미 유럽들과 해외시장에서 경쟁해야 한다. 그들은 이미 CIM(Common Information Model) 기반의 IEC 61850 같은 각종 표준화 프로토콜 및 규정을 정하여, 이를 적용한 제품들을 통해 전력IT 시장에서 경쟁하고 있다. CIM이라는 개념을 도입한 모든 프로토콜 및 전력산업의 운영 구조는 ethernet 망 기반의 운영 시스템이다.

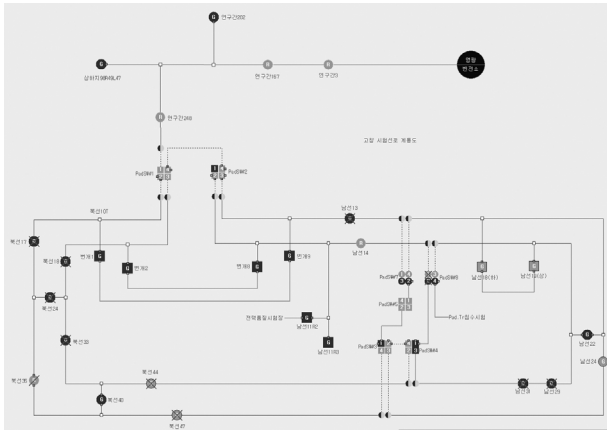
따라서 이러한 환경을 갖춰야만 국내 전력IT 기술의 해외진출에 큰 경쟁력을 가져올 기술력의 개발에 큰 도움이 될 것이다. 해외 전력시장에 구시대적인 통신망을 갖춘 우리나라의 전력기술이 진출해봐야 아무리 후진국 또는 개발도상국이라 하더라도 10년 그리고 100년 앞을 내다볼 때 그들의 선택은 분명할 것이다.

따라서 본 논문에서는 멀티에이전트 기반의 분산형 정전복구 시스템

을 현장에 적용하기 위한 적용방안을 통해 우리나라의 배전계통 자동화 시스템의 미래에 대한 발전방향을 제시해 보았다. 현재 연구개발 중인 배전지능화 시스템은 peer-to-peer가 제공되는 ethernet 환경의 전력자동화 시스템을 구축하고, 본 논문에서 제안한 멀티에이전트 기반의 분산형 정전복구 시스템과 같이 배전계통 운영 효율의 극대화를 이룰 수 있는 여러 가지 알고리즘들이 추가적으로 연구/개발되어 시스템에 적용되어야 한다.

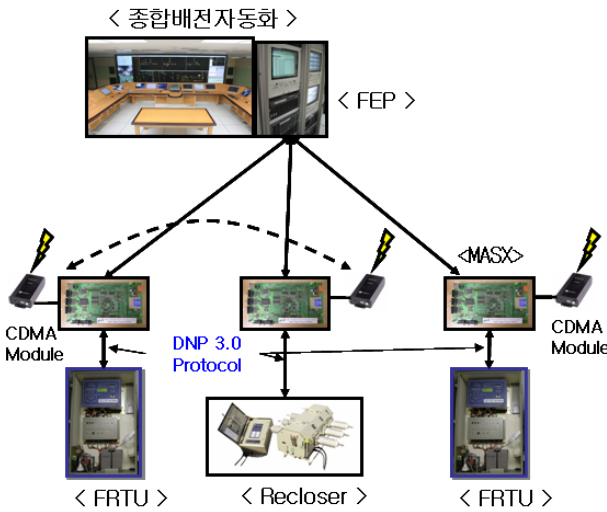
3. 사례연구

<그림 2>는 고창 전력시험센터 계통 단선도이다. 본 논문에서는 앞서 설명한 적용방안을 갖추어 실험하기 위하여 몇 가지 장비들을 개발 또는 이용하여 시스템을 구축하였다.



<그림 2> 고창 전력시험센터 배전시험장 계통도

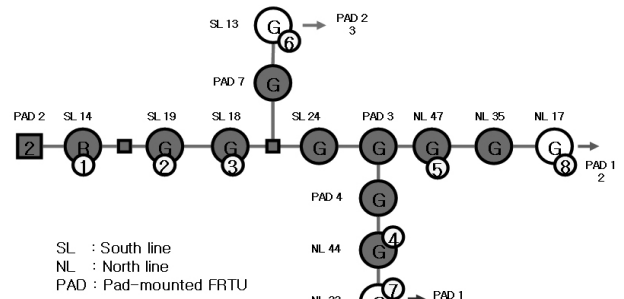
우선 단말기기술에 멀티에이전트 개념을 도입하기 위하여 <그림 3>과 같은 형태로 단말기 앞에 MASX(멀티에이전트 단말장치)라는 장비를 개발하여 배전계통 단말기기술에 멀티에이전트 기능을 갖추도록 하였다. 그리고 peer-to-peer 통신이 가능하도록 CDMA 모델을 이용하여 통신망을 구축하였다. 비록 CDMA 통신망이 호실정을 통한 1:1 통신망이지만 CDMA 모델의 기능과 고창 전력시험센터 배전시험장 환경을 미루어볼 때 가장 적합한 통신망으로 판단되어 시스템 환경을 구성하여 실증시험을 했다.



<그림 3> MASX를 적용한 배전자동화 시스템 통신망 구조

<그림 4>는 <그림 2>의 배전시험장 계통도를 멀티에이전트 기반 분산형 정전복구 시스템의 성능을 검증하기 위한 예제계통으로 스위칭을 통해 재구성하여 단선도를 나타내고 있다.

실증시험은 인공고장발생장치를 통해 2번과 3번 단말기 사이에 고장을 내었으며 실증시험 당시 우천관계로 총 5회만 실시하였다. 그 결과 1연계 정전복구 수행에 대한 동작만을 확인할 수 있었으며 3회의 설정 미숙으로 인한 시험 실패 외에 2번의 정전복구를 통해 측정된 정전복구 소요시간은 33초였다.



<그림 4> 배전시험장 재구성을 통한 예제계통 단선도



<그림 5> 고창전력시험센터 배전시험장 남선 18번에 MASX 장치 설치

4. 결 론

본 논문에서는 지금까지 배전지능화 과제를 통하여 연구해왔던 멀티에이전트 기반 분산형 정전복구 시스템의 설계용 적용방안에 대하여 필요 요구사항들과 미래의 방향에 대하여 다루었다.

배전지능화 시스템에 멀티에이전트 개념을 도입한 분산형 정전복구 시스템을 적용한다면 배전자동화 시스템에서 평균적으로 소요되는 수분의 정전복구 시간을 수초 이내로 줄일 수 있다. 그러기 위해서 필요한 배전지능화 시스템의 전력자동화 운영 환경과 미래에 대한 방향에 대하여 다루었다.

또한 멀티에이전트 기반 분산형 정전복구 시스템의 성능을 입증하기 위하여 고창 전력시험센터에서 실증시험을 하여 1분 이내에 정전복구가 완료되는 것을 검증하였다. CDMA 통신망이기 때문에 생기는 호실정 시간에 대한 지지연을 ethernet 환경으로 바꾼다면 5초 이내에 모든 정전복구가 완료될 것이다. 향후 배전지능화 시스템의 방향은 미래를 계획하고 해외 전력IT 시장에서 큰 경쟁력을 갖춘 시스템으로 거듭나도록 과감한 환경개선이 필요할 것이다.

감 사 의 글

본 연구는 산업자원부의 전력IT IDMS(Intelligent Distribution Management System) 과제와 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음(차세대전력기술연구센터)

[참 고 문 헌]

[1] Jung, Geum-young Oh, Jae-hyoung Lee, Sue-muk Lee, Kook-No Kweon, Hyeok-Ryool, "Advanced Distribution Automation System of KEPCO", APAP2007, P526, 2007
 [2] Il Hyung Lim, Hee Taek Lim, Young In Kim, Myeon-Song Choi, Seung-Jae Lee, "Distributed Restoration System Using Multi-Agent Technique in Distribution Automation System", ICEE conference, 2008
 [3] 임일형, 홍석원, 최면송, 이승재, 하복남, "배전지능화 시스템의 서비스 향상을 위한 P2P 기반의 분산형 통신망 구조", 대한전기학회 논문집, 56권 3호 pp. 443-450, 2007