

# 배전운영 시스템에서의 ZeroMQ와 알람 정보를 이용한 운영기능 관리 시스템

## Application Management System with ZeroMQ and Alarms in Distribution Management System

김 필 석\* · 강 호 영\* · 임 일 형† · 박 종 호\* · 신 용 학\*

(Pil-Seok Kim · Ho-Young Kang · Il-Hyung Lim · Jong-Ho Park · Yong-Hak Shin)

**Abstract** - Distribution Management System(DMS) enhancing distribution automation system-based operation efficiency is an optimized system by various operational applications in a distribution network. DMS employs various applications like topology reconfiguration, volt/var control, and restoration at events such as overload, voltage violation, and a fault in a distribution system. An operation efficiency to employ multi-applications as restoration with short-term load forecasting is higher than a performance by a single application; and the applications are accomplished by an operator's control. Applications' combination is determined by various alarm information which means critical issues in order to operate a distribution system. Thus, this paper proposes an application management system which can configure application combination, control applications depending on alarm information and check their performance condition. The proposed application management system can be customized by operator easily and have high operation efficiency and reliability because it is worked by reviewed alarm information from operator.

**Key Words** : Alarm, Application, ZeroMQ, Application manager, DMS

### 1. 서 론

배전운영 시스템 (DMS: Distribution Management System)은 배전계통의 원격 감시제어 환경 기반에서 운영 효율을 향상시키기 위하여 다양한 운영 application들을 활용하는 배전운영 시스템이다[1]. DMS의 일반적인 시스템 구성은 D-SCADA(Distribution feeder Supervisory Control and Data Acquisition) 또는 배전자동화 (DAS: Distribution Automation System)과 같이 운영센터에 상위 시스템이 있고, FEP (Front-End Processor)를 거쳐 통신 네트워크를 통해 단말기인 FRTU (Feeder Remote Terminal Unit)와 recloser등과 원격으로 정보를 주고받고 제어를 하도록 되어있다[2].

배전자동화 시스템들의 운영은 정보를 기반으로 한다. 정보에는 일상적인 일들에 대한 기록을 주로 처리하는 log와 특별한 상황을 기록하고 알리는 alarm이 있다. Log 기록은 시스템의 정상 작동을 운영자가 정상상태에서 확인하는데 주로 활용되며, alarm의 경우는 주로 등급에 따라 운영자에게 알려주는 기능을 포함하여 제공되도록 되어있다[3].

배전계통을 운영하는데 있어서 운영자의 판단 기준은 log와 alarm이며, 운영자가 직접적으로 운영결정을 내리는 판단 근거는 주로 alarm이 된다. 자동화 개폐기 동작, 전압강하, 선로 과부하 같이 어떤 기준을 설정해놓은 상태에서 운영 중 기준안에 상환이 발생하는 경우, 운영자가 제어를 시도하였으나 작동하지 않은 경우 등, 실질적으로 운영에 필요한 중요한 정보들은 모두 alarm으로부터 얻고 있다.

배전계통 운영 중 alarm이 발생하면 운영자는 이를 근거로 대처 방안을 마련한다. 발생한 alarm 정보에 따라 어떠한 application들을 기동시킬지, application에 의한 결과를 신뢰할 것인지, 신뢰하지 않는다면 다른 조치 방안은 어찌할 것인지, 시스템적으로 문제가 발생한 alarm에 대해서 어떻게 판단을 내릴지 등 운영자의 판단에 필요한 거의 모든 정보는 이 alarm으로부터 운영자가 직접 판단하고 확인 후 일괄제어 또는 순차제어와 같이 수동으로 기동시키고 있다.

이와 관련하여 기존의 연구는 스마트 그리드 기반 배전운영 시스템에서의 최적운영방법[4], 배전운영 시스템 application을 위한 모델링 [5], Hybridcast를 위한 배전운영 시스템 application[6], 배전시스템 운영관리를 위한 지능형 운영제어[7], DMS application들의 운영적 이슈[8], 가공지선 배전계통에 대한 application 운영 [9], 배전운영 시스템 application 관리방안[10]에 대한 연구들이 있었다. 제안된 application 운영방안은 사전에 설정된 scheme에 고정되어 동작되는 방식이었다.

† Corresponding Author : System S/W R&D Group, LSIS Co., Korea

E-mail : ihlim@lisis.com

\* System S/W R&D Group, LSIS Co., Korea

Received : May 20, 2015; Accepted : July 24, 2015

하지만 이러한 기준을 운영자가 alarm의 정보에 따라 자동으로 동작하도록 재구성할 수 있는 기능이 제공된다면 DMS의 운영 효율을 더 향상시킬 수 있을 것이다. 일반적인 일부 상황에 대해서는 application들 간의 연결 관계로 DMS의 제품설계부터 구성되어 확실한 상황에서만 제공되다보니, 상황에 따라 변경이 필요해도 변경을 할 수가 없고 단지 application이 내어주는 결과를 취소하고 운영자의 판단에 따라 수동으로 운영 제어할 수밖에 없다.

따라서 본 논문에서는 DMS 운영자가 alarm 정보에 따라 정의한 조건에 만족했을 때 자동으로 application들의 연결 관계가 형성되고 동작 요청 및 수행 결과 확인 후 다음 동작 등을 수행할 수 있는 application management system을 제안한다. 운영자가 직접적으로 application들의 연결 관계 및 동작을 자동으로 동작되도록 구성하기 위해서는 각 application들을 독립적으로 설계하고 구성해야 하며, 이들의 효율적 연결 관계를 형성해줄 수 있는 매개체가 필요하다. 본 논문에서는 이를 위하여 ZeroMQ [11]를 이용하였다.

2장에서는 배전운영 시스템에서의 알람에 대하여 제시하고, 3장에서는 application들간의 연결 관계 및 운영자가 이들을 customizing 할 수 있는 환경을 제공해주는 ZeroMQ를 소개하며, 4장에서는 본 논문에서 제안하는 application management system을 제안한다. 5장에서는 제안한 application management system 기반의 DMS 동작 성능 테스트를 결과로 제시하여 본 논문에서 제안한 application management system의 성능을 검증한다.

## 2. 배전운영 시스템에서의 알람

### 2.1 배전운영 시스템의 개요 및 동향

배전운영 시스템(DMS)은 배전계통의 원격 감시/제어 기반의 배전자동화 시스템(DAS)의 환경을 기반으로 배전계통 운영 효율 향상을 위해 동원 가능한 모든 자원을 동원하여 배전계통을 운영하는 개념을 가지고 있다. 다양한 정의들이 있으며, 많은 사람들이 참여하는 Wikipedia에서는 “a collection of applications designed to monitor & control the entire distribution network efficiently and reliably[12].”, 전력산업 주요 major 업체들은 Advanced DMS라는 이름으로 “a solution that enables an electric utility to deliver reliable service, even as energy demand continuously increases and morphs”라고 하면서 변전소 SCADA와 DMS 및 outage management system과의 통합 연계된 시스템 구조를 제안하고 있다[13].

DMS 환경에서의 배전계통 운영은 다른 자동화 기반의 전력계통 운영 시스템들과는 달리 수용가와 직접적으로 연결되어있고, 운영에 따른 모든 결과는 수용가와 직결되기 때문에 타 전력계통 운영 시스템에 비해 좀 더 복잡하고 민감한 시스템이다. 특히, 배전운영 시스템의 효율은 배전계통이 크고 복잡할수록 높은 효율이 나오는 시스템이다.

배전운영 시스템의 발전을 본 논문에서는 그림 1과 같이 정리

하였다. 배전계통을 수동으로 운전하던 시절에는 변전소 SCADA의 배전선로 인출단 부터는 현장 운전원들이 직접 수동 감시제어를 통하여 운영하였다. 이 후 배전선로에 FRTU의 설치를 통해 원격감시를 하면서 운영에 필요한 기능들을 포함하여 운영하는 배전자동화 시대가 왔다. 이후에 원격감시 및 제어를 기반으로 배전계통의 운영 효율을 높이기 위하여 다양한 application들을 적용하는 DMS의 시대가 왔고, 최근 복미를 중심으로 major 업체들이 배전운영 효율을 목적으로 타 시스템을 연계하는 구조를 가지는 ADMS를 제안하고 있다. 미래에는 Smart Grid(SG)의 대상 영역이 주로 변전소부터 수용가에 이르는 배전계통이기에 SG와 관련된 모든 분야의 기술들이 배전운영 시스템 기반으로 정보를 주고받고 역할을 수행하게 될 것으로 예상된다. 이러한 모든 기술들을 지원해줄 수 있는 환경과 자원을 가진 시스템을 smart distribution management system이라는 이름으로 북미/유럽에서 제안하고 있다[14].

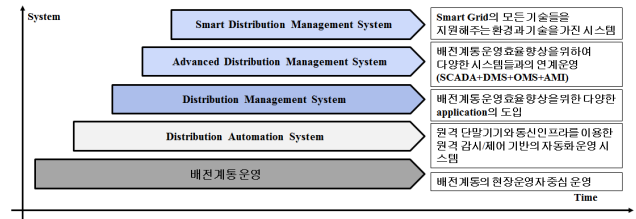


그림 1 배전계통 운영 시스템의 변화 동향

Fig. 1 Change and trend of distribution operating system

### 2.2 DMS에서의 alarm 발생 및 처리

DMS 운영 시스템은 상황변화를 report와 alarm의 형태로 중앙의 DMS 운영서버에 배전계통에서 발생하는 모든 정보를 제공하여 운영자에게 상황을 인지, 판단, 결정, 그리고 행동을 하게 하는 역할을 수행한다. Report와 alarm의 정보제공 형태는 주로 정상적인 동작 완료나 일상적인 결과에 대해서는 report의 형태로, 스위치 투개방 동작여부와 같은 중요한 정보나 계통상의 사고발생 시 처리와 관련된 중요하고 위급한 일과 관련된 정보는 alarm으로 보고가 된다.

DMS에서도 alarm의 처리 방식은 기존의 alarm process 방식과 거의 유사하다. Alarm이 발생하면 등급에 따라 운영자에게 효율적으로 보여주도록 설계되어있으며, 필요하다면 소리 효과를 포함하여 보다 신속하고 정확하게 alarm을 전달하도록 한다. 또한 너무 많은 alarm을 효과적으로 처리하기 위해 시간동기화에 대한 처리 부분, 카테고리별 alarm의 구분, alarm 표현 효과에 대한 다른 기법의 활용도 구현되어 활용되고 있다.

운영자는 report의 정보를 통하여 배전계통 운영상에 별 문제가 없다는 것을 알고, alarm을 통하여 어떤 판단이나 동작에 대한 필요성을 인지하게 된다. Alarm에 대한 정보는 application들을 활용할지 아니면 더 기다릴지, 그리고 alarm의 종류에 따라 어떤 application들을 활용할지에 대한 판단의 근거로 활용된다. Alarm의 효과적이고 빠른 인지는 시스템의 운영 효율과 직결되

며, 정확하고 다양한 정보가 제공될수록 운영효율은 높아지게 될 것이다. 그만큼 alarm이 중요하며 단지 일부 기능들, 예를 들면 수를 줄인다던지, 효율적으로 처리한다던지 등에 국한되기에는 아쉬운 부분이 많다.

본 논문에서는 alarm의 정보를 모든 application 동작의 판단 근거로 활용하여 DMS의 운영기능 관리 시스템을 제안하려고 한다. 하지만 다양한 alarm의 종류와 등급이 계절이나 설치지역과 같은 환경적 변화에 따라 다르게 나타날 수 있고, 시기적으로도 발생할 수 있는 alarm이 다르게 나타날 수도 있다. 기존의 시스템은 alarm만 표시되고 이에 따른 동작을 운영자가 수동으로 했었으나, 제안하고자 하는 시스템에서는 이를 customizing 할 수 있는 구조를 가지려고 한다. 따라서 각 application들의 상호 연결 및 운영을 위하여 ZeroMQ[11]를 활용하고자 한다.

### 3. ZeroMQ의 소개

#### 3.1 ZeroMQ의 개요

ZeroMQ는 iMatix에서 개발한 메시징 기반의 미들웨어 라이브러리로서 경량의 단순하고 강력한 API를 제공한다. C, C++, C#, Java, Objective-C, PHP, Ruby, Perl 등 다양한 언어를 지원하고, Linux, Windows, OS X, AIX, HP-UX, Solaris 등 대부분의 OS를 지원한다. 쓰레드 간 통신(in-proc), 프로세스 간 통신(IPC), TCP, 멀티캐스트(PGM)에서 내부적으로 동일한 방식의 메시징 큐를 사용하며 Request/Reply, Publish/Subscribe, Push/Pull, Router/Dealer 소켓을 제공한다.

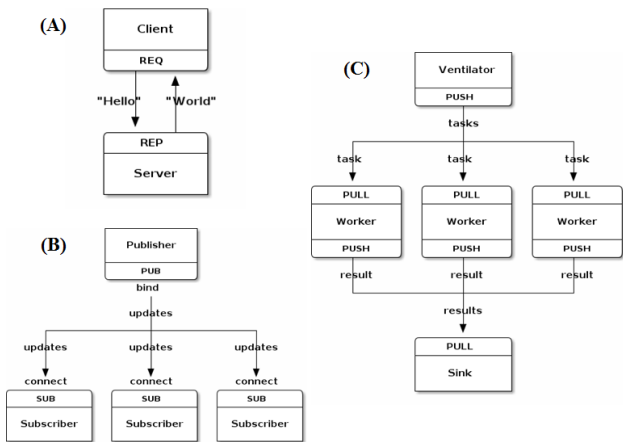


그림 2 (A) Request-reply pattern 구조, (B) Publish-subscribe pattern, (C) Pipeline pattern 구조

Fig. 2 A) Request-reply pattern structure, (B) Publish-subscribe pattern structure, (C) Pipeline pattern structure

ZeroMQ는 다양한 통신 패턴을 지원하는데 대표적인 패턴은 그림 2에서와 같이 request-reply pattern, publish-subscribe pattern, pipeline pattern이 있다. Request-reply pattern은 service-oriented architecture를 고려하여 동기/비동기 특성을

가지며 두 특성을 동시에 가지기도 한다. Publish-subscribe pattern은 publisher가 적는데 subscriber들이 많은 경우 이벤트와 데이터 분배를 고려한 구조이다. Pipeline pattern은 task 분배를 고려한 구조로 하나 또는 소수의 node들이 다수의 worker들에게 일을 push하고 결과는 다시 하나 또는 소수의 collector들로 모여 결과를 만드는 구조이다.

시스템에서 주로 사용되는 전형적인 ZeroMQ의 구조는 그림 3과 같다. Server는 client와 publisher와 subscribe 소켓을 가지고 update를 하며 client들은 상태 요청을 통하여 메시지를 주고 받는 형태이다.

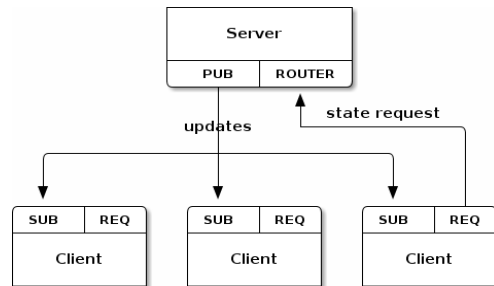


그림 3 전형적인 ZeroMQ 설계

Fig. 3 Tradinal ZeroMQ design

#### 3.2 ZeroMQ 기반의 확장가능 분산 application 활용

##### 3.2.1 CERN Controls Middleware(CMW)

CERN(유럽 입자 물리학 연구소)은 accelerator complex를 운영하기 위해 Controls Middleware(CMW) 프로젝트를 10년 넘게 진행하였다. CMW의 주요 컴포넌트들 중 Common Object Request Broker Architecture (CORBA) 기반 장치 접속 라이브러리인 RDA(Remote Device Access)[15]는 sensor 및 actuator와 같은 장치와 서버 간 통신을 담당하는 컴포넌트이다. CERN의 DCS(Distributed Control System)시스템은 약 4000개의 서버와 80,000개의 장치로 이루어져 있으며 read/write/monitor를 위한 2백만개 이상의 Properties/IO 포인트를 가지고 있다. 하지만 유지보수성 및 확장성 제약으로 인해 현존하는 여러 통신 미들웨어에 대해 성능 평가를 통해 최종적으로 ZeroMQ를 채택하고[16]

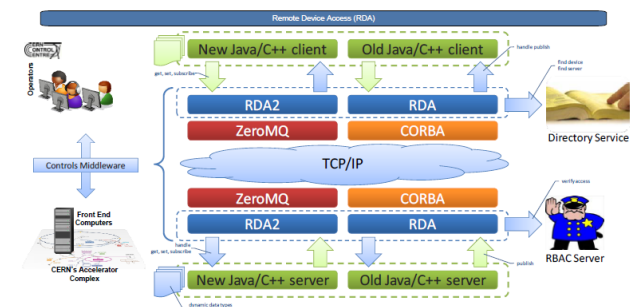


그림 4 CERN의 RAD 아키텍처 및 기능[15]

Fig. 4 CERN's RAD architecture function[15]

그림 4와 같이 Interface Description Language (IDL) 기술을 사용하여 데이터를 교환하는 CORBA 통신을 IDL 관리가 필요없는 dynamic data types 및 self-describing serialization 방식의 ZeroMQ 통신으로 RDA 내부 통신 레이어의 변경 작업을 진행하고 있다.

### 3.2.2 자율군집형 미들웨어 플랫폼 라우터

CSOSP(자율군집소프트웨어 플랫폼 연구센터)은 자율군집 서비스를 제공하기 위해 SoSpR(Self-organizing Software-platform Router)을 개발하였다. SoSpR의 아키텍처는 그림 5와 같으며 통신 영역은 메시징 미들웨어, 서비스 브로커 & 디스커버리, 서비스 라우팅, 데이터 프로세싱, 시뮬레이션으로 구성되며 메시징 미들웨어 레이어는 ZeroMQ를 기반으로 개발되어 생체신호 측정 장비로부터 발생한 여러 생체진단신호를 도처에 존재하는 자율군집형 분산 미들웨어 플랫폼인 SoSpR로 관리 서버의 중재없이 자율적으로 실시간 전달 및 저장하고 동시에 복수개의 다양한 수신 단말에서 가까운 SoSpR로부터 실시간 수신 및 재생 시키는 서비스를 상용화하였다[16]. SoSpR은 ZeroMQ가 제공하는 여러 패턴을 사용하여 실시간 스트림 데이터 전송, Push 알람 서비스, 상황인지에 의한 긴급상황 실시간 대응, 이동성 보장 등의 서비스를 제공한다.

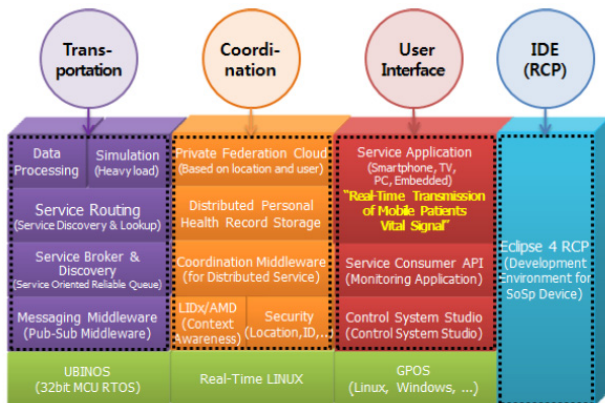


그림 5 CSOSP의 SoSpR 아키텍처 스택[16]  
 Fig. 5 CSOSP's SoSpR architecture stack

## 4. ZeroMQ와 Alarm을 이용한 배전운영 시스템의 운영기능 관리 시스템

### 4.1 운영 관점에서의 Alarm의 종류 및 분류

- 본 논문에서는 alarm을 3가지 종류로 나누었다.
- ✓ 계통 운영상 감시에 대한 alarm: 계통은 운영하는데 있어 원격 감시/제어 설비의 오작동, 오/부동작 등에 대한 alarm을 말한다. 이 외에도 개폐기 상태 중 정상상태가 아닌, 예를 들면 제어함 문열림과 같은 정보도 alarm으로 운영상 감시에 대한 alarm으로 분류한다.
  - ✓ 이벤트 발생에 대한 alarm: 이벤트 발생에 대한 alarm은 감

- 시 중 발생하는 선로의 전압 허용범위 이탈 및 과부하에 대한 alarm이다. 또한 배전선로 상에서 사고발생 시 fault indicator (FI)와 같은 정보도 alarm으로 분류된다.
- ✓ 정보 오류에 대한 알람: 계측 데이터, 상태추정에 의한 정보 오류 검출을 alarm으로 분류한다.

### 4.2 ZeroMQ 기반의 Application Management System

기존의 DMS 운영 방식에서는 application들의 상호 유동적인 관계를 만들어내기가 어려웠다. Application들의 동작이 완료되었는지, 아니면 동작 중에 문제가 생겨서 더 이상 동작을 하지 않는지를 알아내기도 어려웠으며, 하나의 application이 만들어낸 결과가 다른 application들의 동작과 관련이 되는 경우 운영자가 하나 씩 동작시키는 수동적인 구조였다. 운영 신뢰성 측면에서 운영자가 각 단계별로 확인해가며 application 동작을 수행한다고 볼 수도 있지만, DMS의 기본 목적에 따라 배전계통 운영 효율을 최대한 높이고 운영자가 승인한 확실한 경우에는 자동으로 동작시킬 수 있어야 한다. 계통이 복잡할수록 효율이 높게 나타나는 DMS이기 때문에 복잡한 운영을 위해서 application들의 연계 관계가 달라질 수 있다. 따라서, 기존의 DMS 운영 방식에서는 이러한 동작을 자동화시키기 어려웠으며, 발생하는 alarm정보를 가지고 운영자의 판단에 의하여 수동으로 application을 실행시켜 운영하는 방식이었다.

예를 들면, 조류계산 application의 결과는 상태 추정에도 활용될 수 있고, 부하패턴 저장에 활용될 수도 있다. 단기간 부하 예측의 경우는 Volt/Var Control(VVC)의 스케줄을 정하는데 활용될 수도 있으며, 정전복구 시 구간부하 정보로 활용될 수도 있다. 또한 감시 기능을 통해 전압 강하 또는 과부하 등이 발생할 여지가 있는 경우의 알람을 가지고 전압제어를 하거나 배전계통의 토폴로지 변경을 통한 재구성을 할 수도 있다. 각기 다른 정보보다 나은 결과를 위해 어떤 application이 수행되고, 그 결과를 가지고 전혀 다른 application이 연계되어 동작되기도 한다. 계열과 지역, 그리고 현장 운영자의 판단에 의해 달라질 수 있으며, application의 수행 제한시간을 걸어서 일정 시간 내에 결과를 내지 못하는 경우 자동으로 프로세스를 종료할 수도 있어야 한다.

본 논문에서 제안하는 application management system은 지금까지 설명한 부족한 부분들의 보완을 고려하였다. 그림 6은 DMS 운영기능 관리 시스템의 구조를 나타내고 있다.

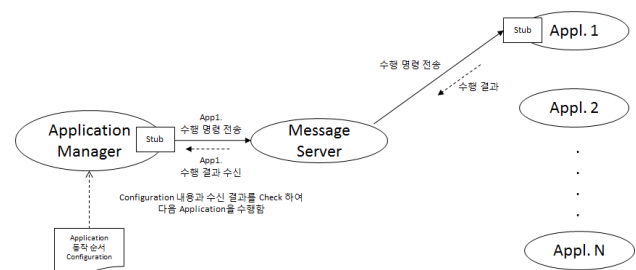


그림 6 DMS 운영기능 관리 시스템 구조  
 Fig. 6 Structure of DMS application management system

본 논문에서 제안하는 ZeroMQ와 alarm을 이용한 DMS의 운영기능 관리 시스템은 다양한 application들을 alarm의 정보에 따라서 운영자가 하나 또는 다수의 application들을 자동으로 동작시켜주는 시스템이다. 그림 6에서와 같이 application management system은 운영자가 작성한 configuration에 따라서 stub를 통해 수행명령을 전송하고, message server는 해당 application에 수행 명령을 전송한다. 전송된 명령은 application 1의 stub를 통하여 기동을 시작하고 완료되면 다시 stub를 통하여 수행 결과를 message server를 경유하여 application management system으로 전송된다.

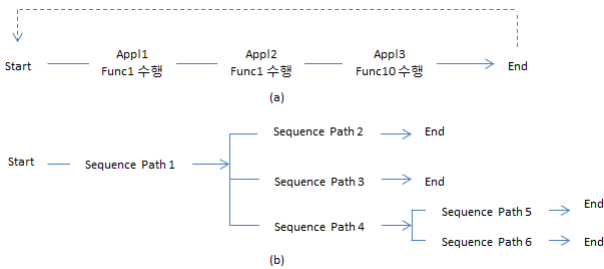


그림 7 주기적 방식의 application 동작수행 (a) 하나의 sequence path 설정, (b) sequence path 단위 수행

Fig. 7 Periodical application performance (a) single path-based process, (b) sequence path-based process

Application을 수행하는 방식은 그림 7과 같이 주기적 수행방식과 이벤트발생에 따른 수행방식으로 나뉜다. 주기적 수행방식은 조류계산과 같은 기본적인 운영에 필요한 application들의 설정한 주기에 따라 수행하는 것을 말한다. 수행주기 역시 운영자의 선택에 따라 application management system에서 제어가 가능하다. 이벤트 발생에 따른 application의 수행도 alarm의 종류들로 인하여 어떤 application을 동작시킬지 정할 수 있으며, 이러한 판단 기준은 application management system에 위치한다.

### 5. 사례 연구

본 논문에서 제안한 배전운영 시스템에서의 운영기능 관리 시스템의 성능을 검증하기 위하여 배전운영 시스템의 application들을 정의하고, 이들의 동작을 alarm 정보와 ZeroMQ를 활용하여 주기적 동작 테스트 및 이벤트 발생에 따른 동작 테스트를 수행하였다.

#### 5.1 주기적 동작 테스트

이번 사례연구에서는 DMS의 운영 application들 중 배전계통 토폴로지를 구성하는 network connectivity processor(NCP), 배전선로의 각 구간별 부하를 계산 또는 추정해주는 distribution load estimation(DLE), 배전계통의 계측 데이터들의 오류를 검출해주는 distribution state estimation(DSE), 배전계통의 전압 전류와 같은 아날로그 계측 값 오류를 대비한 real-time power

flow(RPF)[10]를 하나의 sequence path로 그림 8과 같이 설정하여 동작테스트를 수행하였다.

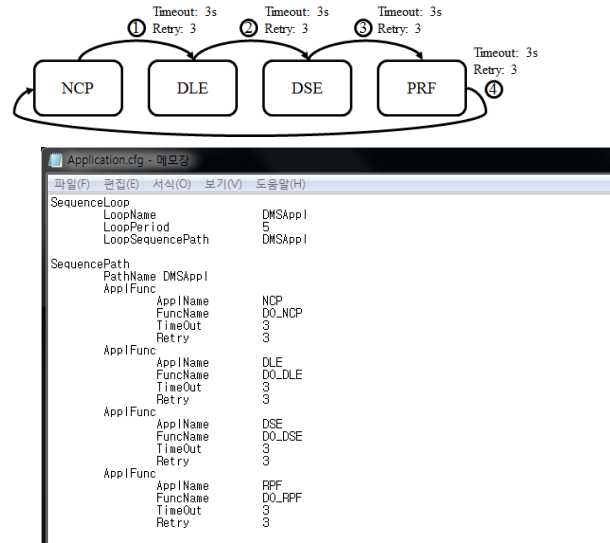


그림 8 Application management system의 주기적 동작 설정 Fig. 8 Set periodic works of application management system

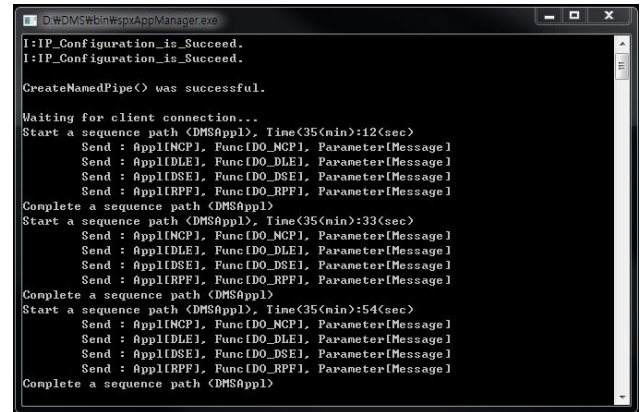


그림 9 Application management system의 주기적 동작 테스트 결과

Fig. 9 Result of periodic test in application management system

그림 9는 네 개의 application들을 하나의 sequence path로 설정하여 동작한 결과이며, 각각의 수행동작 여부 판단 및 수행 중 application에 문제가 생겨 동작이 멈췄을 경우에도 운영 시스템에 영향 없이 해당 application 문제발생을 나타내준다.

#### 5.2 이벤트 발생에 따른 동작 테스트

이벤트 발생에 따른 동작 테스트 사례연구는 배전계통 상에서 사고발생 시 fault indicator (FI) 발생 alarm을 기반으로 application의 구성을 변경해가며 동작을 테스트 하였다.

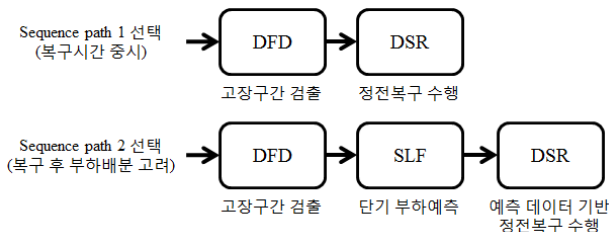


그림 10 운영자의 요구에 따른 시퀀스 동작  
 Fig. 10 Sequence path-based performances by operator's requirement

SequencePath	PathName	DMSDIR1
AppIFunc	App Name	DFD
	FuncName	DO_DFD
	TimeOut	3
	Retry	3
AppIFunc	App Name	DSR
	FuncName	DO_DSR
	TimeOut	3
	Retry	3
SequencePath	PathName	DMSDIR2
AppIFunc	App Name	DFD
	FuncName	DO_DFD
	TimeOut	3
	Retry	3
AppIFunc	App Name	SLF
	FuncName	DO_SLF
	TimeOut	3
	Retry	3
AppIFunc	App Name	DSR
	FuncName	DO_DSR
	TimeOut	3
	Retry	3

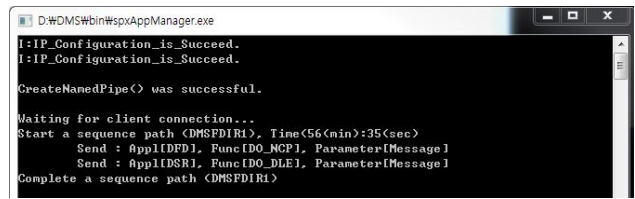
그림 11 Application management system의 이벤트에 따른 동작 설정  
 Fig. 11 Events-based sequence setting of application management system

그림 10과 같은 경우 그림 11과 같이 설정을 한 후 FI 발생 시 고장구간 검출(DFD: distribution fault section detection)과 정전복구 application을 수행을 고려한 설정과, FI 발생 시 정전 복구 수행과 동시에 사고가 발생한 D/L을 대상으로 단기부하예측(SLF: short-term load forecasting) application을 수행한 후에 정전복구 동작을 수행을 고려한 설정을 테스트 하였다. Sequence path 1의 경우 정전복구 속도를 중시하여 고장구간 검출 후 복구 시간을 중시하여 바로 정전복구를 수행하는 경우를 나타내며, sequence path 2의 경우 고장구간 검출 및 분리 후 부하 예측을 통하여 복구 후에 적절한 부하 배분이 이루어짐으로 절체 시 사고 처리하는데 3시간이라 가정했을 때 예측된 peak 부하를 해당 구간의 부하라고 가정하여 복구전략을 생성하는 부하 배분을 보다 정밀하게 고려한 복구를 수행할 수 있다.

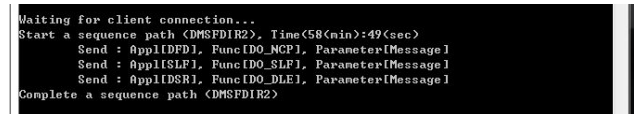
그림 12의 (a)는 배전계통에서 사고발생 시 사고구간 검출 및 정전복구 application들의 수행만 설정하였을 때의 결과이며, (b)는 사고구간 검출 및 분리 후 load forecasting을 통하여 사고 처리 소요 예상시간 동안의 peak 부하 정보를 얻어 그 정보를 기반으로 정전복구를 수행하도록 설정하였을 때의 결과를 나타낸다.

6. 결론

배전운영 시스템에서 운영기능 관리 시스템은 DMS 운영에 있



(a)



(b)

그림 12 배전계통 사고발생 시 application management system의 (a) DFD-DSR을 통한 정전복구, (b) DFD-SLF-DSR을 통한 정전복구 테스트 결과

Fig. 12 Result of (a) DFD-DSR-based restoration, (b) DFD-SLF-DSR-based restoration of application management system in a fault

어서 다양한 application들의 정상 동작감시 및 오류 처리, application의 유동적인 연계관계로 환경제공, 운영자의 운영 신뢰성을 향상시키기 위해 alarm 정보와 ZeroMQ를 활용하였다. 제안한 배전운영 시스템은 alarm의 정보를 기반으로 운영자가 판단 기준 및 판단 결과에 따른 application들의 호출 및 연계구조를 customizing할 수 있는 기능을 제공한다.

제한한 운영기능 관리 시스템의 검증을 위하여 windows programming 기반으로 시스템을 구축하여 DMS의 주요 application들의 동작 테스트 수행하였다. 주기적 application 운영에 있어서 동작테스트를 수행하였으며, 중간에 하나의 application 오류발생 시 ZeroMQ를 이용하여 문제를 검출하였다. 이벤트 발생에 따른 application 연계 동작은 FI 발생에 따른 정전복구 application 수행과 구간부하예측 후에 정전복구 application의 수행하는 상황을 연출하여 기능을 테스트하였다.

본 논문에서 제안한 application management system의 활용을 통하여 배전계통을 운영하는데 있어 application들의 동작 및 상태감시, 상호 연계 운영강화의 효과를 기대할 수 있다.

References

- [1] E. Vaahedi, "Distribution Management System," Wiley-IEEE Press (BOOK), 2014.
- [2] B. -N. Ha and et. al, "Integration of control center using intelligent distribution management system," 40th KIEE Summer Conference, pp. 318-320, 2009.
- [3] S.T. Mak, D. Radford, "A TWACS system alarm function for distribution automation," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 9, pp. 661-667, 1994.
- [4] H.A. Mostafa, R. El Shatshat, M.M.A. Salama, "Optimal Distribution Systems Operation Using Smart Matching

Scheme (SMS) for Smart Grid Applications,” IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 5, pp. 1938-1948, 2014.

- [5] J.B. Patton, D.T. Rizy, J.S. Lawler, “Applications software for modeling distribution automation operations on the Athens Utilities Board,” IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 5, pp. 1019-1025, 1990.
- [6] Y. Hironaka, H. Ohmata, G. Ohtake, K. Otsuki, M. Takechi, K. Kai, K., Majima, “An application distribution management system for Hybridcast,” IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 2015.
- [7] W. Zheng, N. Yu, J. Chen, C. Li, J. Huang, “Implementation of IOC and its application in distribution system operation and maintenance management,” China International Conference on Electricity Distribution (CICED), 2012.
- [8] S. Abapour, E. Babaei, B.Y. Khanghah, “Application of active management on distribution network with considering technical issues,” 2nd Iranian Conference on Smart Grids (ICSG), 2012.
- [9] B. Xu, L. Chen, H. Lu, C. Chen, “Design and application of overhead line intelligent management scheme for distribution network,” China International Conference on Electricity Distribution (CICED), 2012.
- [10] B. -G. Jin and et. al, “Study of Smart Distribution Application Management Plan ,” 41th KIEE Summer Conference, pp. 218-219, 2010.
- [11] Zeromq, “ØMQ - The Guide,” Zeromq official website.
- [11] Wikipedia, “Distribution management system,” [http://en.wikipedia.org/wiki/Distribution\\_management\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Distribution_management_system).
- [12] A.P.S. Meliopoulos, E. Polymeneas, Z. Tan, R. Huang, D. Zhao, “Advanced Distribution Management System,” IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 4, pp. 2019-2117, 2013.
- [13] McGranaghan, Uluski, “Smart Distribution Systems Workshop,” CIRED, Frankfurt (Germany), 6-9 June, 2011.
- [14] N. Trofimov et al., “Remote Device Access in the new CERN Accelerator Controls middleware”, ICALEPCS 2001, San Jose, California, 2001.
- [15] A. Dworak et al., “Middleware trends and market leaders 2011”, ICALEPCS’11, Grenoble, France, October 2011.
- [16] H. -Y. Kang, and et. al, “Self-Organizing Middleware Platform Based on Overlay Network for Real-Time Transmission of Mobile Patients Vital Signal Stream,” KICS Transaction, vol. 38C, no. 07, pp. 630-642, Jul. 2013.

## 저 자 소 개



### 김 필 석 (Pil-Seok Kim)

1996년 명지대학교 전기공학과 학사 졸업.  
1998년 명지대학교 전기공학과 석사 졸업.  
현재 LS산전 시스템 S/W 연구단, solution 연구팀 수석 연구원.

E-mail : pskima@lsis.com



### 강 호 영 (Ho-Young Kang)

2007년 아주대학교 정보및컴퓨터공학부 학사 졸업. 2012년 동 대학원 정보통신공학과 석사 졸업. 2002-2004년 휴민텍 연구원. 2007-2011년 삼성전자 종합기술원 및 DMC 연구소 연구원. 2012년 대구테크노파크 모바일 융합센터 연구원. 2013년 경북대학교 자율군집소프트웨어연구센터 연구원. 2014년-현재 LS산전 시스템 S/W 연구단, 플랫폼 S/W 연구팀 선임연구원.

E-mail : hykang@lsis.com



### 임 일 형 (Il-Hyung Lim)

2005, 2007, 2010년 명지대학교 전기공학과 학사, 석사, 박사 졸업. 2010-2012년 The University of Western Ontario 전기공학과 post-doctoral fellow. 2012-2014년 University of Ontario Institute of Technology 전기공학과 post-doctoral fellow. 현재 LS산전 시스템 S/W 연구단, 시스템 solution 연구팀 책임연구원.

E-mail : ihlim@lsis.com



### 박 종 호 (Jong-Ho Park)

1991년 고려대학교 전산학 학사, 1993년 동 대학원 전산학 석사 졸업. 현재 LS산전 시스템 S/W 연구단, 시스템 solution 연구팀 팀장.

E-mail : jonghop@lsis.com



### 신 용 학 (Yong-Hak Shin)

1984년 한양대학교 전자계산학 학사, 1986년 동 대학원 전자계산학 석사 졸업. 현재 LS산전 시스템 S/W 연구단 단장.

E-mail : yhshin@lsis.com