

무선기반열차제어시스템(CBTC)에서 RAID와 VMware를 적용한 통합관제 서버시스템 구현방안에 관한 연구

Research on Implementation of Integrated Server System at OCC using by RAID and VMware in CBTC

강구안*, 고영환*[†], 김세기**

Ku-An Kang*, Young-Hwan Koh*[†], Se-Ki Kim**

Abstract BGLRT(Busan-Gimhae Light Rail Train) is the driverless train system based on CBTC(Communication Based Train Control) method. All most of the servers are installed in OCC at IT room to control all kind of the train system and station system. This all system in OCC is place on private two kind of the network DCS and DTS which servers are installed standalone. These system request many installation fee and many server purchased fee and maintenance fee and difficult to manage the all server.

To solve this problem, this thesis suggested to use RAID 0+1 and VMware and then integrate it's all system to one VMware or two kind of VMware as distinguish two kinds system. Distinguishing method is what is deeply related train operation and not related train operation.

Keywords : RAID(Redundant Array of Inexpensive Disks), VMware(Virtual Machine),

초 록 부산김해경전철은 CBTC(Communication Based Train Control) 기반 무인경전철이다. 무인경전철시스템은 종합관제실에서 모든 열차와 모든 역사시스템을 원격에서 제어를 하기 위해 종합관제실에 서버시스템들이 집중 설치되어 운영된다. 그리고 이와 같은 시스템은 현재 각각의 독립된 사설네트워크(DCS, DTS)상에 각각의 서버들이 Standalone 방식으로 설치되어 운영된다. 이러한 환경의 서버구축은 많은 서버구매 비용 과 유지보수 비용을 요구하고 또한 관리의 어려움과 많은 서버 설치 공간을 필요로 한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 RAID 0+1 기술과 VMware 기술을 적용하여 통합관제 서버시스템 구현에 관하여 연구하고 제안하고자 한다. 통합서버 구축 기본 방향은 열차운행 관련과 비 관련으로 시스템을 구분하여 VMware에 통합한다. 이는 서버의 수를 줄여 구매비용과 유지보수 비용의 원가 및 효율적인 관리방안을 제안하고자 한다.

1. 서 론

본 논문에서 다루고자 하는 시스템은 한국에서 처음 도입된 철제차륜방식의 무선기반열차제어시스템 CBTC(Communication Based Train Control)이다[1][6][8].

† 교신저자: 부산김해경전철운영(주) 고영환 대표이사/신호기술사(kohyw@hanmail.net)

* 부산김해경전철운영(주) 종합관제실 강구안 부장/공학박사(kangkuan@naver.com)

무인경전철시스템은 종합관제실에서 관제사들에 의해 모든 열차와 모든 역사시스템을 원격에서 제어를 하기 위해 종합관제실에 모든 서버시스템이 집중 설치되어 운영되고 있다. 그리고 이러한 관제시스템들은 열차운행 제어를 위한 신호관제시스템, 역사 설비를 제어하기 위한 자동제어시스템의 기계설비관제, 전력제어를 위한 스카다시스템의 전력관제, 각종 무선 및 통신 설비 운영을 위한 통신설비시스템과 열차방송을 하는 통신관제설비 등의 서버들이 Standalone 방식으로 사설네트워크(DCS : Data Communication System, DTS : Data transfer System) 상에 구축되어 운영되고 있다. 이러한 많은 종류의 서버시스템들을 각각 구축 운영하는 것은 많은 구매로 인한 서버구축 비용, 많은 유지보수 비용 및 많은 설비 공간을 요구한다[1][6][8][9].

따라서 본 논문에서는 현재 각각의 관제에서 요구하는 서버시스템이 Standalone으로 사용되는 방식을 RAID 0+1과 VMware를 사용하여 무인경전철기반 통합관제 서버시스템 구현에 관하여 연구하고 제안하고자 한다. 본 논문에서 제안하는 통합서버는 하나의 VMware로 구현하는 방안과 열차운행관련 서버와 비 관련 서버로 구분한 기본 통합서버를 방안을 제안한다. 그러나 서버의 구분은 각 기관의 업무의 방법에 따라 효율적으로 구분하기를 제안한다. 이 제안된 시스템을 더욱더 연구하여 앞으로 새롭게 생기는 무인경전철시스템에 도움을 주고자 본 논문을 작성한다.

2. 본 론

2.1 RAID 와 VMware 시스템

2.1.1 RAID(Redundant Array of Inexpensive Disks) 시스템의 구성

RAID는 여러 개의 디스크를 배열하여 사용하는 기술이다. RAID 1(Mirror) 또는 RAID 5의 경우 볼륨에 포함되어 있는 디스크 중 하나의 디스크에 장애가 발생하더라도 남은 디스크가 백업 역할이 가능하다. 이로 인해 데이터 손실로 인해 복구하는데 소요되는 시간 없이 운용이 지속 된다[11][13].

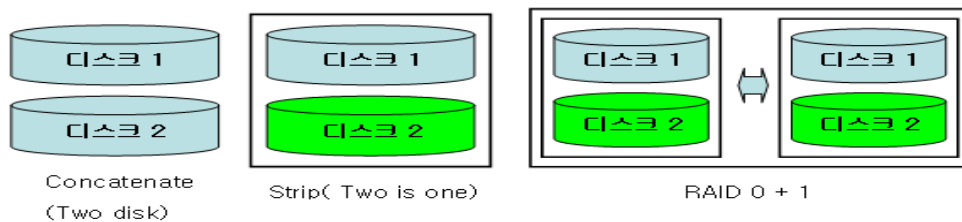


Fig.1 Disks conception

RAID 1 (Mirror) Mirror 두 개의 디스크에 같은 데이터를 중복 기록하여 데이터를 보존한다. 적어도 동일한 용량의 디스크 두 개가 필요하다. 장점은 볼륨 내 디스크 중 하나의 디스크만 정상이어도 데이터는 보존되어 운영이 가능하기 때문에 가용성이 높다. 단점은 용량이 절반으로 줄고 쓰기 속도가 느려진다[10][13].

RAID 0(Strip)을 선택하면 I/O 성능이 좋아지는 반면 하나의 디스크라도 장애가 발생했을 경우 복구가 어렵다. 이를 개선하기 위한 방법이 RAID 0+1이다. RAID 0의 I/O 고성능과 RAID 1(Mirror)의 고가용성은 모든 장점을 취하는 이점이 있지만 디스크의 구매로 인한 비용이 발

생하는 단점이 있다[13].

RAID 5는 여러 개의 디스크를 스트라이프 방식으로 볼륨을 구성하고, 패리티를 사용하여 데이터의 정확성을 제공한다. 디스크 슬롯이 많은 서버나 스토리지에 주로 구성하는 방법이다.



Fig.2 RAID 5 Configuration

만약 RAID 5를 5개의 디스크로 구성한다면 스탠바이 1개, 패리티비트 체크 1개를 설정하여 놓고 3개가 동작 중 하나의 디스크에 장애가 발생하면 나머지 디스크로 XOR로 데이터를 복구한다. 따라서 이론적으로 3개의 디스크가 동시에 고장이 발생하지 않으면 디스크는 고장이 발생하지 않는 방식으로 안전성이 검증된 방식이다[10][13]. 본 논문에서 가상머신 응용프로그램은 이곳에 설치하는 것을 제안한다.

2.1.2 가상머신(Vmware)

가상머신이란 바로 존재하지 않지만 마치 존재하는 듯이 우리가 사용할 수 있게끔 하는 기술을 통틀어서 가상화 기술이다. 다음의 그림은 컴퓨터에서 운영체제와 어플리케이션이 작동하는 구조와 VMware의 작동을 설명한 그림이다[11].

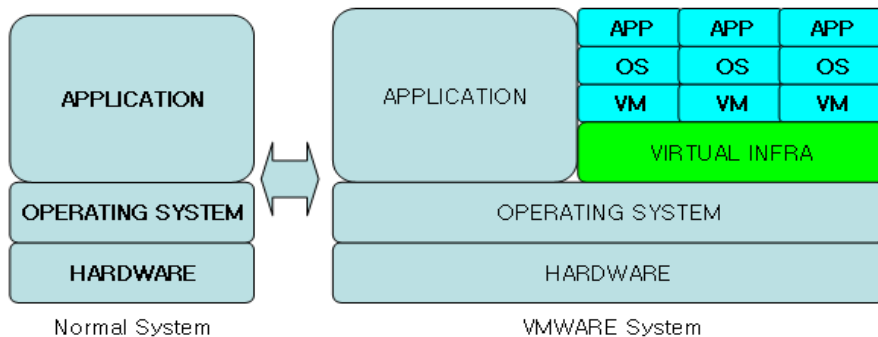


Fig.3 Configuration of General system and VMware

Fig.3의 왼쪽 그림에서 컴퓨터엔 하드웨어가 있고 이 위에 운영체제(Operating System)가 작동하고, 운영체제 위에 우리가 흔히 사용하는 많은 어플리케이션들이 작동하게 된다. VMware도 가상의 컴퓨터를 생성할 수 있는 어플리케이션의 일종이다[11].

VMware는 이와 같이 어플리케이션 부분에 위치하면서 가상머신을 올릴 수 있는 기반을 제공한다. 이렇게 제공된 기반 위에서 가상머신들을 생성할 수 있으며 생성된 가상머신에 운영체제와 어플리케이션을 설치함으로써 하나의 독립적인 시스템을 운영한다. 즉 컴퓨터 안에 컴퓨터가 있고 윈도우 안에 또 윈도우가 있다[10][11][13].

이와 같은 VMware의 장점으로는 한 대의 컴퓨터에서 여러 운영체제를 동시에 구동 시키고, 게스트 컴퓨터는 호스트 컴퓨터에 영향을 주지 않고, 호스트 컴퓨터와 게스트 컴퓨터 또는 게스트 컴퓨터끼리 서로 연결하여 네트워크로 통신할 수 있고, 게스트 컴퓨터들의 현재 상태를 원하는 대로 저장할 수 있으며 복원할 수 있다. 단점으로는 거의 모든 장치들을 가상으로 생성하여 사용하므로 어쩔 수 없이 실제 컴퓨터보다 느리다. 호스트 컴퓨터의 자원을 빌려 사용하므로 호스트 컴퓨터의 성능에 영향을 미치며 또한 호스트 컴퓨터의 성능에 많은 영향을 받는다[11][13].

2.2 현재 사용중인 네트워크 시스템

부산김해경전철 네트워크는 크게 보안과 열차운행에 외부 침입을 방지하기 위하여 두 개의 네트워크로 구현된다. 각각의 네트워크는 신호시스템 즉 열차운행을 위한 DCS(Data Communication System)과 다른 하나는 통신, 전기, 기계 등의 시스템을 지원하기 위한 DTS(Data Transmission System)으로 나뉜다.

2.2.1 신호시스템의 구성

부산김해경전철의 열차운행의 중요한 신호시스템은 차량기지 종합관제실 내의 전산실 ATS Rack안에 SRS1과 SRS2가 이 중계로 구성되어 있으며, 또한 이들 시스템의 데이터와 ATS운영의 데이터기록을 위한 Data Log서버가 설치되어 있다. 그리고 마지막 종점 역 분소에 설치되는 SRS3는 HOT Standby타입의 구성으로 종합관제실 서버와 연결되며 SRS3의 제어를 위해 별도의 시스템 콘솔이 설치된다[1][7].

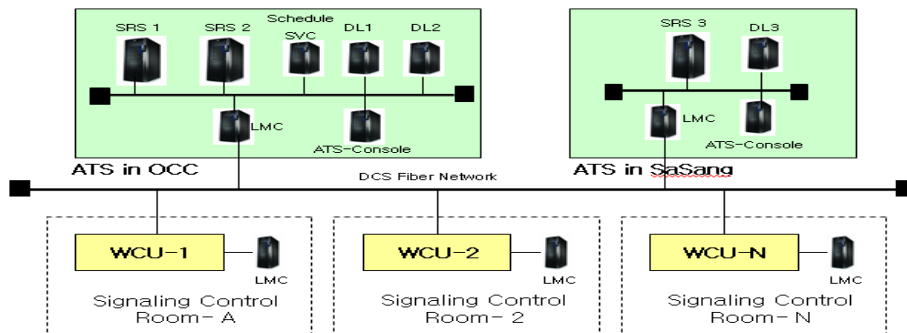


Fig.4 RAID Configuration

사상역 신호 분소에는 SRS3의 각종 로그를 저장할 수 있도록 Data Log3이 역시 설치된다. 위의 시스템 구성도는 시스템 서버와 워크스테이션만을 표현한 시스템 개략도 이다[1].

2.2.2 전력시스템의 구성

전력 SCADA 설비는 주 컴퓨터, FRP RACK(PEP, PSL, MUX, HUB 포함) 통신선로(DTS 광케이블), RTU, S-RTU, 광 컨버터, 계측 기 등으로 구성되어 있다. 운영체제는 UNIX(솔라리스 10.0)을 사용하며 전산실에 설치되어 있다. 부산김해경전철 전력SCADA는 설비의 모든 데이터와 제어권을 가지고 있으며 SCADA 운영프로그램인 TOPAS시스템이 탑재되어 있다. MASTER A와 MASTER

B의 이중화로 구성되어 있어 한 대의 고장 발생 시 PSL에 의해 자동적으로 절체 된다. 주컴퓨터는 허브를 통해 운영자용 컴퓨터와 연결되며 FEP로부터 현장의 데이터를 수신 및 송신한다.

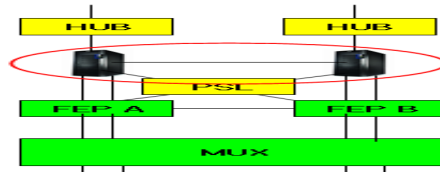


Fig.5 SCADA System configuration

주컴퓨터에 접속할 수 있는 방법은 전산실에서 직접 콘솔을 이용한 방법과 DSP에서 가상터미널을 이용한 방법이 있다[1].

2.2.3 통신시스템의 구성

통신에도 많은 서버를 사용 중이다. 자동정산시스템(AFC), 차상통신설비, 자동안내방송설비, 전기시계설비장비, 행선안내설비, 화상전송설비, TRS이력관리 등의 시스템을 구축 사용 중이다. 또한 종합관제실의 관제사들의 눈과 같은 역할을 하는 차량제어시스템의 경우도 서버는 윈도우위에 프로그램을 설치하여 운영 중에 있다[2][3][4][5].

2.3.4 기타 시스템의 구성

자동제어시스템(Automation control system)은 모든 역사의 셔트, 에레베이트, 에스컬레이터, 역사 냉난방, 환풍기 등을 제어하는 시스템이고, 역사조명 제어시스템 등의 많은 서버 시스템이 구축되어 운영되고 있다. 이들 시스템의 대부분이 HP 서버제품에 윈도우운영체제를 사용 중이다.

2.4 VMware를 적용한 통합시스템 구현

2.4.1 통합관제 서버 구성 개념

종합관제실 운전관제, 기지관제, 전력관제, 운영관제 등에서 사용하는 서버시스템을 열차운행관련과 비 관련으로 구분하여 서버를 VMware에 통합 구축하는 방법을 제안한다.

이러한 여러 관제 설비에서 운영되는 이 기종 간의 운영체제(OS)와 하드웨어 플랫폼을 하나의 VMware서버에 구축하면 서버의 수를 줄일 수 있다. 이렇게 구축된 VMware를 이용한 통합 서버의 구축 장점으로는 서버설치 공간을 줄이고, 서버의 구매비용 및 설치 비용을 많이 줄일 수 있고, 유지보수 비용 및 관리비용 등을 많이 줄일 수 있다[10][11].

이러한 장점이 있는 반면 단점으로는 첫 번째 거의 모든 장치들을 가상으로 생성하여 사용하므로 어쩔 수 없이 실제 컴퓨터보다 느리다. 이는 하드웨어 용량의 증설로 보완이 가능하다. 두 번째는 호스트 컴퓨터 자원을 빌려 사용하므로 호스트 컴퓨터의 성능에 영향을 미치며 또한 호스트 컴퓨터의 성능에 많은 영향을 받는다. 이 또한 메모리 증설로 단점을 극복할 수 있다. 그럼은 실제 VMware에는 모든 관제설비를 운영체제의 종류에 상관없이 하나의 VMware에 통합이 가능하다.



Fig. 6 The integrated various system to VMWARE on one server

Fig.6은 전력관제 스카다시스템 SUN 솔라리스, 열차운행제어 ATS(Automation Train Supervision) 윈도우 서버, 열차운행 서버인 SRS(Schedule Regulation Server) 윈도우 서버, 데이터로그관리는 윈도우서버, 각종통신설비 제어를 하는 통신 서버들 및 많은 다른 시스템들의 운영체제를 하나의 VMware에 통합 가능하다는 설명이다. 운영체제의 종류에 상관없이 모든 서버가 하나의 VMware상에 구축이 가능하다. 만약 이러한 통합에 대해서 시스템의 신뢰에 걱정이 된다면 열차운행관련 신호시스템인 SRS들은 Standalone으로 구축하기를 제안한다. 왜냐하면 이론상으로는 호스트 컴퓨터의 재부팅이 필요하지 않지만 만약 물리적인 서버의 재부팅이 필요하다면 열차운행과 관계없는 시스템은 자유롭게 재부팅 할 수 있게 하기 위함이다. SRS 두 개의 서버 중 하나의 시스템을 VMware에 구축하고 다른 하나는 Standalone으로 구현하는 방법도 또 하나의 해결방안이다.

2.4.2 통합관제 관제 서버 구성을 위한 가상시스템

서버와 컴퓨터는 하나의 하드웨어 플랫폼 위에 운영체제를 사용하여 네트워크를 통하여 외부 네트워크로 연결된다[11].

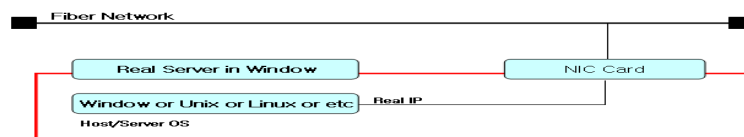


Fig. 7 Diagram one PC concept

Fig.7은 하나의 컴퓨터 개념을 도식화 한 것이다. 실제 서버컴퓨터는 네트워크 카드를 통하여 상단의 허브나 광 네트워크로 연결되어 다른 시스템에 연결되어 프로그램을 수행 한다.

2.4.3 통합관제 관제 서버 구성

다음은 열차운행에 관계없이 모든 서버시스템 운전관제, 기지관제, 전력관제, 운영관제 등의 시스템을 단일 서버 위에 하나의 VMware에 구축 제안한 그림이다. 그림에서 운영체제가 설치되는 곳에는 RAID 0+1으로 구성하고 운영체제를 미러로 관리하여 하나의 디스크에 장애가 발생하면 바로 복구가 되게 한다. 또한 각 관제의 서버들의 게스트 운영체제는 RAID 5위에 설치하여 안전성을 확보한다. RAID 5는 디스크 3개가 동시에 장애가 발생해야 데이터 손실이 되는 구조이다.

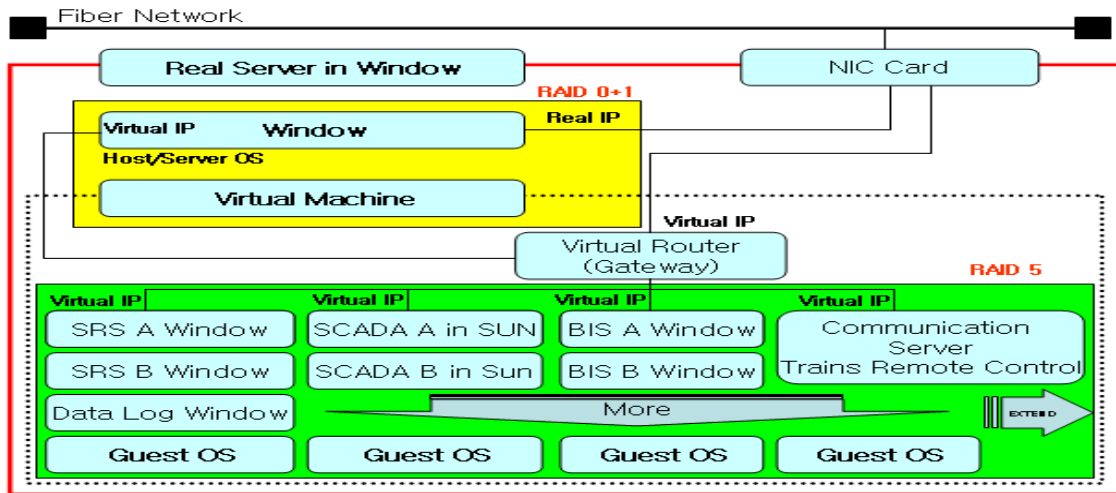


Fig. 8 Configuration of integrated various operating systems in on VMware.

Fig.8의 그림에서 단일 VMware에 신호설비 SRS와 전력설비 SCADA와 자동제어시스템 인 BIS와 통신시스템 등을 VMware상에 게스트 컴퓨터로 구현한 구성도이다. 이렇게 통합된 가상머신상의 서버들은 실제 서버에 설치된 물리적인 네트워크 카드를 통하여 다른 외부 네트워크와 연결된다. 이러한 실제 네트워크카드는 회사의 광통신망이나 백본에 연결시켜 통신 한다.

2.3.3 열차운행 관련 서버구분에 따른 관제 서버 구성

다음은 열차운행 관제를 고려하여 열차운행에 관계 있는 시스템과 그렇지 않은 시스템으로 나누어 DCS와 DTS에 두 종류의 VMware를 구현한 통합시스템 구성도이다.

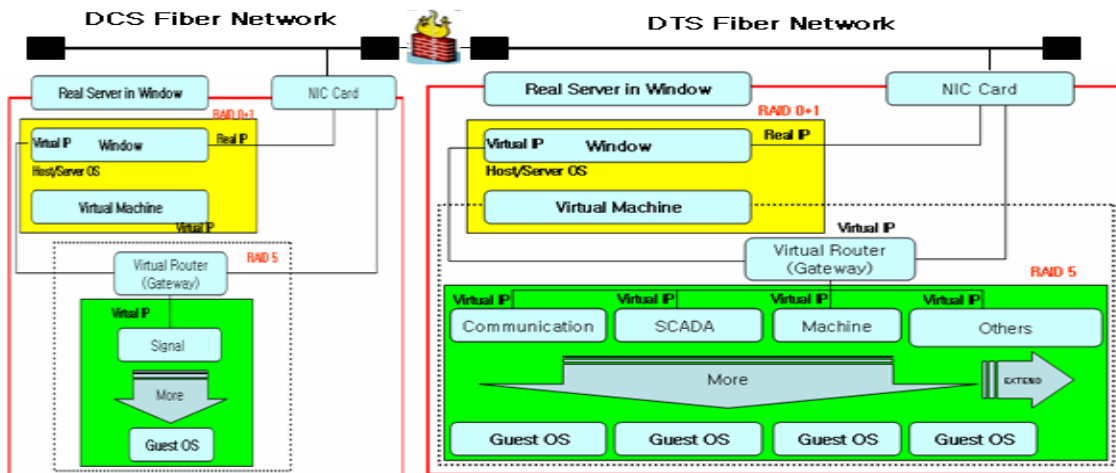


Fig.9 Configuration of the integrated various system.

DCS에는 열차운행관련 시스템인 SRS 1, 2계를 Standalone으로 구현하고 네트워크 카드를 통하여 DCS 광 네트워크에 접속하고 나머지 통신관제, 전력관제, 기계설비관제 등의 서버시스템들을 통합하여 DTS네트워크 상에 접속한 두 개의 VMware로 통합 구현한 구성도이다.

RAID 0+1 상에 운영되는 운영체제와 RAID 5에 설치된 VMware 응용프로그램들은 이론상으로

는 완벽하지만 실제 운영환경과 바이러스로 인해 시스템 재 부팅을 수행 해야 하는 경우가 발생 할 수도 있기 때문에 시스템을 열차운행관련 신호시스템을 독립적으로 구현하는 것을 고려 해야 한다.

따라서 시스템 구현을 열차운행에 중요한 영향을 미치는 신호시스템인 SRS1과 SRS2 두 개 중 하나 또는 두 개는 Standalone으로 구현하여 만약의 장애에 대비할 수 있다. 만약 VMware를 완벽하게 운영 가능하면 하나로 통합도 가능 하다. 그러나 신호시스템 중에서도 Data Log 서버는 열차운행 비 관련으로 구분하여 구축하기를 제안한다. 이 서버는 열차운행 관련 데이터를 수집 관리 하는 서버이다. 재부팅 시 열차운행과는 관련이 없기 때문이다.

본 논문에서 제안한 시스템 구분을 꼭 따를 필요는 없고 시스템 구분은 각 기관의 업무 특성에 따라 구분하여 통합하기를 제안한다. 본 논문에서 제안한 통합시스템 구현 및 운영이 많은 비용과 관리적인 측면에서 효율적이라는 것을 제안한 것이다. 앞으로 구현되는 무인경전철 시스템은 본 논문에서 제안한 시스템 통합 방법을 효과적으로 적용하여 저비용의 유지보수로 서버시스템을 통합 운영하기를 기대한다.

3. 결 론

본 논문에서 연구한 RAID 기술과 VMware를 적용한 통합관제시스템 서버 구현에서 관해서 알아보았다. RAID 0+1은 디스크 두 개 이상에 운영체제(Operating System)을 미러로 구축하고 이 부분에 운영체제만 설치 운영하여 장애발생을 최소화 되게 한다. 또 한 개의 디스크 장애는 다른 디스크를 이용하여 자동으로 운영체제를 복구하게 시스템 구현을 제안했다.

또한 RAID 0+1은 두 개의 운영체제가 미러로 운영이 되므로 동시에 두 개의 디스크가 고장이 날 확률은 거의 어렵다. 만약의 경우 운영체제에 사고가 발생하면 운영체제만 설치하고 VMware는 RAID 5에 모든 환경변수가 저장되어 있어 RAID 0+1 복구 후 이들 경로만 다시 지정하면 바로 통합서버가 복원이 가능한 시스템이다.

VMware의 응용프로그램들은 RAID 5상에 설치하여 안전성을 확보한다. RAID 5의 경우 디스크 3개가 동시에 장애가 발생하여야만 고장이 발생하기 때문에 이론상으로 고장이 날 확률이 거의 없다. 또한 각각의 시스템이 요구하는 운영체제를 각각의 게스트 컴퓨터로 구성하여 운영할 수 있다. 또한 각각의 시스템에 문제가 발생하여 리부팅이 필요할 경우에 각각의 게스트 컴퓨터에 독립적인 리부팅이나 전원의 ON/OFF가 가능하다.

모든 시스템을 하나의 VMware에 통합하면 위험성이 증가 할 수 있어 열차운행과 직접적인 관계가 있는 신호시스템 SRS은 별도로 운영하고 자동제어시스템, 열차방송시스템, 차량제어시스템, 스카다시스템, ATS Log시스템 등 과 같이 잠시 시스템이 중지되어도 열차운행에 지장이 없는 시스템을 구분하여 두 개의 VMware 통합서버로 비용은 약간 증가하지만 열차안전은 확보할 수 있는 방안도 본 논문에서 연구했다. 실제로 시스템 구축을 위한 서버의 구분은 각 기관의 특성에 맞게 구현하기를 제안한다. 본 논문에서는 서버통합구현에 관한 필요성과 기본 구성도를 제안한다.

현재 운영중인 서버시스템을 본 논문에서 제안한 방식으로 변경하기는 어렵지만 앞으로 건설될 무인경전철시스템이나 다른 철도시스템에서는 본 논문에서 제안한 방법으로 시스템이 구현되기를 희망하고 또한 구현된 시스템의 문제점을 개선하는 논문이 계속적으로 발표되어 한국형 철도표준 서버통합시스템 가이드라인이 만들어 지기를 희망한다. 또한 본 논문이 타 기관의 시스템운영에 및 구현에 도움이 되기를 기대한다.

참고문헌

1. 부산김해경전철운영(주) 관제실무 교육 매뉴얼, pp. 1~167, 2010.8
2. 현대로템(주) 열차무선설비 운영자 교육자료, pp. 1~139, 2010.12
3. 현대로템(주) 열차무선설비 운영자 교육자료[열차무선설비], pp 1~100, 2010.12
4. 현대로템(주) 부산-김해 경전철 50량 교육교재[상권], pp. 2-2-1~2-2-119, 2010.12
5. 현대로템(주) 부산-김해 경전철 50량 교육교재[하권], pp. 6-6-1~6-6-30, 2010.12
6. CBTC 무선기반열차제어 시스템에서 RFID를 이용한 실시간 열차 현재위치 구현에 관한 연구. 강구안, 김대일, 김장열, 김윤수 2013 추계학술대회
7. 현대로템(주) 신호부문 설계 사양서 시스템 디자인 사양서, pp. 53~84, 2011.01.31
8. 도시철도관제에서 차량원격제어시스템의 효율적인 사용 및 개선방안에 대한 연구 강구안, 고영환, 최순익, 김장열, 김윤수 2016년 한국도시철도학회 춘계학술대회
9. 무선기반열차제어시스템(CBTC)에서 가상기본블록과 Database와의 관계에 관한 연구 강구안, 고영환, 김태훈 2016년 한국철도학회 춘계학술대회
10. 고급사용자들을 위한 UNIX시스템 튜링 잘쓰기 김성환, 김영달, 김창현, 김희강 공저 PC어 드밴스 1996년 6월
11. 고급컴퓨터 구조학 Kai Hwang, 한기만 이한출판사 1997년 2월
12. 데이터통신 및 컴퓨터통신 William Stallings, 김종삼 1997년 2월
13. shinb.tistory.com 파워윈도우즈 powerwindows.co.kr 2009년8월 23일