종합열차운행제어의 병행 운전(교체) 방안에 관한 고찰
A Study on the Parallel Control(Change) at the Total Traffic Control

김정수*　　이재남**　　이기승***　　안현준****
Kim, Jung Su　Lee, Jae Nam　Lee, Gi Seung　An, Hyun Jun

ABSTRACT

The command of Subway is intended to adjust and control the train operation, and to play a key role of the total passenger transport and all kinds of affairs related to the safe train operation. Also, this can be considered as affairs to be controlled and operated by Total Traffic Control. For the purpose of developing the ATO system in using the new control technology by substituting the conventional ATS equipment, this technical document includes the technical points resulted from doing the replacement construction in the entire section of Subway Line 2 by Seoul Metro. The replacement work with the new ATO System should neither stop nor affect the system under operation while operating the current ATS System. The different systems should not interfere with each other while performing their individual affairs, and be composed to share the important data for the parallel operation. This technology is needed to proceed in assurance of a high degree of reliability.

---

1. 서　론

도시철도에서의 종합관제실은 열차의 운행을 조정 및 통제하고 관제설비의 유지보수, 열차의 안전 운행과 관련되는 업무에 대한 종합상황관리를 함으로써 승객운송의 중추적인 역할을 수행하는 곳이며, 이를 종합열차운행(TTC: Total Traffic Control)을 통하여 제어 및 운영하는 업무라고 할 수 있다. 본 논문은 종래의 ATS 설비를 대체하여 새로운 제어 기술을 이용한 ATO system으로 개발하여 서울메트로의 지하철 2호선 전구간의 교체 공사를 진행함에 있어 도출 되어진 기술사항을 정리한 것이다. 현재의 ATS System으로 운영을 하면서 새로운 ATO System으로 교체하는 작업은 운영중인 시스템에 영향을 미쳐서는 안 되며, 또한 중지되어서도 안 되는 상황이다. 서로 상이한 시스템은 각자의 업무를 수행하면서 상호 간섭을 주지 않으며, 병행운전을 위한 중요한 데이터를 공유할 수 있도록 구성 하여야 한다. 본 기술은 고도의 신뢰성을 확보하여 진행해야 할 필요성을 요구한다.
본 논문은 열차가 운행 중인 도시철도에서의 열차신호시스템 교체시 가장 최적의 방안을 제안하였다

---

* 김정수, 서울 메트로 1,2호선사령 종합관제센터 E-mail : jskim1183@hanmail.net
TEL : (02)520-5218　FAX : (02)520-5281
** 서울메트로 종합관제센터
*** 서울메트로 종합관제센터
**** 삼성SDS SOC개발실

2. 본론

운영중인 시스템의 개량을 위한 교체는 많은 어려움이 따르며, 전 세계적으로도 시스템의 무중단 교체를 진행한 바는 거의 없다. 사령 설비의 교체는 결국에는 현장 설비와의 유기적인 관계로 인하여, 결국은 현장 설비와 밀접한 연관성을 갖게 된다. 기존 ATS 설비의 구성과 신설 ATO 설비의 구성, 병행 시스템의 구축 방안, 신뢰성 확보 방안, Data Matching 을 순서대로 소개 해보자.

가. 기존 설비의 구성

통합적인 제어를 수행하는 고 신뢰성의 OpenVMS OS 기반의 VAX 810 Series의 TCC Server와 Dos 기반의 User Interface, Relay 방식의 CDTS (Central Data Transmission System)를 바탕으로 열차의 진로를 구성하고 계획된 스케줄에 의한 열차 운행을 한다.

나. 신설 설비의 구성

통합적인 제어와 ATO 운영을 위해 고 신뢰성의 Fault-tolerant System인 TCC와 HP-UX 운영체계상에서 C언어 및 시스템 라이브러리를 사용하여 응용 소프트웨어를 구성 한다. TCC는 현장에서 발생되는 신호설비 표시관련 정보를 DTS(Data Transmission System을 통하여 수신하여 열차운행상태 추적 및 자동진로제어 기능 등을 수행하고 운영자콘솔에 설비(신호기, 전철기, 진로표시 등) 상태를 현시하여 열차운행을 원활히 할 수 있도록 MMI(Man Machine Interface)를 제공한다. 또한 열차의 효율 적인 운행을 위해서 열차 스케줄과 진로 및 효율적인 운행을 위한 데이터를 입력하여 그에 따른 운영을 TCC가 제어 할 수 있도록 컴퓨터 프로그램으로 제작 하여 운영한다. 신설 설비의 HMI는 시스템의 제어와 현장 및 사령의 상태를 명확하게 파악 할 수 있도록 구성 하며, 새로운 연동 장치는 고 신뢰성의 시스템으로 구성 되어 진다. 만약의 시스템 이상이 발생한 경우라 하여도 TCC 및 중요설비의 경우 이중화하여 운영의 문제가 최소화되도록 구성 한다. 기존 ATS 설비와 ATO 시스템의 인터페이스를 위한 설비도 완벽한 준비를 거쳐 준비하여 기존 시스템이 철거되기 이전에 검증을 완료한다.

다. 컴퓨터 시스템의 도입

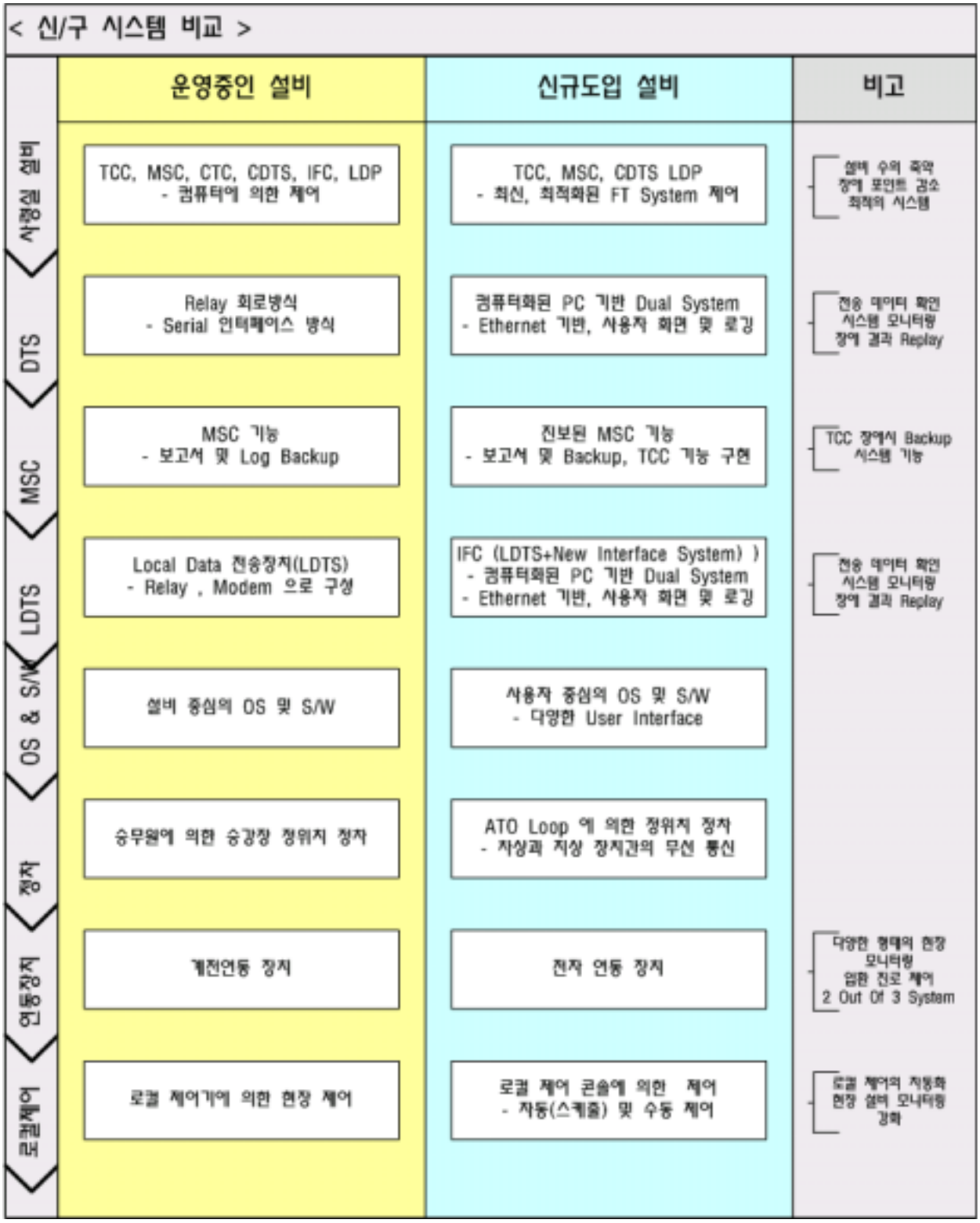
ATO장치는 열차의 운전에서 모든 정거장에 열차를 자동으로 정지시키며, 열차의 정지시간을 제어하고 출발신호를 열차로 송신한다.
이와 같은 방대한 정보의 실시간 취급을 위해서는 현재의 계전연동장치를 컴퓨터 시스템인 전자연동장치로 교체하게 되며, 각 신호 취급실(운전 취급실)의 연동기(Control console)도 컴퓨터 시스템과 그 주변장치들로 구성된다.
컴퓨터 방식의 유일한 약점은 에러(Error) 발생시 그 관할구간 전체가 마비된다는 점이다
계전연동의 경우, 장애의 부분을 운전취급자가 표시반(연동기)을 통하여 바라볼 수 있어 부분적인 열차운행이 가능하지만 컴퓨터 에러시에는 모니터 화면자체가 없어짐으로 열차 운행은 전면 중단된다.
이러한 약점을 보완한 것이 시스템의 2중화이지만, 컴퓨터에는 구조적으로 에러가 발생하게 된다.
다라서 전자연동장치, 즉 컴퓨터 시스템의 관리기준 및 운영체계를 새로이 확립하여야 한다.

라. 시스템의 비교

기존 설비와 신규 설비의 차이점을 검토 해 보기로 한다.
관제실의 설비는 TCC/DCC-CTC-IF-CDTS의 통신 경로를 거치며 복잡하고, 확장 및 유지보수에 문제가 있는 10BASE-5 방식의 Network과 MS-Dos 기반의 Graphic 응용소프트웨어로 MMI가 구성 되어 있다. 신규 ATO 설비는 TCC/MSC-CDTS 경로로 단순화 되어진 통신 인터페이스로 되어 있으며, 통신방식은 Switch 기반의 10/100base-T 방식이며, IEEE802.3 표준화안에 의한 방식의 LAN Interface 이며, HpUx와 NT 기반의 운영체제 안에 C,C++ Application S/W 로 구성 되어 있다. 정위치 정차와 ATO 운영을 위한 자동운전 및 운영 효율을 높이기 위한 다양한 MMI S/W로 구성되어지며, 사령의 장애발생의 경우 현장설비에 의한 제한적인 자동운전도 가능하도록 구성 되어 있다. 사령설비와 현장 설

비의 인터페이스는 아래의 표와 같은 차이를 보여주고 있으며, 연동 장치와 TCC, Local 설비는 컴퓨터 시스템에 의한 제어 및 인터페이스란 점에서 구 설비와의 차이점을 찾을 수 있다. 아래의 표는 기존설비와 신규 설비의 비교표 이다.

(Fig 1 신/구 시스템 비교)



마. 시스템 구축 방안

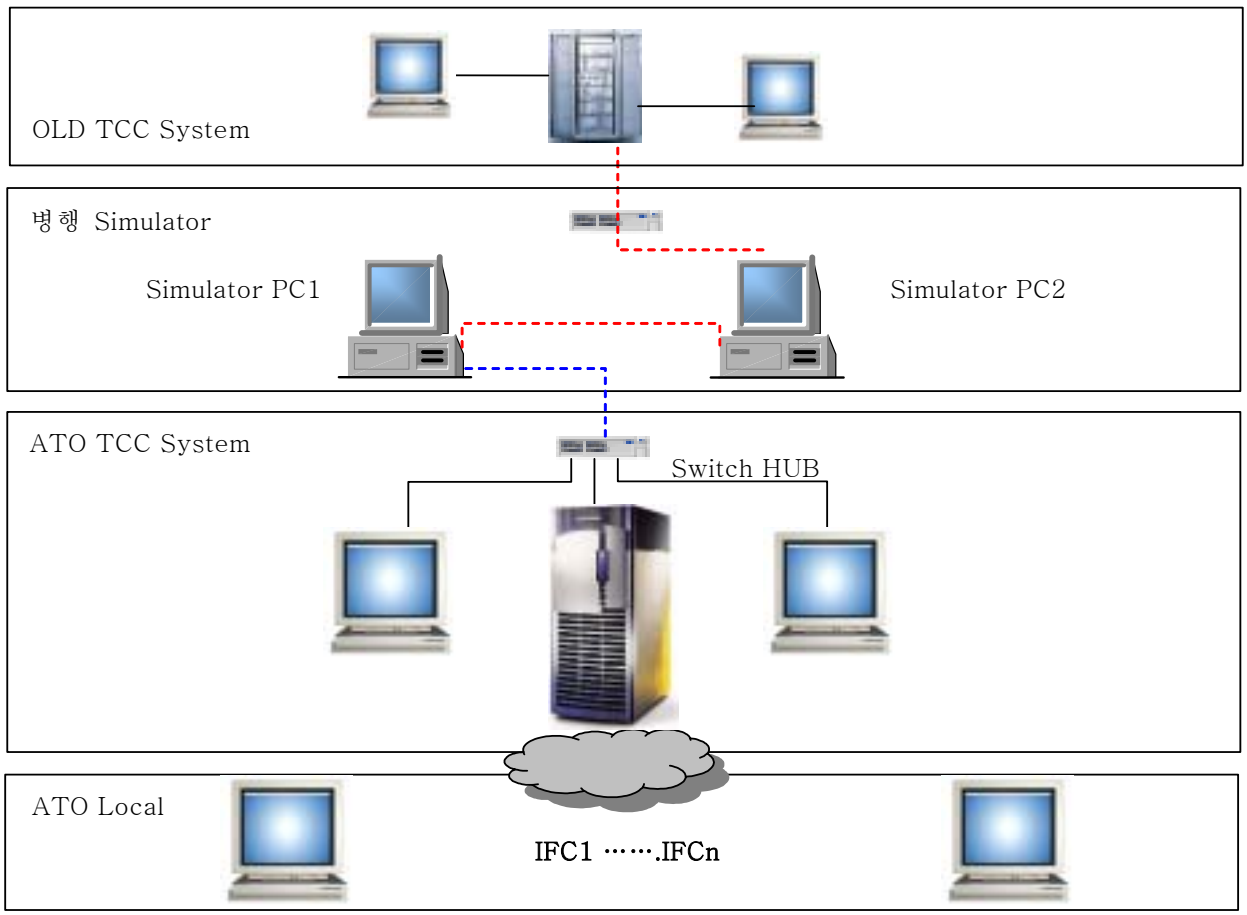
영업 운전이 진행 되고 있는 동안에 신뢰성의 확보와 안전성의 검증을 위하여, 다음의 절차에 의하여 병행 운행을 진행 한 후 시스템을 절체 하는 것이 더욱 효과적인 안전성의 검증 방법이다. 순서는 다음과 같이 기술 한다.

1) 신규 설비의 반입 및 설치 완료
2) 단일 설비의 테스트 완료
3) 연동 역별 개별 통합 테스트 완료
4) 연동 역별 개별 절체 테스트 완료
5) 사령실 통합테스트 완료
6) 사령실 절체 테스트 완료
7) 병행 시운전 완료
8) 기존 시스템 철거
9) 신규 ATO 시스템 운영

병행 시스템의 구축 방안은 기존 구 설비와 신규설비의 효율적인 인터페이스를 하기 위하여 다음과 같은 방식으로 병행운전을 실시하고 구성을 한다. 이러한 방식은 기존 설비의 안정적인 운영을 하면서 신규설비와의 인터페이스를 하여, 필요한 데이터베이스와 동작의 정보를 입수하여 각 설비가 안정적인 병행운행이 가능하도록 하는 구성이다.

시스템의 구현은 표시와 제어의 두 가지로 분류 되며, 표시 및 제어를 자체 시뮬레이터를 통하여 신설 설비로 전송하여 가능성 여부를 판단하며, 데이터의 일치를 한다. 2단계로는 시뮬레이터에 의한 시뮬레이션 단계를 넘어 구 설비의 데이터를 전송하고, 신규설비를 제어 하는 단계이다. 즉, 자동제어와 수동제어를 효과 적으로 제어하기 위한 데이터 시뮬레이터와 연동장치 시뮬레이터가 필요하다.

(Fig 2 시스템 운영도)



바. 신뢰성의 확보 방안

서로 다른 별개의 시스템을 같은 공간 내에 동일한 기능을 수행 하면서, 간섭이 없도록 하는 것이 가장 중요한 기술이라고 하겠다. 단계적으로 구간별로 전환해 가면서 단독운행 또는 병행 운행이 가능해야 하며, 시험 기간 중 문제없이 진행 시키는 것이 신뢰성 확보 방안의 주요 업무라고 할 수 있다. 신뢰성 있는 병행 및 호환을 위해서 신 구 설비 사이에 인터페이스가 가능한 병행 제어용 컴퓨터를 설치하고 이 설비에서 신뢰성 있는 데이터를 신 설비에 적합한 형태로 데이터를 전송하는 것이다. 이러한 부분은 만약의 병행 설비의 장애를 극복하기 위하여 이중화된 구조로 진행 할 것이다.

사. Data Matching

데이터의 일치화의 항목은 다음과 같은 항목으로 구현 된다.

- 구형 장비의 TM 스케줄데이터의 신규 설비 스케줄 데이터로의 변경
- 진로별 신형 및 구현 진로의 비교 및 일치
- 궤도 점유 정보의 일치 여부 확인
- 열차 운영 형태 변경에 따른 변경 데이터 일치
- 단독 동작에 대한 상태 비교 및 일치

(Fig 3 진로 관련 예)

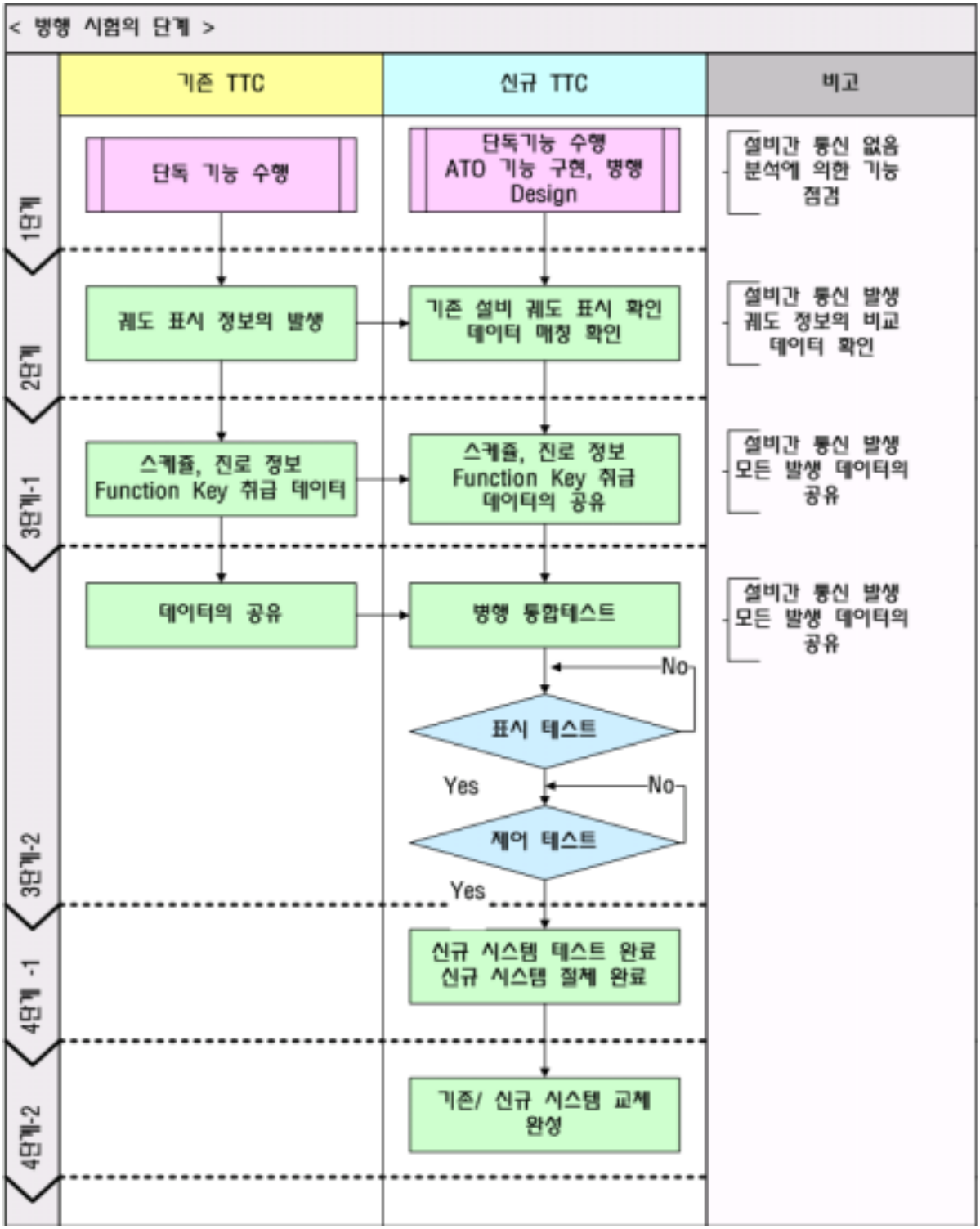
신정네거리												도림천											
OLD	NEW	비고	OLD	NEW	비고	OLD	NEW	비고	OLD	NEW	비고	OLD	NEW	비고	OLD	NEW	비고	OLD	NEW	비고	OLD	NEW	비고
1RA	X		4LA	26D		6LC	X		21R	22		1RA	2C		5RA	4C		9R	10B		21R	12D	
1RB	X		4LB	X		7RA	28		22R	X		1RB	X		5RB	X		10R	10C	10E	22R	12F	
2L	X		5L	26C		7RB	X		23L	32		2R	X		6R	X		11L	14A		23R	12C	
3RA	22		6LA	30		7RC	X					3L	6B		7R	10D		12LA	X		24L	20D	
3RB	X		6LB	X								4L	6A		8R	10G		12LB	X		25L	16D	

아. 시험 방안

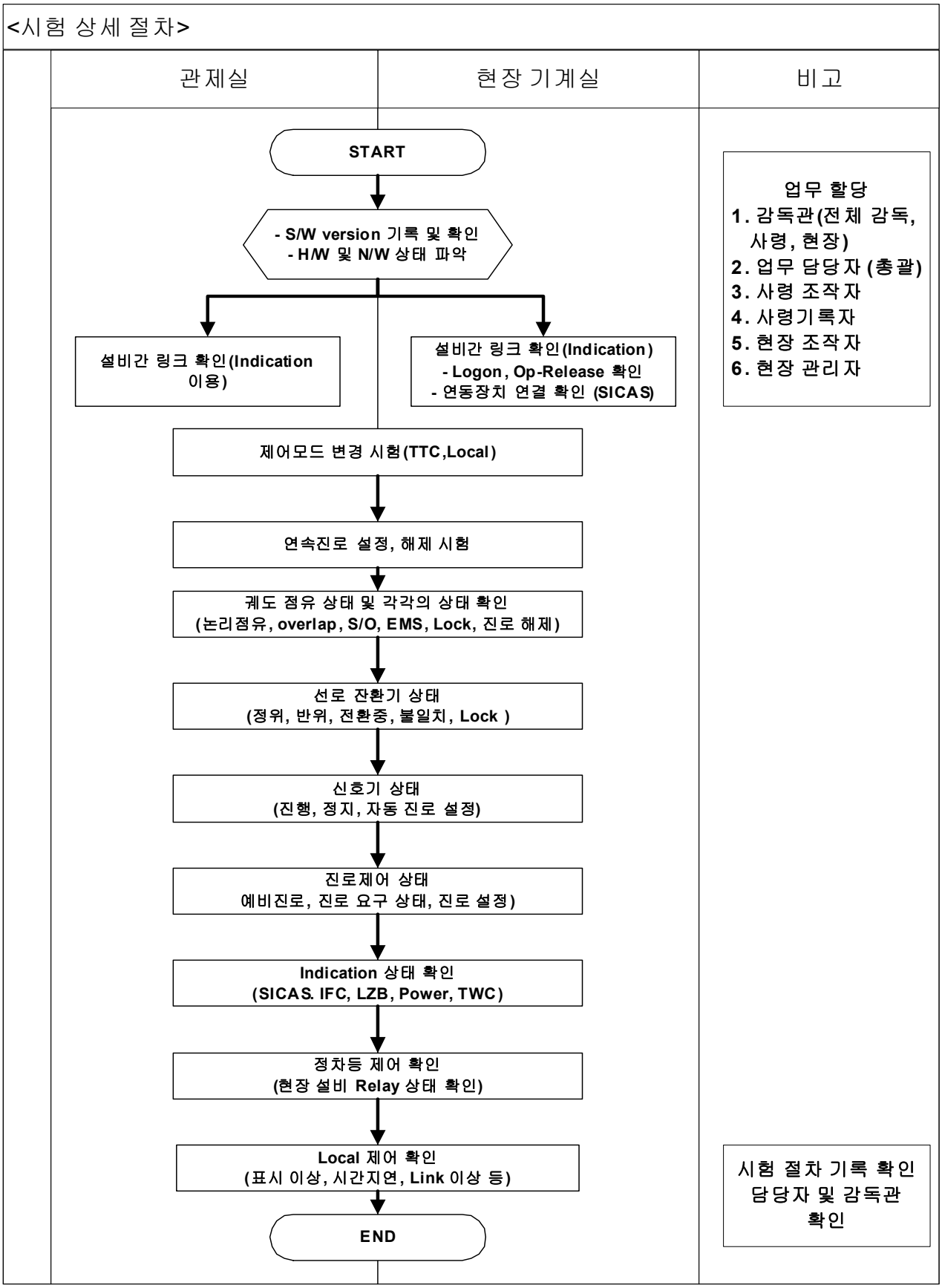
전체 시스템의 교체로 인한 시험보다는 사령실의 제어권내에서 최소한 시험 시간 내에 테스트가 가능한 연동역 영역과 인접역 영역을 할당하여 시험하며, 반복적인 시험 스케줄을 제작하여 진행 하여야 한다. 만약 기존 기능과의 상이한 부분이 존재 하는 경우 각 개발자와 관리자가 협의 하에 진행 하도록 한다. 그 절차는 다음과 같다.

1) 1 단계 : 단독 적인 기능의 테스트 및 개별 운영 방안의 검토 단계
2) 2 단계 : 설비간의 통신 표시 상태 및 데이터의 공유 단계
3) 3 단계 : 병행 운행 관련 테스트의 단계
4) 4 단계 : 설비 운영 안정화 단계

(Fig 4 병행 시험 단계)


< 병행 시험의 단계 >
기존 TTC
신규 TTC
비고
1단계
단독 기능 수행
단독기능 수행
ATO 기능 구현, 병행
Design
설비간 통신 없음
분석에 의한 기능
점검
2단계
궤도 표시 정보의 발생
기존 설비 궤도 표시 확인
데이터 매칭 확인
설비간 통신 발생
궤도 정보의 비교
데이터 확인
3단계-1
스케쥴, 진로 정보
Function Key 취급 데이터
스케쥴, 진로 정보
Function Key 취급
데이터의 공유
설비간 통신 발생
모든 발생 데이터의
공유
데이터의 공유
병행 통합테스트
설비간 통신 발생
모든 발생 데이터의
공유
No
표시 테스트
Yes
No
제어 테스트
3단계-2
Yes
4단계 -1
신규 시스템 테스트 완료
신규 시스템 절체 완료
4단계-2
기존/ 신규 시스템 교체
완성

(Fig 5 시험 상세 절차도)

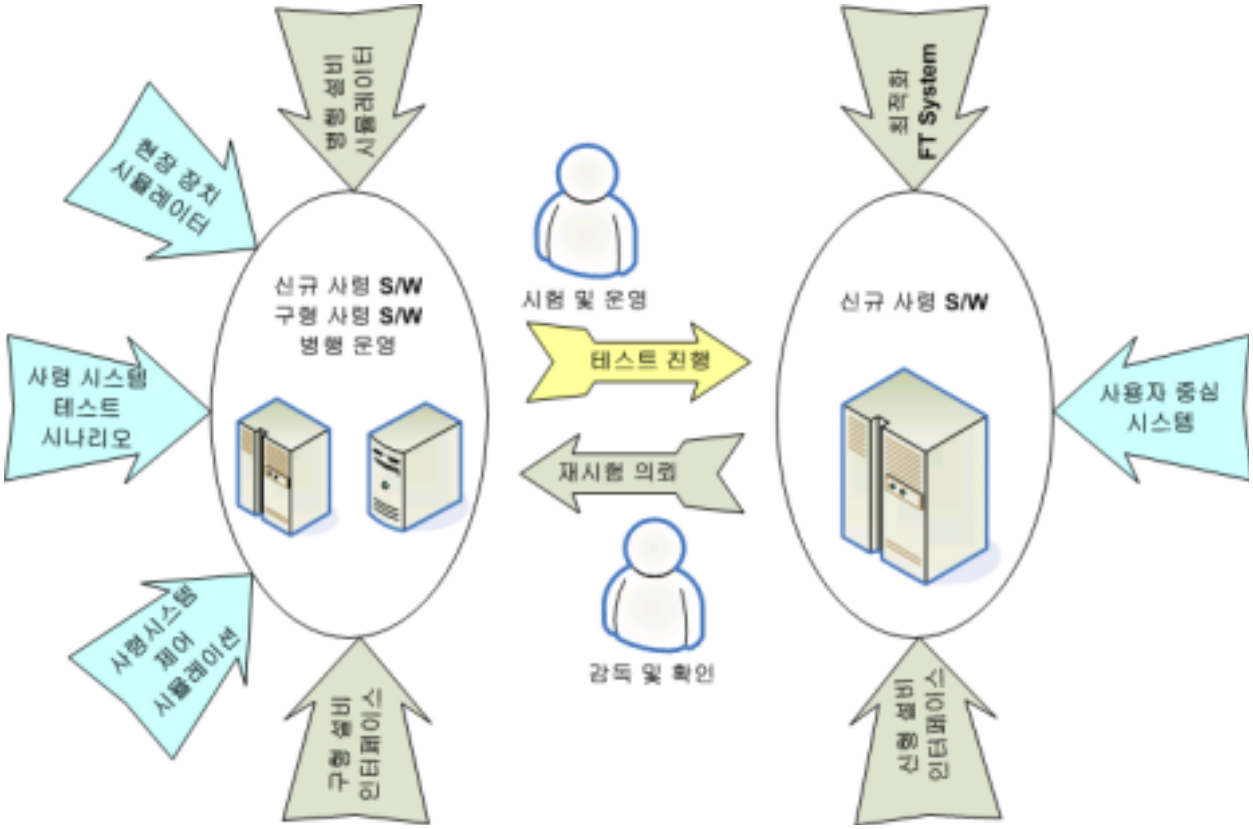


자. 교체 방법 및 최적의 방안

관제 설비의 교체 방안은 시스템의 시험 방안과 동일한 절차를 진행 하면서 시스템의 성능을 검증한 후 현장여건에 맞는 절차를 거치도록 한다. 시스템의 교체는 관제설비와 현장 설비의 전면적인 교체를 하며, ATS 차량과 관련된 폐색 신호기 등의 설비는 유지를 하게 된다.

시스템 교체의 최적 방안은 완벽하게 구축되어진 시뮬레이션 설비와 절차에 의한 시험과 적용이 최우선이며, 위의 본론에서 소개한 병행 운전의 방안에 의한 시스템의 적용이 가장 효과적이라고 본다.

(Fig 6 교체방안 도)



3. 결론

현재 운영중인 시스템을 중단하지 않고 전면 교체하는 경우는 상당이 두문 경우다. IT 강국의 힘만으로 될 사안은 아닌 것이다. 안전성과 신뢰성이 우선인 시스템의 절체는 장애가 발생 할 경우 많은 시민의 고통과 시스템 관리자에게 어려움을 줄 것이다.

현재 국내, 외의 도시철도에는 수명이 도래한 시스템의 교체는 너무도 많다. 그러나 그 시스템의 교체를 위해서는 시스템적인 대응만이 성공으로의 지름길이라고 본다. 빈틈없는 시나리오의 구성과 반복적인 테스트를 발판으로 성공적인 구형시스템에서 신형 시스템으로 시스템 절체를 이루어야 할 것이다.

향후에는 비용적인 측면과 운용적인 측면에 대한 방안을 연구하여 시스템 교체 시 최적의 방안이 될 수 있는 방안에 대하여 연구하고자 한다.

[참고문헌]

1. 서울메트로 [사령관련규정] 2001.3
2. 지하철 2,3,4호선 건설지 1984, 1987.5
3. 서울지하철 2호선 신호설비 개량공사 기본 설계 보고서 2000.3