

자율분산시스템 온라인 속성 테스트 방법에 관한 연구

A Study on the online property test of Autonomous Decentralized System

김영훈* 홍순흠*
Kim, Young-Hoon Hong, Soon-Heum

ABSTRACT

The Autonomous Decentralized System concept has been proposed to attain on-line maintainability, on-line expansibility and fault tolerance of not only the hardware but also the software system. Widely distributed systems are constructed step-by-step over a long time. These systems must permit online testing. On-line testing verifies newly added application software by receiving the real data in the real environment without disrupting the operating subsystems.

In this paper, we have analyzed the method suggested by Katsumi Kawano and Eiji Nishijima. Through this analysis, we have constructed the online property test procedure and method in Autonomous Station Control System which our institute is now developing.

1. 서론

열차운행제어시스템과 같은 대규모 지역을 포함하며 실시간으로 운영되는 온라인 시스템은 일괄구축 방법보다는 역 시스템을 우선 구축하고 그 범위를 역에서 인접한 역으로 확장하고 노선단위에서 전체적 범위로 단계적인 구축 확장하는 방법이 효율적이다. 왜냐하면, 이러한 단계적 구축방법은 일괄구축에 투입되는 비용보다 더욱 경제적이뿐만 아니라 수시로 변경되는 사용자 및 시스템의 요구사항도 지속적으로 반영하여 구축할 수 있는 장점을 가지고 있기 때문이다.

이러한 단계적 구축을 위해서는 온라인 시스템이 운영 중에 중지 없이 기능과 시스템을 증설하는 온라인 확장 기능과 시스템의 결함을 검지하고 복구한 후 실시간 운영 상태로 유지보수 할 수 있는 온라인 유지보수 기능을 가지는 조건을 만족하여야 한다. Katsumi Kawano는 시스템 운영의 정지 없이 온라인 검사 기법을 자율분산 개념에 기초하여 제안하였고, Eiji Nishijima는 약 3800개 W/S 및 PC 그리고 200 개의 I/O 컨트롤러 장치를 FDDI와 이더넷 네트워크를 사용하여 약150km구간을 포함하는 실 시스템에서 실험하였다.

본 논문에서는 Katsumi Kawano와 Eiji Nishijima가 제안한 온라인 속성 테스트 절차의 조사 분석을 통하여 현재 본 연구원과 경봉기술(주)에서 공동 개발 중인 자율분산 역 제어시스템(ASCS; Autonomous Station Control System)에 적용할 수 있도록 온라인 속성 테스트 항목을 선정하였다.

2. 자율분산시스템 아키텍처 및 온라인 속성 개념

2.1 자율분산시스템 아키텍처

2.1.1 데이터필드 아키텍처

자율분산시스템의 관점은 서브시스템을 통합한 것이 시스템이며 서브시스템의 이상은 정상으로 간주한다. 자율분산시스템의 개념 하에서는 각각의 서브시스템은 자율제어성과 자율협조성을 가지고 이러한 서브시스템이 통합되어 전체시스템으로 구성된다. 이를 위해 모든 서브시스템은 정보 입출력 구조의 균질성, 기능적인 평등성, 정보의 국소성 조건을 갖추도록 한다. 이러한 조건을 합친 시스템 아키텍처를 데이터필드 아키텍처라 한다.

* 한국철도기술연구원, 정회원

서브시스템의 자율성을 확보하기 위해서 타 서브시스템을 관장하는 마스터 시스템은 존재하지 않는다. 그래서 데이터를 일괄 관리하는 서브시스템을 설치하지 않고 데이터가 흐르고 있는 것으로 보고 서브시스템이 자율적으로 데이터를 선택하여 이용하고 처리될 수 있도록 한 것이 데이터필드 아키텍처이다(그림 1참조).

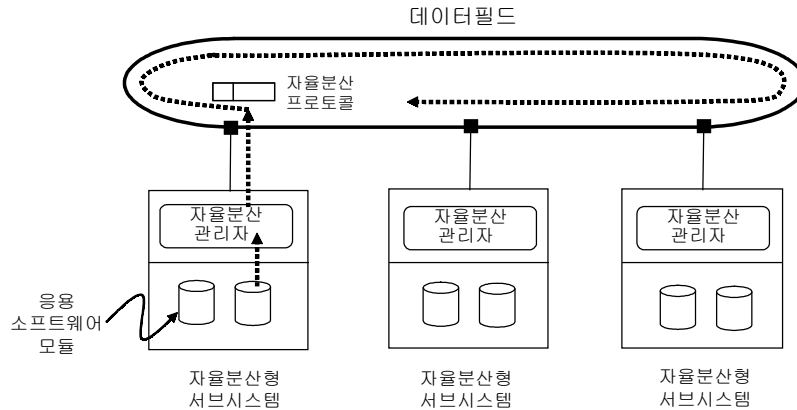


그림 1. 자율분산형 서브시스템과 데이터필드의 구성도

2.1.2 자율분산형 서브시스템의 구조

위의 그림 1에서와 같이 자율분산형 서브시스템의 구조는 크게 자율분산관리자(ADM; Autonomous Decentralized Manager)와 응용소프트웨어 모듈로 분리되어 구성된다. 자율분산형 서브시스템은 자율성을 갖기 위해 스스로를 제어할 수 있으며 타 서브시스템과 협조할 수 있다. 이러한 자율성과 협조성의 역할은 자율분산관리자에서 수행되며 주요 기능은 송수신 기능과 각 서브시스템에서 선택수신을 할 수 있도록 내용코드(CC; Content Code) 등록기능이 있다. 내용코드는 자율분산 프로토콜에 부가되어 데이터 필드로 전송된다. 또 다른 기능은 내용코드를 참조하여 자율적으로 선택 수신한 데이터를 자율분산형 서브시스템내의 응용소프트웨어 모듈로 전송하여 자동적으로 응용 소프트웨어 모듈을 구동하고 종료할 수 있다.

자율분산형 서브시스템은 타 서브시스템의 영향을 받지 않고 자율성을 가지고 있기 때문에 자체적으로 서브시스템의 진단할 수 있는 테스트 관리 기능을 가지고 있다.

2.2 자율분산시스템 온라인 속성

2.2.1 결함허용(Fault Tolerance)

자율분산시스템에서의 서브시스템은 자율적으로 장애를 검지, 진단, 회복하는 기술이 있어야 한다. 일반적인 시스템에서의 결함허용기술은 시스템 단위의 중복화에 의해서 결함허용성을 실현하고 있으나 자율분산시스템에서는 소프트웨어 모듈단위마다의 중복화를 실현하고 있다.

2.2.2 온라인 확장(Online-Expansion)

온라인 확장은 실시간으로 운영 중인 서브시스템의 운영중지 없이 기능이나 서브시스템을 확장하는 기술이다. 기능의 확장은 서브시스템내의 응용 소프트웨어 모듈의 수정이나 신규추가와 같은 확장을 의미하며 시스템 레벨의 확장은 데이터필드를 통합하여 하나로 확장하는 것과 게이트웨이를 통한 결함방식이 있다.

2.2.3 온라인 유지보수(Online-maintenance)

온라인 유지보수는 장애의 진단 이후 테스트를 하여 확인을 한 후 실제 가동으로 들어가기 위한 일련을 작업 방법이다. 이 기술은 서브시스템의 온라인모드와 테스트 모드로 온라인 데이터와 테스트 데이터를 통해 검사하는 방법을 취한다.

3. 온라인 속성 테스트 절차 및 방법

3.1 온라인 속성 테스트 도구

새로운 기계나 응용소프트웨어 모듈이 이미 운영 중인 시스템에 확장되어진 이후에 기계나 응용소프트웨어 모듈에 대한 온라인 테스트가 시스템 처리의 정확성 검사를 위해서 반드시 수행되어야 한다. 온라인 검사는 온라인으로 운영 중인 시스템을 방해하지 않아야 한다. 이러한 조건을 만족하기 위해 온라인 검사 기법은 다음 두 가지 테스트 도구를 사용할 수 있다. 하나는 구축테스터로 서브시스템내의 자율분산관리자내에 그 기능을 갖는다. 또 다른 하나는 외부테스터로 서브시스템간의 테스트 항목을 검사하기 위해 하나의 서브시스템으로 구축된다.

3.3.1 구축테스터(BIT; Built-in Tester)

각각의 자율분산관리자내의 구축테스터는 응용 소프트웨어를 테스트 모드로 변경과 테스트 데이터를 생성할 수 있는 기능을 가지며 다른 응용 소프트웨어의 독립적인 테스트 결과를 검사한다. 데이터필드내에 순환하는 메시지들의 온라인 테스트 플래그(O/T flag)를 가진다. 구축테스터는 온라인 테스트 플래그를 테스트모드 응용소프트웨어에서 테스트 결과 데이터로 출력한다. 구축테스터는 수신된 데이터의 형태를 인식할 수 있고 플래그가 설정되어 있건 아니건 간에 애플리케이션 테스트 또는 온라인 모드 간의 경로를 흐른다. 구축테스터는 또한 테스트된 응용소프트웨어에서 연결된 I/O 장치들과 같은 장비로의 출력을 제지한다.

3.3.2 외부테스터(EXT; External Tester)

외부테스터는 그림2에서와 같이 데이터필드 내의 테스트 데이터와 테스트 결과 데이터를 모니터링 하고 모니터링 한 결과데이터를 저장한다. 응용소프트웨어(프로세스) 출력데이터인 테스트 결과 데이터를 가진 테스트 데이터의 대조에 의해서 외부테스터는 응용 소프트웨어(프로세스)내의 결함 발생을 검사할 수 있고 결함 검지를 브로드캐스팅 할 수 있다.

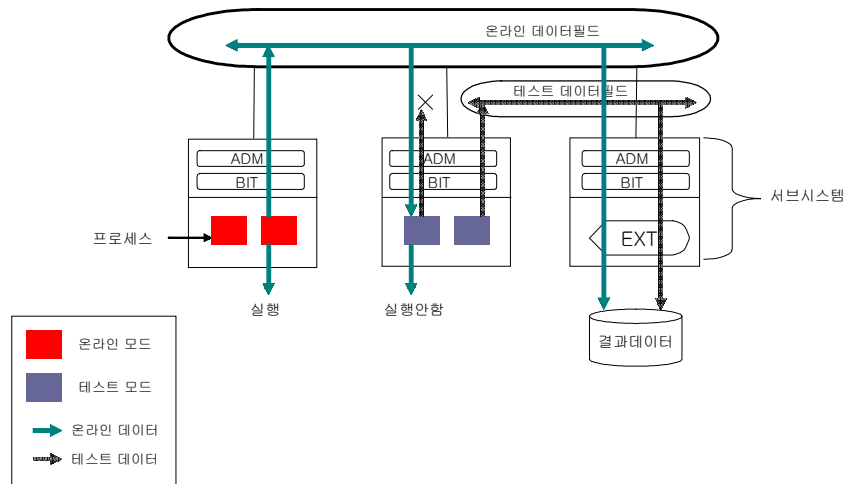


그림 2 온라인 속성 테스트 개념도 [그림출처; 참고문헌 4]

3.2 온라인 속성 테스트 방법

온라인 속성 테스트 방법에는 온라인 운영모드에 대한 오프라인 테스트와 온라인 테스트를 모두 포함 하며 이를 온라인 통합테스트라 한다. 본 논문에서는 기능설계의 검증 목적인 오프라인 테스트 절차에 대한 내용은 다루지 않고 응용소프트웨어 모듈의 온라인 테스트 방법만 언급한다.

온라인 테스트 방법은 그림 3에서와 같이 응용소프트웨어(AP) 모듈의 온라인모드 및 테스트 모드로 설정하며 데이터의 형태도 온라인 데이터와 테스트 데이터로 구분한다. 그림2에서 온라인 데이터필드를 통해 받은 온라인 데이터는 온라인 모드에서 실행한다. 테스트 모드인 응용소프트웨어는 온라인 데이터

필드에서 데이터를 수신하지만 응용 소프트웨어에서 실행하지는 않는다.

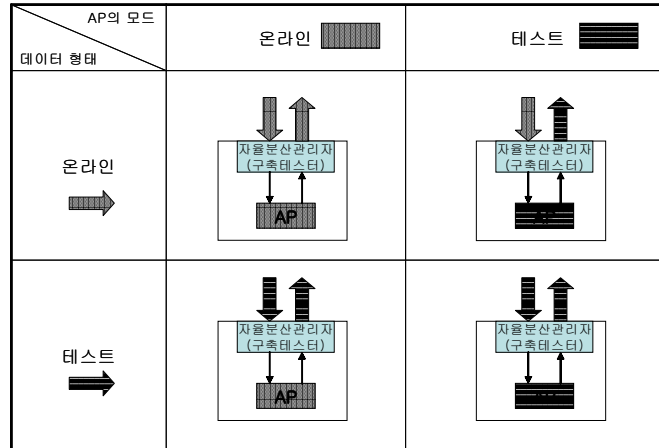


그림 3 테스트모드에 따른 입출력 관계
[그림출처; 참고문헌 4]

4. 시스템 개발 적용 방법

서론에서 언급한 바와 같이 현재 개발 중인 자율분산 역 제어시스템(ASCS)의 구성도는 아래 그림 4와 같다. 현재 자율분산 역 제어시스템 중 3개의 핵심서브시스템을 실시간 열차위치추적 서브시스템, 경로 제어 서브시스템, 열차모니터링 서브시스템에 대한 상세설계가 완료되었으며 개발과 테스트가 진행 중이다.

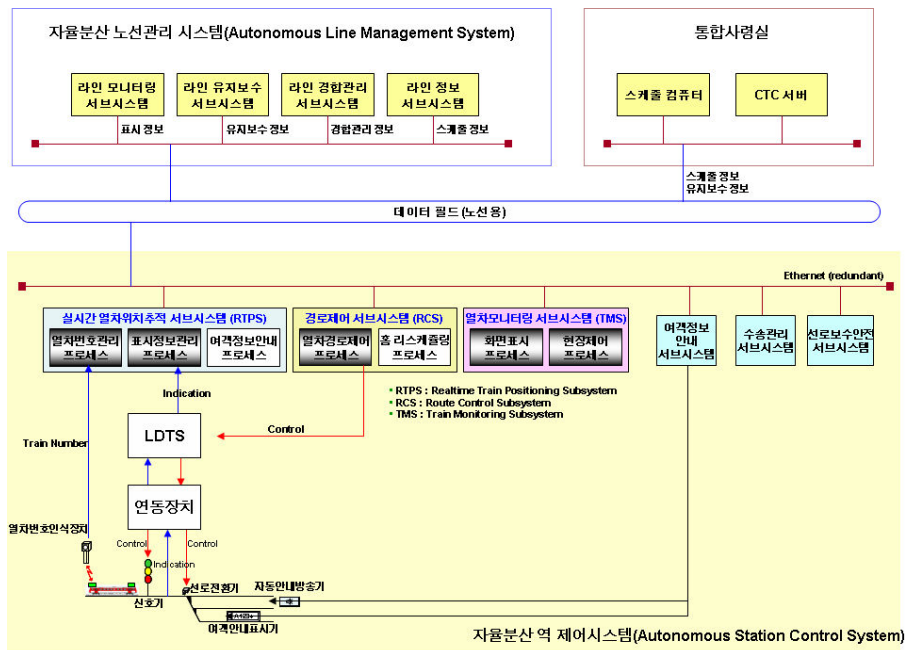


그림 4 자율분산열차운행제어 시스템 구성도

4.1 테스트 요구사항

개발된 핵심 서브시스템의 온라인 속성 테스트를 위해서 자율분산관리자에 테스트관리 기능과 정합화 관리기능이 필요하다. 테스트 관리기능은 온라인 테스트 모드 설정기능을 통해 단계적 구축을 지원하여야 하며 서브시스템의 기능 테스트를 위해 테스트 메시지 송신 기능이 있어야 한다. 또한 각 서브시스템 간의 통신 링크 확인을 위해 테스트 모드인 프로세스는 실제 환경에서 수행되고 다른 프로세스간의 통신 링크를 확인하여야 한다. 테스트 모드인 프로세스는 서브시스템에 연결된 실제 장비인 역데이터 전송

장치(LDTS; Local Data transmission system)와의 실시간 제어를 위한 실제 데이터 수신 처리에 관한 출력데이터를 송신하여야 한다.

4.2 온라인 테스트 시험 절차

지금까지 조사된 온라인 속성 테스트 방법을 현재 개발 중인 자율분산 역 제어시스템에 적용하여 테스트를 하기 위해서 아래 표1과 같은 테스트 항목을 도출하였다. 이러한 테스트 항목에 따라 관련 서브시스템간의 온라인 테스트는 그림 3에서와 같이 온라인/테스트 모드와 온라인/테스트 데이터를 활용하여 실험할 수 있다.

테스트 항목	테스트 기능내용	작동조건 (온라인/테스트 데이터)	관련 서브시스템 (온라인/테스트 모드)
수동설정 입력	수동설정모드에서 운영자가 단말에서 수동설정을 입력	역 단말에서 수동 설정 입력	열차모니터링 서브시스템
제어출력	LDTS로의 제어출력	경로제어 프로세스에서의 자동경로제어 입력과 현장 제어프로세스에서의 수동경로제어 입력 테스트	경로제어 서브시스템 열차모니터링 서브시스템
제어정보입력	타 서브시스템과의 인터페이스	수송관리 또는 선로보수안전 서브시스템에서의 제어 정보 입력	경로제어 서브시스템 수송관리 서브시스템 선로보수안전 서브시스템
역단독모드	역 단독모드일 때의 스케줄 입력	현장제어 프로세스에서의 스케줄입력 및 홈 리스케줄링 프로세스에서의 운전정리	경로제어 서브시스템 열차모니터링 서브시스템
인접역정보입력	인접 역 연동모드일 때 인접역에서의 출발 제어 타이밍	표시정보관리 프로세스에서의 제어상태 출력에 의해서 작동	실시간 열차위치추적 서브시스템 경로제어 서브시스템
중앙연동모드	센터의 라인정보 서브시스템의 스케줄 수신 및 라인 경합관리 서브시스템에서의 운전정리 수신	라인경합관리에서의 변경 스케줄에 의한 작동	라인유지보수 서브시스템 라인정보 서브시스템 실시간 열차위치추적 서브시스템 경로제어 서브시스템 열차모니터링 서브시스템
열차추적	열차의 운행정보로 열차를 추적하는 기능	역단독 및 인접역 모드에서의 열차위치 데이터에 의한 작동	실시간 열차위치추적 서브시스템 경로제어 서브시스템
진로제어	스케줄과 열차추적 상태에서 진로제어를 출력	타 서브시스템과 역 스케줄에 의한 정보로 작동	수송관리 서브시스템 경로제어 서브시스템
제어상태출력	제어결과를 인접역, 센터시스템에 전하는 기능으로 인접역에 대한 제어 트리거 정보 및 센터에 대한 운행 상태 표시 등을 위한 브로드캐스트 출력	열차경로제어 프로세스에서의 진로제어 출력에 의해 작동	라인유지보수 서브시스템 라인정보 서브시스템 실시간 열차위치추적 서브시스템 경로제어 서브시스템 열차모니터링 서브시스템

5. 결론

본 논문은 대형역에서 경로제어 효율화의 목적으로 자율분산 개념을 도입하여 개발 중인 자율분산 역 제어시스템처럼 실시간으로 운영되는 온라인 시스템의 테스트 적용방법에 대해서 그 내용을 살펴보고

실시간 테스트 요구사항 및 철도 운행제어 시스템에 적용할 수 있는 온라인 테스트 항목을 도출하였다. 현재 구축 테스트의 역할을 수행할 수 있도록 자율분산관리자 내에 온라인 속성 검사 기능의 설계를 완료한 상태이며 열차집중제어 장치 에뮬레이터와 현장상태를 모사할 수 있는 역 에뮬레이터를 통해 시뮬레이션을 하였다. 그러나 시뮬레이션 상태에서의 온라인 테스트는 실제 현장에서의 온라인 테스트에서 확인할 수 없는 외적 에러 요인을 충분히 반영할 수 없기 때문에 실제 현장에서의 테스트를 수행하여야 한다. 이를 위해 향후 외부테스터의 세부 개발을 추진할 계획이며 현장에서의 개발된 자율분산 역 제어 시스템의 각각의 서브시스템들 온라인으로 실험할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

1. 김영훈, 홍순흠, 정태운, 안진, 김유호, 박성규, "자율분산형 열차운행제어체계에 관한 연구", 철도학회 춘계학술대회, 2004
2. 홍순흠, 김영훈, 박범환, "대형·고밀도운행 철도역 자동운행제어시스템을 위한 시뮬레이터 개발", 대한전기학회 하계학술대회, 2005
3. 건설교통부, "대형·고밀도운행 철도역 자동운행제어시스템 개발", 2005
4. Eiji Nishijima, Hiroshi Yamamoto, Katsumi Kawano, "On-line Testing for Application Software of Widely Distributed System", IEEE, 1996
5. Katsumi Kawano, Masayuki Orimo, Kinji Mori, "Autonomous Decentralized System Test Technique", IEEE, 1989