

소형궤도열차 시스템 설계

정락교*, 김연수**, 조봉관***
한국철도기술연구원

System Design of Personal Rapid Transit

Rag-Gyo, Jeong*, Yeon-Soo, Kim**, Bong-Koan, Cho***
Korea Railroad Research Institute

Abstract - 본 논문에서는 교통 분야의 새로운 미래 성장동력분야 창출로 Global Standard도출하여 세계시장 선점 및 진출하자는 거대한 목표에 따라 IT기반의 네트워크 운행제어 시스템을 바탕으로 차량, 전력, 분기, 선로 구축물 등의 하부시스템의 각종방식을 비교 및 검토하여 열차 시스템에 부합되게 선정하는 시스템설계를 수행하였다. 본 소형궤도열차시스템은 전 세계적으로 영업운행 중인 노선이 없고, 운영 및 설계개념, 시스템 구성 등도 나라마다 상이하여 시스템의 개념정립을 통한 개발목표 사양(안)을 결정하는데 크게 참고가 될 만한 해외시스템이 많지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 이와 같이 제한된 참고자료와 경량전철시스템 기술개발사업에서 축적된 시스템엔지니어링 기술을 활용하여 첨단성, 친환경성, 경제성을 갖춘 소형궤도열차 시스템의 설계를 수행하였고 시스템을 구성하는 하부시스템을 정의하였다.

1. 서 론

소형궤도 열차시스템의 요구사항(운영/공급/환경/기능)으로부터 첫 번째로 하부시스템인 차량분야의 시스템 구성과 주요방식, 용량을 중심으로 주행방식, 분기방식, 차체 재질 및 제작방식, 제동방식, 노선티싱(최급구배, 최소곡선반경), 차량 성능사양(최고속도, 가속도, 감속도) 등으로 구성하여 정의하였다. 본 보고서에서 정의된 시스템은 차량 기본설계, 상세설계, 타 분야와의 인터페이스, 종합성능분석 등을 수행하면서 결정, 변경, 추가, 삭제 등 관리될 것이다. 두 번째로 전력 공급시스템은 시간서비스 향상, 시설비용 축소라는 대의명분(요구사항)과 신기술 개발이라는 토대로부터 전원공급 전압, 부하산정, 절지, 성능, 위험요소관리 측면에서 시스템을 검토하여 유도급전시스템을 도출하였다. 유도급전을 구성하는 하부시스템을 AC/DC 컨버터, 공진형 인버터, 유도급전 도체/집전장치, 차량AC/DC 컨버터, 배터리&울트라 컵 시스템, 구동시스템으로 정의하였다. 세 번째로 네트워크 운행제어분야는 기능요구사항으로부터 하부시스템의 기능/운영에 대한 시스템개념을 정의하였고 시스템 운영 시나리오를 작성하였다. 네 번째로 선로구축물 요구사항으로부터는 차량분야의 특성 및 인터페이스 요소부분의 정의와 선로선형과 하중특성에 따른 구조물설계 부분으로 대별하여 시스템에 대한 정의와 설계를 수행하였다.

2. 시스템 설계 및 구성

2.1 차량시스템

시스템 선정 시에 고려하는 사항은 요구주체에 따라 달라진다. 즉 표1과 같이 차량이용자, 운영자, 노선주변의 지역사회, 정부 등 요구주체에 따라 강조하는 항목과 관점이 달라지며 차량시스템의 목표 사양 구성 항목을 보면 표 2와 같이 시스템을 정의할 수 있다.

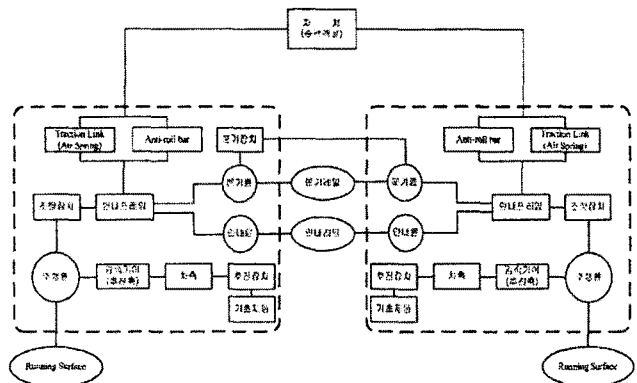
〈표1〉 차량시스템 선정시 고려사항

요구주체	검토항목	비 고
차량이용자	신속성, 대기시간, 차내 소음·진동, 전망도, 안전성, 정시성, 승하차 및 환승의 편의성, 접근성, 차내 혼잡율 등	
차량운영자	최대수송수요, 등판구배, 최소곡선반경, 차량단면, 건설비, 운영·유지비, 경제성 등	
지역사회	대기오염, 차외소음, 프라이버시 침해정도, 도시미관, 지역사회 분리도	
정부측면	에너지소비의 효율성, 사회적 투자효과(경제성), 기술이전 및 국산화 등	

〈표 2〉 차량시스템 개발목표사항

요구조건	주요 항목	비 고	
일반조건	선로조건	최급구배, 최소곡선반경, 캔트, 궤간, 축중, 승강장 높이, 차량한계, 건축한계	
	기후조건	적설량, 강우량, 온도 및 습도, 낙뇌, 대기오염, 태양열 부하	
	하중조건	승객1인당 하중조건, 최대 승객하중, 편성질량보상계수	
	운전조건	1일 평균 주행량 등	
	기타	환경조건, 전자기파 조건등	
기술조건	시스템 공통사항, 주요치수, 운전조건, 장치별 요구조건, RAMS 조건, 시험평가 조건, 유지보수 조건 등		

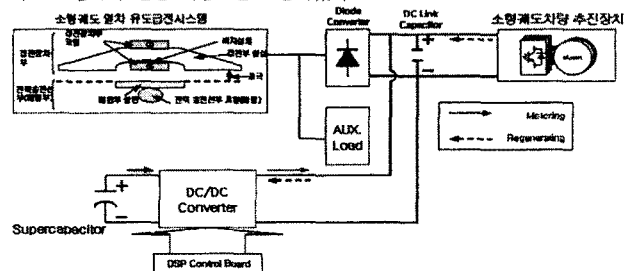
주행 장치부의 구성도(안) 회전형 wheel motor를 사용하는 것을 가정하여 안내장치, 조향장치, 분기장치 등과의 구성을 나타내었다.



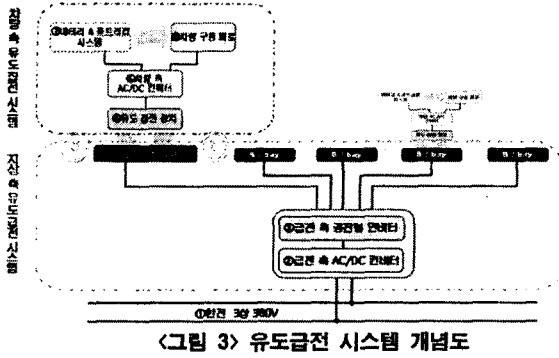
〈그림 1〉 차량시스템의 주행장치 구성도(안)

2.2 전력공급시스템

그림 2에 Ultra-cap을 이용한 유도급전시스템을 나타내었으며 이를 토대로 그림 3과 같은 개념도를 도출하였다.



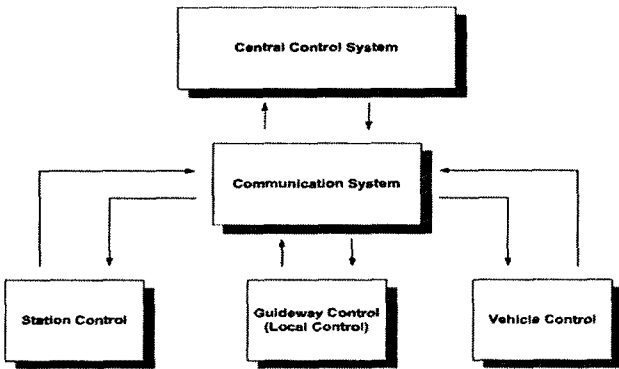
〈그림 2〉 Ultra-cap을 이용한 유도급전 시스템



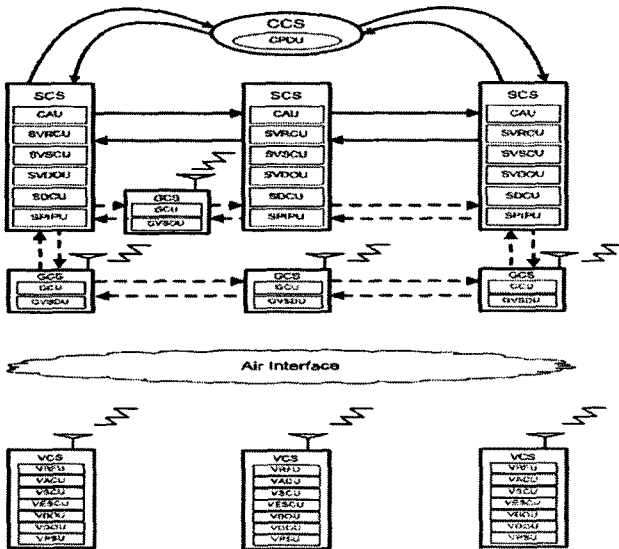
〈그림 3〉 유도급전 시스템 개념도

2.3 네트워크운행제어시스템

소형궤도 차량을 정상적인 상황이나 운영상의 장애나 위험상황이 발생했을 경우라도 원활히 제어 하기 위해서는 기본적으로 각각의 상황에 대응하기 위한 운영시나리오가 준비 되어있어야 하며, 운영시나리오의 구현을 위한 각 하부 시스템간의 오동작 없는 인터페이스가 보장되어야 한다. 또한 중앙제어 시스템으로부터 차량 제어시스템까지 제어 명령의 전달에 대한 보장성 확보는 필수적이라고 할 수 있다. 그림 4에서 보듯이 네 개의 서브시스템은 중앙제어 시스템(CCS: Central Control System), 역 제어 시스템(SCS: Station Control System), 선로 변 제어 시스템(GCS: Guideway Control System), 차량 제어 시스템(VCS: Vehicle Control System)으로 구성된다. 각 서브시스템 간의 원활한 인터페이스 및 중앙 제어 시스템에서 차량 제어 시스템으로 제어 명령의 전달을 위해서, 중앙 제어시스템, 역 제어 시스템, 선로 변 제어 시스템은 유선 통신 망에 의해서 연결되고, 선로 변 제어 시스템과 차량 제어 시스템은 무선 통신망으로 연결 된다.



〈그림 4〉 운영제어 구조



〈그림 5〉 운영제어시스템의 개념구성도

그림 5에서와 같이 운행제어시스템의 개념구성도는 집중제어개념으로 제시하였다. 집중제어방식은 안전거리확보를 기본제어개념으로 하고 있으며, 차량의 추진 및 제동 등과 같은 성능에 따라 확보해야 할 안전거리의 단축이 가능하도록 시스템을 정의하였으며 이의 기본조건은 표3과 같다.

〈표 3〉 집중제어개념의 설계조건

목 록	설계전제	비 고
차량수량	4 대	
역사수량	4 개소	-
선로변제어기 수량	8 개소	-
차량최대속도	60 Km/h (변경될 수 있음)	
차량과 무선인터페이스 대상	선로변제어기	-
운전시각	2.5초 이하 (변경될 수 있음)	
신뢰도목표	MTBF 100,000 Hour (단품 단위)	IEC62278 SIL4 기준
유지보수목표	2 Hour 이내 (고장인지 후 시스템 재가동 시 까지)	-
안전성목표	안전성확보	IEC62278에 따른 검증
동작온도 및 습도	-25℃ ~ 40℃(외기)	
동작진동	-	-
EMI조건	-	-

2.4 선로구축물

선로구축물은 인터페이스 요소를 도출하는 것과 선로 선형의 기본방향 및 주요고려사항측면에서 검토할 사항의 도출이 있으며 구조물 설계시 소음/진동 기준과 시공성 및 경제성측면에서 검토되어야 한다. 이와 더불어 소형궤도열차시스템의 구조물은 고가구조물로 상부구조물, 교각구조물과 기초구조물, 정거장 구조물은 승객의 승하차와 대기를 위한 공간 확보에 필요한 슬래브구조 및 지붕과 같은 추가적인 구조물로 구성된다. 여기서는 가이드웨이의 지지방식 및 개방여부에 따른 특성분석, 상하부구조물의 시스템 적합성과 경제성 및 시공성 검토, 정거장 구조형식, 유지관리 측면의 비교분석, 소형궤도열차시스템의 비용 등을 비교 분석하였다.

〈표 4〉 구조물에 미치는 시스템사양

구 분	공 통 사 양
궤도	- 일반적으로 고가구조물 선로로 구성됨 - 도로교통에 배타적인 교통 흐름 확보 - Unidirectional Network 선로로 구성됨 - 주 선로와 역사와 연결된 offline 선로로 구성됨 - 교차로 없이 선형 분기 및 합류가 이루어짐
역사	- 역사가 offline이기 때문에 출발지에 도착까지 non-stop으로 운행가능 - 별도의 역사 건물 또는 기존 건물에 통합된 역사 설치 가능 - 평균 역사 간격: 500m, 최소 역사 간격: 200m - 복수의 정차대를 가진 single platform으로 구성됨 - 무인 역사 운행 - Screen door에 의한 platform과 선로분리

3. 결 론

소형궤도 열차시스템의 요구사항(운영/공급/환경/기능)으로부터 하부시스템이 갖추어야 할 조건 및 시스템 구성을 제시하였고 시스템사양 및 시스템 개념설계를 수행하였다. 차년도에는 이를 바탕으로 기본설계 및 알고리즘을 정의할 것이다.

〈참 고 문 헌〉

[1] "소형궤도열차 시스템엔지니어링 기술개발", 1차년도 보고서 2006년도