

# 자동영상분석 기술을 이용한 자기부상철도 선로시설물 점검시스템 개발

## Development of Inspection System for Maglev Track Facilities Using Template Matching Method

서일\*†, 이경복\*, 장석균\*, 백진기\*\*

Il Seo\*†, Kyoung-Bok Lee\*, Seok-Kyun Jang\*, Jin-Gi Beak\*\*

**Abstract** Maglev of In-cheon Airport is on the verge of opening. However it gives us limit on working-hours and work-space while doing regular inspection using a visual check because track structure of In-cheon Airport has a elevated railway bridge for urban beautification on purpose, and there is no environment for the best maintenance of the newly light railway systems. This paper introduces an advanced inspection system using an vision device with Template Matching Method. The newly designed system that may provide a location tracing service and enable us to detect derailment and changes of facilities in real time beforehand, which makes a fast action possible has been proposed according to the develop direction of automatic track facility inspection's.

**Keywords :** Maglev, Track facilities, Vision System, Inspection System, Maintenance

**초 록** 도시형 자기부상열차 실용화 사업의 최종성과물인 인천자기부상열차가 개통을 눈앞에 두고 있다. 인천 자기부상열차 시범노선은 도시미관과 경제성을 고려한 슬림한 고가 구조물 형태로 건설되어 인력에 의한 점검에는 시간적, 공간적 제약이 많은 현실이며, 국내에서는 운용사례가 없는 새로운 경전철 시스템으로 체계적인 유지보수를 위한 여건도 마련되어 있지 않다. 본 논문에서는 자기부상철도의 유지관리 효율화 및 고도화를 위해 비전시스템을 활용하여 선로시설물의 주요 점검항목을 점검하고, 데이터를 자동으로 분석하여 이상개소를 검지하고 사용자에게 이상개소의 위치정보를 제공할 수 있는 ‘자기부상철도 선로시설물 자동화 점검시스템’을 소개한다.

**주요어 :** 자기부상철도, 선로시설물, 비전시스템, 점검시스템, 유지관리

## 1. 서 론

국토교통부 건설교통분야 연구개발사업으로 추진중인 도시형 자기부상열차 실용화사업의 최종성과물인 인천 자기부상열차가 개통을 눈앞에 두고 있다. 인천 자기부상열차는 도시미관을 고려한 슬림한 형태의 고가 구조로 건설되어 인력에 의한 점검에는 시간적, 공간적 제약이 많으며 국내에서는 운용사례가 없는 새로운 경전철 시스템으로 체계적인 유

† 교신저자: 대전도시철도공사 연구개발센터(westone1@nate.com)

\* 대전광역시도시철도공사 연구개발센터

\*\* 도시형 자기부상열차 실용화 사업단

지보수를 위한 여건도 마련되어 있지 않다. 자기부상철도의 유지관리 효율화 및 고도화를 위해 템플릿 매칭 기법을 활용한 비전시스템을 이용하여 영상 데이터를 자동으로 분석하고, 이상개소를 검지하여 이상개소의 위치정보를 사용자에게 제공할 수 있는 자기부상철도 선로시설물 점검시스템에 대해 소개하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 자기부상철도의 선로시설물

#### 2.1.1 자기부상철도 선로특성

인천 자기부상열차의 선로는 교량구조물의 슬림화로 인해 경관의 우수성을 확보하였으나 정거장과 분기기구간 등 대단면 구간을 제외하면 본선 대부분의 구간이 비상대피로 외에는 인력점검을 위한 별도의 점검로는 확보되어 있지 않은 상황이다.

#### 2.1.2 궤도시설물

자기부상열차의 부상공극을 안정적으로 유지하기 위해서는 부상레일 내·외측폴 하부의 Magnet 대응면이 열차 하부의 전자석과 평면을 이루어야 하며 내측폴과 외측폴 사이의 Gap Sensor 대응면의 평면 유지가 중요한 요소이다. 따라서 부상레일과 침목 체결구의 점검 및 관리는 궤도에서 주요 점검사항 중 하나이다.

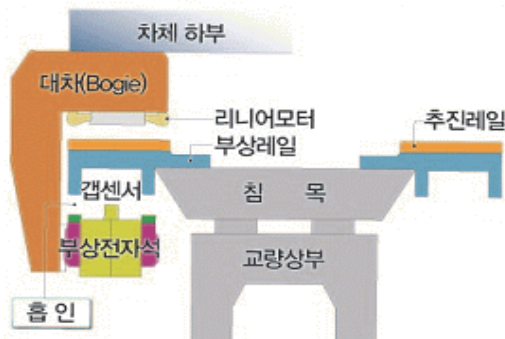


Fig. 1 Maglev Vehicle and Track way

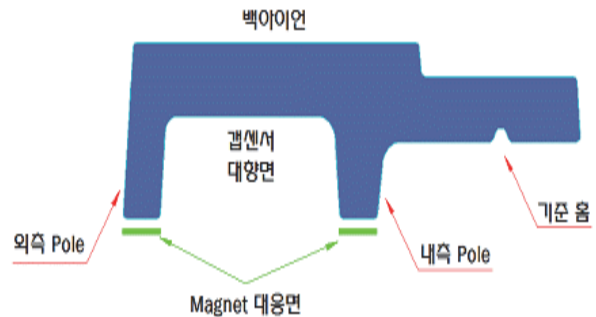


Fig. 2 Section of Rail

#### 2.1.3 전기시설물

추진레일면에서 767mm 하부 거더에 고정된 급전레일은 비접촉 방식의 자기부상열차가 운행 중 유일하게 물리적인 접촉을 하는 부분으로 전력공급의 안정성 확보를 위해서는 전차선 및 지지금구 등에 대한 점검과 유지관리가 필요하다.

#### 2.1.4 신호시설물

궤도와 비접촉 방식으로 운행되는 자기부상열차의 특성에 따라 열차검지 및 속도코드 전송을 위한 ATP/TD 루프와 속도신호검출을 위한 VEL 루프가 포설되어 차상·지상간의 Vital

신호전송은 이 두개의 루프를 통해 이루어지므로 궤도 중앙에 위치한 루프케이블 보호관의 파손이나 탈락 등에 대한 점검이 필요하다.

## 2.2 점검항목의 선정 및 적용

인천 자기부상열차는 선로 특성상 일반 도시철도에서 시행하는 일상점검이 시행되기 힘든 여건을 감안하여 일상점검을 대체할 수 있도록 점검항목을 선정하였고, 분야별로 자동분석이 가능한 항목은 템플릿매칭(Template Matching)기법을 통해 분석을 자동화하여 사용자에게 결함개소 또는 이상개소를 알려줄 수 있도록 구현하였다. 또한 자동분석 항목 외에 나머지 항목은 사용자에게 의해 분석이 가능하도록 구성하였다.

**Table 1** Inspection Items of Track Facilities

분야	관련시설물	선로시설물 점검항목 검토		점검시스템 적용방법	비고
		점검항목	기존점검방법		
궤도	레일	레일 재료상태 점검(파손, 변형)	육안점검	사용자점검	
		부상레일 체결구 점검	육안점검	영상획득/템플릿매칭	
	침목	침목 재료상태 점검(파손, 균열)	육안점검	사용자점검	
		침목체결구 점검	육안점검	영상획득/템플릿매칭	
	레일이음매	레일이음매 체결구상태점검	육안점검	사용자점검	
전기	전차선 지지철물	파손 및 체결상태 점검	육안점검	사용자점검	
	절연애자	균열 및 손상여부 점검	육안점검	사용자점검	
	Power rail(전차선)	전차선 편위량 점검	편위측정기 점검	영상획득/템플릿매칭	
	신축흡수장치	유간상태 및 체결상태	육안점검	사용자점검	
신호	패턴벨트	파손 및 이탈상태 점검	육안점검	사용자점검	
	지상자설비	파손 및 장착상태 점검	육안점검	사용자점검	

## 2.3 자기부상철도 선로시설물 점검시스템

### 2.3.1 점검시스템의 구성

자기부상철도 선로시설물 자동화 점검시스템은 유지보수용 모터카와 연계하여 구동이 자동하도록 별도의 트레일러 차량을 제작하고, 점검용 설비와 위치검지를 위한 센서는 트레일러 하부에 장착되며 기타 데이터처리를 위한 서버 및 전원 공급을 위한 설비들을 트레일러 내부에 위치시켰다. 영상저장 서버에 저장된 점검데이터는 HDD Rack을 통하여 영상분석시스템으로 옮긴 후에 자동분석 및 사용자분석이 가능하다. 전원공급은 영상의 플리커현상 방지를 위하여 인버터발전기를 사용하였으며 저소음 모델을 채택하여 야간 점검시 민원의 소지가 없도록 하였다.

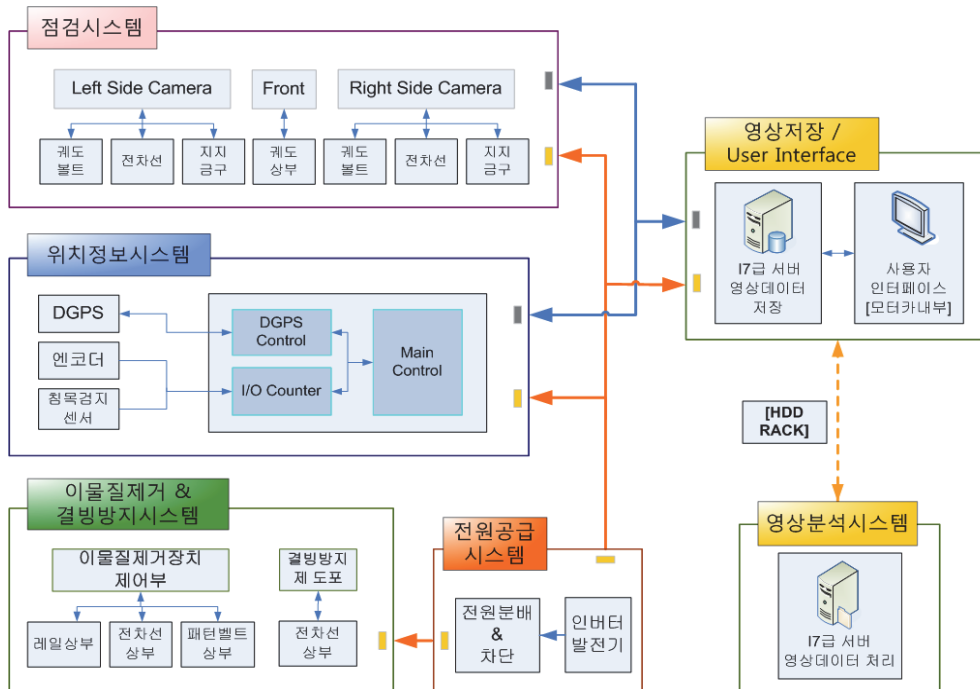


Fig. 3 Block Diagram of Inspection System

### 2.3.2 점검시스템의 영상 자동분석 및 데이터 처리 기법

선로시설물 점검시스템에는 적용된 Template Matching 기법은 패턴인식에서 가장 오래되고 쉬운 접근법으로 비교 대상 패턴에 대한 템플릿(형틀)을 미리 마련해 두고 인식하고자 하는 패턴을 템플릿으로 구성하여 조건에 맞추는 정규화 과정을 거쳐서 상호상관 혹은 거리와 같은 유사도를 척도로 패턴을 인식하는 방법이다. 다음과 같은 일련의 과정을 통해 데이터를 추출, 가공, 분석하는 자동 분석 프로세싱을 구성하였다.

(1) 계층적 검출법 사용(Hierarchical Matching)

- 1개의 하부 볼트(침목고정)와 4개의 상부 볼트(레일고정)는 공통적으로 출현
- 하부 볼트는 너트의 풀림 현상 외에는 없다고 가정
- 하부 볼트를 먼저 검출한 후 검출이 성공하면 상부 볼트 검출

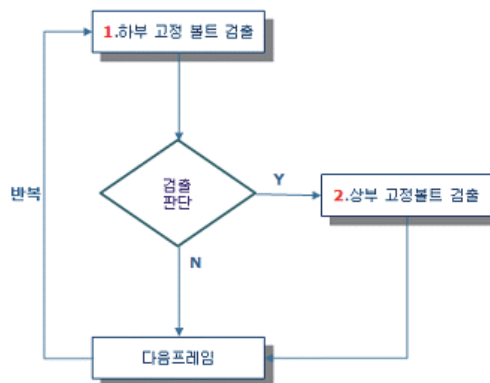


Fig. 4 Hierarchical Matching

(2) 선택적 ROI 사용(Selective Region of Interest)

- Template Matching의 검색 범위를 이미지 전체가 아닌 타겟이 검출될 만한 부분을 선택하여 검색함으로써 검색시간 단축
- 검출된 하부볼트의 위치에 연동하여 상부볼트의 ROI 결정

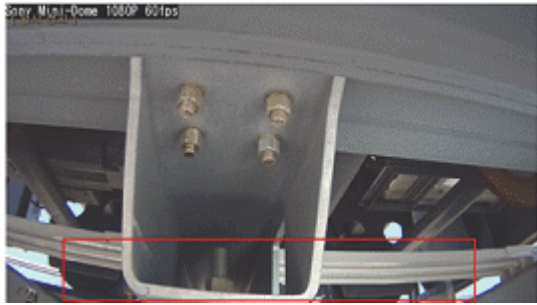


Fig. 5 ROI - Lower Bolts

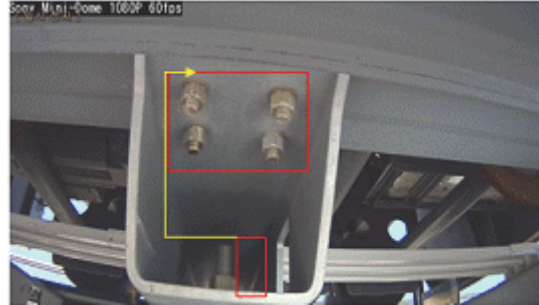


Fig. 6 ROI - Upper Bolts

(3) 관계형 데이터베이스 기법을 이용한 DB구축 및 분석

- 관계형 데이터베이스를 통해 합리적인 테이블 모델링화를 통한 데이터 중복 회피 및 이상(ANOMALY)현상 제거
- 메타데이터를 총괄 관리하여 데이터의 속성 또는 표현방법 등을 체계화하여 데이터 표준화를 통한 데이터 품질 확보 및 데이터의 무결성(신뢰성)을 확보

2.3.3 위치정보 검측

Table 2 Location Data for Inspection System

명칭	내용	데이터	명칭	내용	데이터
Line	상선, 하선 구분	'1' - 상선, '2' - 하선	Latitude	GPS 좌표 - 위도	'3735.0079' - 37도 35.0079
Direction	진행방향	'A' - 인천공항 방향 'B' - 차량기지 방향 'C' - 인입선	Longitude	GPS 좌표 - 경도	'12701.6446' - 127도 1.6446
Speed	속도	'12.3' - 12.3km/h	Pier NO	교각번호	' P98' - 98번 교각
Tie NO	침목번호	'0987' - 987번째 침목	Pier Distance	교각에서의 거리	기준점부터 거리와 동일하게 표시
Distance	기준점부터 거리(mm)	'0234567' - 0km234m567mm	Ground Unit	지상자 번호	'P1', 'P2', 'P3'
Joint	이음매 여부	'0' - 이음매 없음. '1' - 이음매 있음.	Ground unit distance	지상자부터 의 거리	기준점부터 거리와 동일하게 표시

위치정보의 검측은 트레일러 운속에 설치된 Encoder와 침묵검지 센서를 사용하여 기준점 대비 이동속도와 거리를 산출하고, DGPS를 이용하여 기준위치 도출과 위치보정 기능을 수행한다. 또한 선로정보(정거장, 교각 등)의 DB를 구축하여 위치정보와 연동을 통해 신뢰성을 확보하였고, 영상처리 시스템과 인터페이스 통신방식은 RS-485를 이용한다.

## 2.4 점검시스템의 현장시험

점검시스템은 통상적으로 영업열차의 운행이 끝난 야간에 운행되는 점을 감안하여 야간에 운용하도록 설계되었으며 현장시험 역시 동일한 조건을 유지하기 위해 자기부상열차 차량기지 및 본선에서 야간에 시행하였다. 점검영상의 분석 결과 제시된 운행조건을 충족시키며 볼트 풀림 등에 대한 자동 분석이 가능하였고, 위치정보는 평균  $\pm 1.5m$ 의 오차를 가지는 것으로 조사되었으나 현장튜닝을 통해 정확도를 더욱 향상 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

**Table 3** Requisites for Operation

구 분	목 표 값
주행속도	30km/h 이상
점검능력	25km/h 이상
데이터 분석 / 저장	1회 연장 30Km 이상

## 3. 결 론

본 논문에서는 비전시스템을 활용하여 자기부상철도 선로시설물의 상태를 점검하고 자동분석이 가능한 점검시스템의 개발에 대하여 소개하였다. 점검시스템은 운용사례가 없는 자기부상철도의 점검방식을 고도화시키는데 기여하고, 이를 바탕으로 자기부상열차의 안전성 및 신뢰성 향상을 도모할 것으로 기대된다. 향후 자기부상열차의 궤도, 신호, 전기 분야에 대한 점검을 동시에 할 수 있는 종합검측시스템에 대한 연구가 필요할 것이다.

## 후 기

본 논문은 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.  
(과제번호 : 13RTRP-A069839-01)

## 참고문헌

- [1] il. Seo, K.B. Lee, S.K. Jang, J.G. Beak, (2013) A Study on the development of Inspection System for Maglev Track facilities, *2013 Spring Conference of the Korean Society for Railway*
- [2] H.I. Kang, J.K. Hwang, H.S. Lee, K.B. Lee, D.S. Park, (2013) Location Detection System for track Inspection of Maglev, *2013 Autumn Conference of the Korean Institute for Electrical Engineers*
- [3] Y.W. Cho, H.S. Yun, H.J. Park, (2011) Development of on-board ATC system for Maglev Vehicle, *2011 Autumn Conference of the Korean Society for Railway*