11PRT
D-C058
758-01
-000000

분기기 관리운영시스템 개발 기획연구

2011

한국건설교통기술평가원
국토해양부

기획보고서

R&D / 11PRTD-C058758-01-000000

분기기 관리운영시스템 개발 기획연구

2011 .12. .

주관연구기관 / 서울과학기술대학교 산학협력단

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 "분기기 관리운영시스템 개발 기획연구"과제의 최종보고서로 제출합니다.

2011 . 12 .

주관연구기관명 : 서울과학기술대학교
산학협력단

연구단장 : 이종우

연 구 원 : 김성대
" : 김두겸
" : 박동민
" : 장광우
" : 김성운
" : 강범석
" : 이재혁

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>11PRTD-C058758-01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2011.08.03.
~
2011.12.02</td><td>단 계 구 분</td><td>2011.08.03.
~
2011.12.02</td></tr>
<tr><td colspan="2">연 구 사 업 명</td><td colspan="4">미래철도개발사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">분기기 관리 운영 시스템 개발 기획연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">이 종 우</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 8 명
내부 : 1 명
외부 : 7 명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부: 70,000천원
기업: 천원
계 : 70,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 8 명
내부 : 1 명
외부 : 7 명</td><td>총연구비</td><td>정부: 70,000천원
기업: 천원
계 : 70,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">서울과학기술대학교
철도전문대학원
철도전기신호공학과</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 연구책임자 : 이 종 우
서울과학기술대학교 산학협력단</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
</table>

○ 분기기 시스템은 철도시스템에서 필수 시스템의 하나이고, 가장 취약한 시스템 중의 하나이며, 분기기 시스템에서 발생되는 장애와 사고는 철도운용에 에 막대한 영향을 미침.

○ 분기기와 선로전환기 시스템 상태 검측을 하기 위해서 분기기와 선로전환기 시스템의 기능분석을 수행하였으며, 도출된 기능에 분기기와 선로전환기 서브시스템을 할당하여 고장모드를 규명하였음.

○ 분기기 시스템의 고장모드를 규명하기 위해서 관련된 다음과 같은 물리량을 도출하

였음.

- ◆ 밀착간격
- ◆ 전환력
- ◆ 선로전환기 동정
- ◆ 플랜지통로 폭

○ 분기기 관리운영시스템을 개발하기 위해서는 SE에 decision making 모듈을 집중적으로 개발할 필요가 있음

○ 측정된 물리량을 근거로 하여 정상적인 상태와 비정상적인 상태를 판별하기 위해서 decision making 모듈이 필요함

○ 분기기 관리 시스템에서 센서와 센서 conditioning system의 신뢰성을 확보하는 것이 중요함.

○ 도출된 물리량을 검측하기 위해서 센서와 센서 conditioning system, 현장장치 망구성 등이 구성방법을 도출하였음

○ 수집된 데이터의 저장, 분석 및 현시를 위해 DB 관리 S/W, MMI S/W가 필요함.

○ 분기기 관리 운용시스템은 4식(토공구간과 교량구간, 전기식 선로전환기 설치 분기기와 유압식 선로전환기)을 설치하여 특성을 파악하는 것이 필요함

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	분기기, 선로전환기, 검측, SCADA, Data 통신, RTU, 데이터 관리
	영 어	Turnout, Point machine, diagnosis, SCADA, network, Data Management, RTU

목 차

보고서 요약서 ····· i

목차 ····· iii

표목차 ····· viii

그림목차 ····· x iii

제1장 분기기 시스템 분석 ····· 1

제1절 분기기 시스템 ····· 1

1. 분기기 시스템 ····· 1

제2절 분기기 기능분석 ····· 7

1. 초기 기능 표시 ····· 7

2. 1단계 기능분석 ····· 7

3. 2 단계 기능분석 ····· 8

4. 분기기 시스템의 부품 분석 ····· 11

제3절 스위치 및 크로싱 모니터링 인자 ····· 14

1. 개론 ····· 14

2. 핵심인자 규명을 위한 프로세스 ····· 14

제2장 모니터링 인자 도출 ····· 16

제1절 분기기 ····· 16

1. 분기기 ····· 16

2. 분기기 동력학 ····· 20
3. 스위치 및 구동기의 고장 ····· 41
4. 분기기 사고 ····· 54
5. 분기기 시스템 고장 및 검지 방법 ····· 60
6. 진단항목 설정 ····· 71

제2절 선로전환기 ····· 75
1. 선로전환기 ····· 75
2. 전기식 선로전환기 ····· 80
3. 유압식 선로전환기 ····· 102
4. Heating components ····· 124

제3절 분기기 시스템 DB 시스템 구축 ····· 126
1. 개론 ····· 126
2. 일반운용환경 ····· 126
3. 분기기관련 데이터 수집내용 ····· 126
4. 선로전환기 진단항목 ····· 129

제4절 분기기 시스템 고장판단 시스템 ····· 136
1. 개론 ····· 136
2. 결함진단을 위한 방법 ····· 136

제3장 모니터링 시스템의 기능 ····· 147

제1절 모니터링 시스템의 개관 ····· 147

1. 모니터링 시스템 ····· 147
2. S&C 상태 모니터링을 위한 기능흐름 ····· 148
3. 모니터링 시스템의 1단계 분해 ····· 150
4. 물리적 시스템의 하드웨어 구성 ····· 151

제2절 SCADA 시스템 ····· 153
1. SCADA 시스템 ····· 153
2. SCADA 구조 ····· 154
3. 중앙제어 컴퓨터 ····· 158
4. SCADA 프로토콜 ····· 164
5. RTU (Remote Terminal Unit) ····· 169
6. RTU와 Sensors 연결 ····· 175
7. SCADA 시스템 포설 ····· 177

제3절 망구성 ····· 189
1. 분기기 모니터링 시스템 구성안 ····· 189
2. 철도망 ····· 190

제4장 모니터링 시스템 개발(안) ····· 192

제1절 S & C 검측시스템 일반 요구사양 ····· 192

제2절 S & C 검측시스템(안) ····· 199
1. 분기기 시스템 일반(안) ····· 199
2. RTU(안) ····· 211

3. 중앙제어장치 ····· 213
4. 통신장치 ····· 228

제3절 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 229
1. 비전 및 목표 ····· 229
2. 연구개발과제 구성 ····· 230
3. 시스템 feasibility 분석 ····· 235
4. 연구개발 인프라 분석 ····· 236
5. 연구과제별 기존연구와 차별성 ····· 242
6. 연구개발과제 주요내용 ····· 244

제5장 연구관리 방안 ····· 267

제1절 연구추진체계 제안 ····· 267
1. 과제별 연차별 목표 ····· 267
2. 연구추진체계 ····· 267

제2절 소요예산 산정 ····· 271
1. 인력투입계획 ····· 271
2. 과제별 연구비 산출 ····· 272

제3절 과제 제안요구서(RFP) ····· 282
1. 과제의 개요 ····· 282
2. 과제별 RFP ····· 285

제4절 평가기준 ····· 296

1. 제안요청과제의 목적과 제안과제의 연구목표의 일치도 : 배점 20점 ····· 296

2. 연구목표 달성을 위한 전문성 및 추진체계 : 배점 40점 ····· 296

3. 자체설정목표 달성 가능성 : 배점 30점 ····· 296

참고문헌 ····· 297

부 록 ····· 299

표 목 차

[표 1.2.1] 기능 2의 레벨 2 표시 ····· 11

[표 1.2.2] 스위치 및 크로싱의 부품에 할당된 기능 ····· 12

[표 2.1.1] 속도별 분기선 선형 ····· 20

[표 2.1.2] 차량운행에서 발생되는 결과 ····· 32

[표 2.1.3] 분기기에 작용하는 물리량 ····· 33

[표 2.1.4] 철의 팽창계수 ····· 35

[표 2.1.5] 레일의 팽창계수 ····· 36

[표 2.1.6] 한국철도공사의 분기기 현황 ····· 37

[표 2.1.7] 연도별 사고발생 현황 ····· 38

[표 2.1.8] 분기부 사고발생 유형 ····· 39

[표 2.1.9] 분기부 사고발생 원인 ····· 40

[표 2.1.10] 분포설치된 철도 시스템의 설치 대수 및 고장율 ····· 42

[표 2.1.11] 분기기 궤도 칫수 ····· 46

[표 2.1.12] 분기기 궤도틀림검사 측정항목 및 위치 ····· 46

[표 2.1.13] 분기기 서브시스템과 기능 ····· 56

[표 2.1.14] 분기기 시스템 일반점검사항 ····· 61

[표 2.1.15] 분기기 시스템 서브시스템별 고장모드 및 검출방법(1) ····· 62

[표 2.1.16] 분기기 시스템 서브시스템별 고장모드 및 검출방법(2) ····· 63

[표 2.1.17]분기기 시스템 서브시스템별 고장모드 및 검출방법(3) ····· 64

[표 2.1.18] 분기기 고장모드별 원인 및 검지항목(1) ····· 68

[표 2.1.19] 분기기 고장모드별 원인 및 검지항목(2) ····· 69

[표 2.1.20] 항목별 검지항목 ····· 70

[표 2.1.21] 항목별 dimension 검지항목 ····· 71

[표 2.1.22] 분기기 측정항목 ····· 74

[표 2.2.1] 유형별 전기 선로 전환기 특성 ····· 87

[표 2.2.2] 전기식 선로전환기 고장현황 ····· 89

[표 2.2.3] HW 선로전환기의 기능과 고장모드 ····· 90

[표 2.2.4] 서브시스템별 고장모드 ····· 91

[표 2.2.5] 전기식 선로전환기 고장분석 1 ····· 92

[표 2.2.6] 전기식 선로전환기 고장분석 2 ····· 93

[표 2.2.7] 전기식 선로전환기 고장분석 3 ····· 94

[표 2.2.8] 전기식 선로전환기 고장분석 4 ····· 97

[표 2.2.9] 선로전환기 검측항목 ····· 98

[표 2.2.10] 전기식 선로전환기 측정항목 ····· 101

[표 2.2.11] 하이드로스타 첨단부 일반사양 ····· 106

[표 2.2.12] 하이드로스타 가동 크로싱부 일반사양 ····· 107

[표 2.2.13] 하이드로스타 파워팩 일반사양 ····· 107

[표 2.2.14] 유압식 선로전환기 결함 ····· 109

[표 2.2.15] 결함코드의 고장모드별 분류 ····· 110

[표 2.2.16] 서브시스템별 고장모드 ····· 110

[표 2.2.17] 하이드로스타 월별 장애현황 ····· 111

[표 2.2.18] 연동장치별 장애현황 ····· 112

[표 2.2.19] 유압선로전환기 일반점검사항 ····· 114

[표 2.2.20] 유압선로전환기 서브시스템 고장모드 및 검출방법(2) ····· 115

[표 2.2.21] 유압선로전환기 서브시스템 고장모드 및 검출방법(3) ····· 116

[표 2.2.22] 고장모드별 검출방법 ····· 119

[표 2.2.23] 고장모드별 검출방법 ····· 120

[표 2.2.24] 유압 선로전환기 측정항목 ····· 123

[표 2.2.25] 고장모드별 검출방법 ····· 125

[표 2.3.1] 분기기 검사표 ····· 127

[표 2.3.2] 분기기 부품의 점검 항목 1 ····· 128

[표 2.3.3] 분기기 부품의 점검 항목 2 ····· 129

[표 2.3.4] 전기 분기기 검사표 ····· 130

[표 2.3.5] 전기 분기기 부품의 점검 항목 1 ····· 131

[표 2.3.6] 전기 분기기 부품의 점검 항목 2 ····· 132

[표 2.3.7] 유압식 분기기 검사표 ····· 133

[표 2.3.8] 유압식 분기기 부품의 점검 항목 1 ····· 134

[표 2.3.9] 유압식 분기기 부품의 점검 항목 2 ····· 135

[표 3.2.1] 센서 특징 ····· 176

[표 3.2.2] Twisted-Pair 의 장/단점 ····· 177

[표 3.2.3] Coaxial 케이블의 장/단점 ····· 178

[표 3.2.4] 광섬유 케이블의 장/단점 ····· 179

[표 3.2.5] PLC의 장/단점 ····· 181

[표 3.2.6] satellites 의 장/단점 ····· 182

[표 3.2.7] Leased Circuits의 장/단점 ····· 182

[표 3.2.8] VHF Radio의 장/단점 ····· 183

[표 3.2.9] Point-To-Point UHF 라디오 시스템의 장단점 ····· 184

[표 3.2.10] MARS UHF 라디오 시스템의 장단점 [8] ····· 185

[표 3.2.11] 대역확산 라디오 시스템의 장단점 ····· 186

[표 3.2.12] 마이크로웨이브 라디오 시스템의 장단점 ····· 188

[표 4.2.1] 운용 환경 정의 (단위 : ℃) ····· 199

[표 4.2.2] 분기기 측정항목 ····· 203

[표 4.2.3] 전기식 선로전환기 측정항목 ····· 205

[표 4.2.4] 유압식 선로전환기 측정항목 ····· 207

[표 4.2.5] 센서 종류 ····· 208

[표 4.2.6] 센서 분류 ····· 209

[표 4.2.7] 분기기 검사 ····· 221

[표 4.2.8] 분기기 검사 항목 ····· 222

[표 4.2.9] 전기 분기기 검사 ····· 223

[표 4.2.10] 전기 분기기 검사 항목 ····· 224

[표 4.2.11] Hydraulic 분기기 검사 ····· 226

[표 4.2.12] Hydraulic 분기기 검사 항목 ····· 227

[표 4.3.1] 시스템 모듈 ····· 234

[표 4.3.2] 개발 및 구입 모듈 등에 대한 기술평가(선진국대비) ····· 240

[표 4.3.3] 개발 및 구입 모듈 ····· 241

[표 4.3.4] 분석 지표별 특징 및 장・단점 ····· 252

[표 4.3.5] 상황별 경제성 분석 방법 ····· 252

[표 4.3.6] 분기기 발생 편익 ····· 253

[표 4.3.7] 개발 및 구입 모듈 ····· 255

[표 4.3.8] 분기기 관리운영시스템 개발 로드맵 ····· 256

[표 4.3.9] 분기기 관리운영 시스템 개발 TRM ····· 258

[표 4.3.10] 연차별 성과목표 ····· 259

[표 4.3.11] 1차년도 성과지표 ····· 260

[표 4.3.12] 1차년도 성과지표(계속) ····· 261

[표 4.3.13] 2차년도 성과지표 ····· 262

[표 4.3.14] 2차년도 성과지표(계속) ····· 263

[표 4.3.15] 3차년도 성과지표 ····· 264

[표 4.3.16] 3차년도 성과지표(계속) ····· 265

[표 5.1.1] 과제별 연차별 목표 ····· 267

[표 5.2.1] 인력투입계획 ····· 271

[표 5.2.2] 하드웨어 구입품(천원) ····· 272

[표 5.2.3] 하드웨어 제작비(천원) ····· 273

[표 5.2.4] 총괄 개발 소요예산(천원) ····· 274

[표 5.2.5] SE 개발 소요예산 ····· 274

[표 5.2.6] 검측시스템 개발 소요예산 ····· 274

[표 5.2.7] SCADA 개발 소요예산 ····· 275

[표 5.2.8] SE 기술개발 비목별 총 소요예산 ····· 275

[표 5.2.9] 1차년도 SE 기술개발 비목별 소요예산 ····· 276

[표 5.2.10] 2차년도 SE 기술개발 비목별 소요예산 ····· 276

[표 5.2.11] 3차년도 SE 기술개발 비목별 소요예산 ····· 277

[표 5.2.12] 검측 시스템 기술개발 비목별 총 소요예산 ····· 277

[표 5.2.13] 1차년도 검측시스템 기술개발 비목별 소요예산 ····· 278

[표 5.2.14] 2차년도 검측시스템 기술개발 비목별 소요예산 ····· 278

[표 5.2.15] 3차년도 검측시스템 기술개발 비목별 소요예산 ····· 279

[표 5.2.16] SCADA 기술개발 비목별 총 소요예산 ····· 279

[표 5.2.17] 1차년도 SCADA 기술개발 비목별 소요예산 ····· 280

[표 5.2.18] 2차년도 SCADA 기술개발 비목별 소요예산 ····· 280

[표 5.2.19] 3차년도 SCADA 기술개발 비목별 소요예산 ····· 281

그 림 목 차

[그림 1.1.1] 분기기 일반 구조 ····· 1

[그림 1.1.2] 텅레일 명칭 ····· 4

[그림 1.1.3] 크로싱부 명칭 ····· 5

[그림 1.1.4] 전기식, 유압식, 공압식 분기기 및 각각의 서브시스템 ····· 6

[그림 1.2.1] 스위치 및 크로싱의 레벨 0의 기능 표시 ····· 7

[그림 1.2.2] 스위치 및 크로싱 시스템의 레벨 1단계 기능 표시 ····· 8

[그림 1.2.3.] 기능 1에 의해서 운동 자유도 ····· 9

[그림 1.2.4] 기능 1에 대한 레벨 2의 표시 ····· 9

[그림 1.2.5] 기능2의 레벨 2 표시 ····· 10

[그림 1.2.6] 일반적인 스위치 및 크로싱 시스템의 부품 분해도 ····· 13

[그림 1.2.7] 핵심인자를 규명하기 위한 프로세스 ····· 15

[그림 2.1.1] 분기기 구성도 ····· 16

[그림 2.1.2] 분기기 서브시스템 ····· 17

[그림 2.1.3] 스위치 레일선형 ····· 17

[그림 2.1.4] 리드레일 직선형 분기기 ····· 18

[그림 2.1.5] 리드레일 곡선형 분기기 ····· 18

[그림 2.1.6] 긴 리드 곡선형 분기기 ····· 19

[그림 2.1.7] 짧은 리드 곡선형 분기기 ····· 19

[그림 2.1.8] 분기기 진입 시에 측정 값 및 예측 값 ····· 23

[그림 2.1.9] 일반 크로싱에서 수직 충격력 측정값 ····· 23

[그림 2.1.10] 40km/h로 주행할 때 4개의 차륜에서 작용되는 횡력 ····· 25

[그림 2.1.11] 센서 설치 구역 ····· 26

[그림 2.1.12] RFI 시험 사진 ····· 26

[그림 2.1.13] 변위 측정 ····· 26
[그림 2.1.14] 측정 결과 ····· 27
[그림 2.1.15] 수평면에서 블레이드 변형. ····· 28
[그림 2.1.16] 단면에서의 플랜지 힘 ····· 29
[그림 2.1.17] 동적 시뮬레이션 결과 ····· 31
[그림 2.1.18] 궤도에 작용하는 외력 ····· 32
[그림 2.1.19] 영국날씨 온도 ····· 34
[그림 2.1.20] 공기 대 레일온도 ····· 34
[그림 2.1.21] 압축력 및 인장력에 의한 레일파괴 ····· 35
[그림 2.1.22] 연도별 사고발생 현황 ····· 38
[그림 2.1.23] 분기부 사고발행 유형 ····· 39
[그림 2.1.24] 분기부 사고발생 원인 ····· 40
[그림 2.1.25] 궤도와 관련 탈선사고 ····· 41
[그림 2.2.26] 궤도등급 4 및 5에서 원인별 탈선사고 ····· 41
[그림 2.1.27] 분기기 구성요소 ····· 43
[그림 2.1.28] 분기기 명칭 ····· 43
[그림 2.1.29] 텅레일 부분 분기기 명칭 ····· 44
[그림 2.1.30] 기본레일과 텅레일의 불일치 상태 ····· 44
[그림 2.1.31] 크로싱 각부 명칭 ····· 45
[그림 2.1.32] 분기기 궤도형상 및 허용오차 ····· 45
[그림 2.1.33] 분기기 궤도틀림 검사 위치 ····· 45
[그림 2.1.34] 텅레일 마모측정 ····· 49
[그림 2.1.35] 스위치 횡진 ····· 51
[그림 2.1.36] 궤도와 관련 탈선사고 ····· 54
[그림 2.1.37] 궤도등급 4 및 5에서 원인별 탈선사고 ····· 55

[그림 2.1.38] 분기기 탈선사고 FTA ····· 57
[그림 2.1.39] 텅레일 FTA ····· 57
[그림 2.1.40] 간류 FTA ····· 58
[그림 2.1.41] 쇄정 FTA ····· 58
[그림 2.1.42] 레일 궤간변동 FTA ····· 59
[그림 2.1.43] 크로싱 FTA ····· 59
[그림 2.1.44] 분기기 선형 FTA ····· 60
[그림 2.1.45] 분기기 시스템 측정항목 ····· 70
[그림 2.1.46] 분기기 시스템 측정항목 ····· 72
[그림 2.2.1] 선로전환기 주요구성부품 ····· 81
[그림 2.2.2] 선로전환기 외관 ····· 81
[그림 2.2.3] 선로전환기 부품 ····· 81
[그림 2.2.4] 전기식 선로전환기 설치 ····· 82
[그림 2.2.5] HW전기 선로전환기 및 스위치 배치도 ····· 82
[그림 2.2.6] NS형 선로전환기 ····· 82
[그림 2.2.7] 선로전환기 전환힘 측정 ····· 83
[그림 2.2.8] 선로전환기 구동장치 ····· 84
[그림 2.2.8] 선로전환기 구동장치 ····· 84
[그림 2.2.15] 전기선로전환기 FTA ····· 88
[그림 2.2.16] 선로전환기 검지항목 ····· 98
[그림 2.2.17] 전기식 선로전환기 검측항목 ····· 99
[그림 2.2.18] 유압식 선로전환기 1 ····· 103
[그림 2.2.19] 유압식 선로전환기 2 ····· 103
[그림 2.2.20] 유압 선로전환기 ····· 104
[그림 2.2.21] SPX 클램프쇄정 스위치 구동기의 유압회로 ····· 104

[그림 2.2.22] 선로전환기 전환 5단계 ····· 105
[그림 2.2.23] 왼쪽 닫힘 상태의 분기기 ····· 106
[그림 2.2.24] 전환 중의 분기기 ····· 106
[그림 2.2.25] 오른쪽 닫힘의 분기기 ····· 106
[그림 2.2.26] HYDROSTAR 선로전환기 ····· 108
[그림 2.2.27] 유압선로전환기 FTA ····· 112
[그림 2.2.28] 유압식 선로전환기 고장모드 ····· 120
[그림 2.2.29] 유압식 선로전환기 검측항목 ····· 121
[그림 2.2.30] 히터 시스템 ····· 124
[그림 2.2.31] 분기기에서 열선 설치방안 ····· 124
[그림 2.4.1] 결함진단 방법 그룹 ····· 137
[그림 2.4.2] 일반적 모델을 이용한 결함진단 시스템에 대한 기능 흐름 불럭도 … 138
[그림 2.4.3] 정성적 모델을 이용한 기능 흐름 블록도 ····· 140
[그림 2.4.4] 개량된 기능흐름 블록도에 의한 고장목 분석 절차를 나타냄 ····· 142
[그림 2.4.5] 일반적인 프로세스 이력을 이용한 결함진단 알고리즘 ····· 143
[그림 2.4.6] 진단시스템과 패턴을 통하여 결함을 인식하는 예 ····· 145
[그림 3.1.1] 일반화된 S&C 모니터링 시스템의 기능흐름도 ····· 149
[그림 3.1.2] 일반화된 S&C 모니터링 시스템의 상세기능흐름도 ····· 151
[그림 3.1.3] S&C 모니터링 시스템의 물리적 구조 ····· 152
[그림 3.2.1] SCADA 시스템의 구조 ····· 154
[그림 3.2.2] 제1세대 SCADA 시스템 ····· 155
[그림 3.2.3] 제2세대 SCADA 시스템 ····· 156
[그림 3.2.4] 제3세대 SCADA 시스템 ····· 158
[그림 3.2.5] 개량된 성능 구조 ····· 166
[그림 3.2.6] IEC 60870-5-101에서 ADSU(Application Data Servie Unit) 구조 ····· 167

[그림 3.2.7] OSI7과 EPA 모델과의 관계 ····· 168

[그림 3.2.8] DNP3 메시지 buildup ····· 168

[그림 3.2.9] RTU 구성 ····· 170

[그림 3.2.10] RTU 와 센서와의 관계 ····· 175

[그림 3.3.1] S&C 모니터링 시스템(안) ····· 189

[그림 3.3.2] 분기기 관리시스템 망구성 방안 ····· 190

[그림 3.3.3] 철도전송망 구성도 ····· 190

[그림 3.3.4] 국내 철도전송망 ····· 191

[그림 4.2.1] 분기기 시스템 측정항목 ····· 202

[그림 4.2.2] 전기식 선로전환기 검측항목 ····· 204

[그림 4.2.3] 유압식 선로전환기 검측항목 ····· 206

[그림 4.2.4] 센서와 RTU 연결방안 ····· 208

[그림 4.2.5] 분기기 관리시스템 망구성 방안 ····· 228

[그림 4.3.1] 전기식 분기시스템 검측항목 ····· 230

[그림 4.3.2] 유압식 분기시스템 검측항목 ····· 230

[그림 4.3.3] 전기식 선로전환기 모니터링 시스템(안) ····· 231

[그림 4.3.4] 유압식 선로전환기 분기기관리 시스템 ····· 232

[그림 4.3.5] 분기기 관리시스템 망구성 방안 ····· 233

[그림 4.3.6] 분기기 시스템 모듈 ····· 233

[그림 4.3.7] 분기기 관리시스템 구성 ····· 237

[그림 4.3.8] 분기기 관리시스템 개발안 ····· 244

[그림 4.3.9] 전기식 선로전환기 모니터링 시스템(안) ····· 245

[그림 4.3.10] 유압식 선로전환기 분기기관리 시스템 ····· 246

[그림 4.3.11] 분기기 관리운용 시스템 개발 로드맵 ····· 257

[그림 5.1.1] 과제 구성체계 ····· 268

[그림 5.1.2] 과제 추진체계 ····· 268

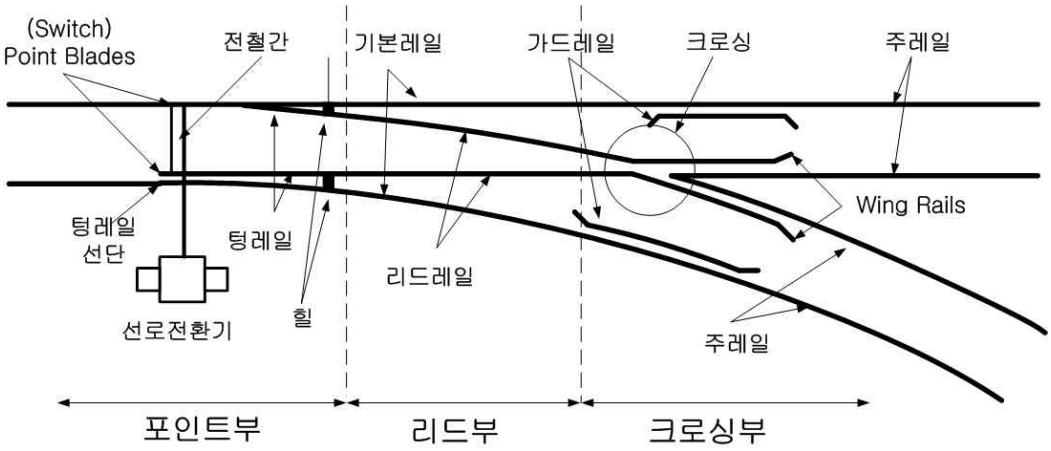
제1장 분기기 시스템 분석

제1절 분기기 시스템

1. 분기기 시스템

1.1 분기기 구조 및 기능

분기기는 [그림 1.1.1]과 같이 포인트, 리드 및 크로싱의 3부분으로 나누어진다.



[그림 1.1.1] 분기기 일반 구조

1.1.1 포인트 부분

분기기는 한쌍의 포인트와 크로싱으로 구성되어 있으며, 열차가 어려움 없이 한 트랙에서 다른 트랙으로 주행할 수 있도록 하는 장치이다. 분기기의 궤도부는 [그림 1.1.1]에 나타나 있다.

포인트 부분은 레일이동이 발생하는 곳으로서, 다음에 오는 서브시스템들의 스위치 부분에 속한다.

(1) 텅레일

텅레일은 단면적이 연속적으로 변하며, 첨단부에서 그 값이 매우 작으며, 힐 부분은 레

일단면적과 동일한 단면적을 갖는다. 텅레일 첨단에는 좌우 양레일을 유지하고 전환장치를 취부하기 위한 전철간이 사용되고, 기본레일과 텅레일 밑에는 전환을 원활히 하기 위한 상판, 횡압에 의한 기본레일의 이동방지를 위한 버팀쇠, 또 기본 레일과 일정간격을 유지하기 위한 멈춤쇠(stud) 등이 사용된다.

힐조인트(후단 이음매)는 텅레일 후단으로서 텅레일 전환을 쉽게 하고, 차륜 통과 시 진동을 억제하는 이음매 구조이다. 최근에는 용접고정시켜, 전환 시 텅레일을 휘게 하는 탄성 포인트를 많이 사용한다.

선로전환기는 양 끝점 사이에서 스위칭 운동을 하도록 하는 기계적인 장치이다.

(2) 쇄정장치

쇄정장치는 차량이 통과할 때에 스위치를 한쪽 방향에 고정시켜 스위치 장치의 이동을 방지한다.

(3) 위치검지기

이 장치는 스위치 위치를 검지하며, 신호 시스템에 연결되어 있다.

(4) 선로전환기

텅레일 및 가동형 노즈를 전환시키는 그 전환력을 발생시키는 장치로서 전기식, 유압식 및 공압식이 있다.

(5) 구동장치

이 장치는 스위치 레일 이동을 원활히 하는 기계적 장치이다. 이 장치들은 가동바, 윤활판 및 롤러로 구성되어 있다.

(6) 히터

히터는 스위치의 동결을 방지한다.

1.1.2 리드부

리드부는 분기 시스템의 곡선부에 해당하며, 움직이는 부분이 없다. 이 부분에서 차량은 리드부를 따라 곡선주행을 한다.

1.1.3 크로싱부

크로싱 부는 진로와 진로가 교차하는 부분이다. "V"자형의 노즈레일과 "X"자형의 윙레일로 구성되어 있으며, 기준선과 분기선이 교차하는 곳에 윤선로(flangeway)을 확보하려면 일반적으로 궤간선에 결선(缺線)부가 생긴다.

(1) 고정크로싱

크로싱의 각부가 고정되어 윤선로가 고정되어 있는 것으로, 차량이 어떤 방향으로 진행하던지 결선부(Gap of gange line)를 통과하여야만 한다.

(2) 가동크로싱

가동크로싱은 결선부를 없게 하여 레일을 연결시킨 것이다. 가동노즈 크로싱은 노즈의 일부가 좌우로 이동할 있는 구조로 되어 있어 노즈의 첨단부가 양측 윙레일 측면에 밀착되어 결선부분을 차량의 진행방향으로 개통시키고 연결시킨다. 이 경우 다른 쪽의 윙레일에서는 완전 분리가 된다.

가동 크로싱에 장착된 서브시스템과 스위치 부분의 서브시스템은 거의 동일한 시스템을 사용한다.

1.1.4 가드레일

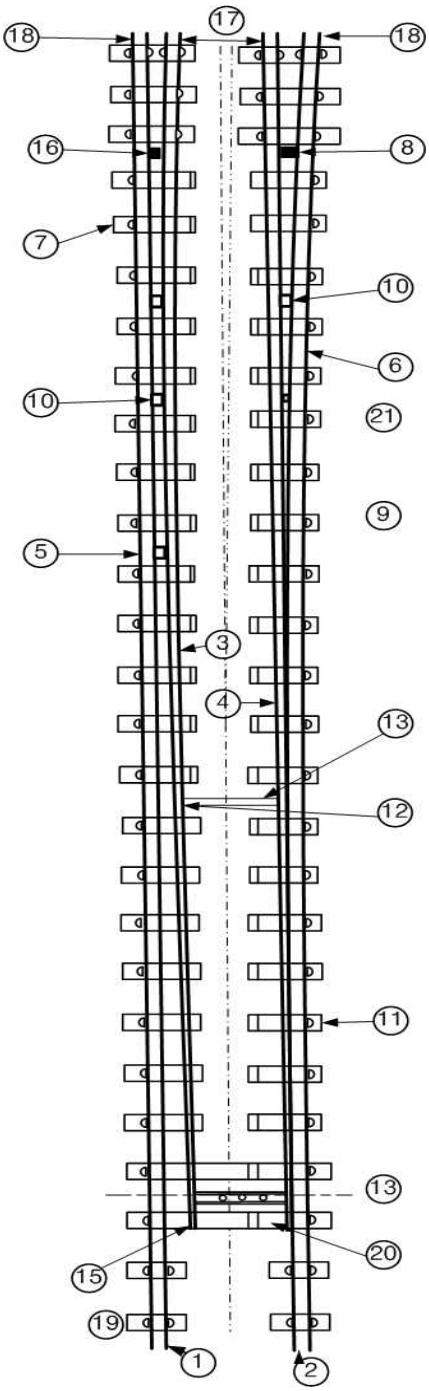
가드레일은 차량이 대향 분기를 통과할 때 크로싱의 결선부에서 차륜의 플랜지가 다른 방향으로 진입하거나 노즈의 단부를 손상시키는 것을 방지하며, 차륜을 안전하게 유도하기 위하여 반대측 주레일에 부설한다.

크로싱 노즈레일과 주레일 내측에 부설되어 있는 가드레일 외측과의 거리를 백케이지라고 하며, 1,390 ~ 1,396㎜를 유지하여야 한다.

분기기는 스위치장치와 크로싱장치로 구성되어 있다.

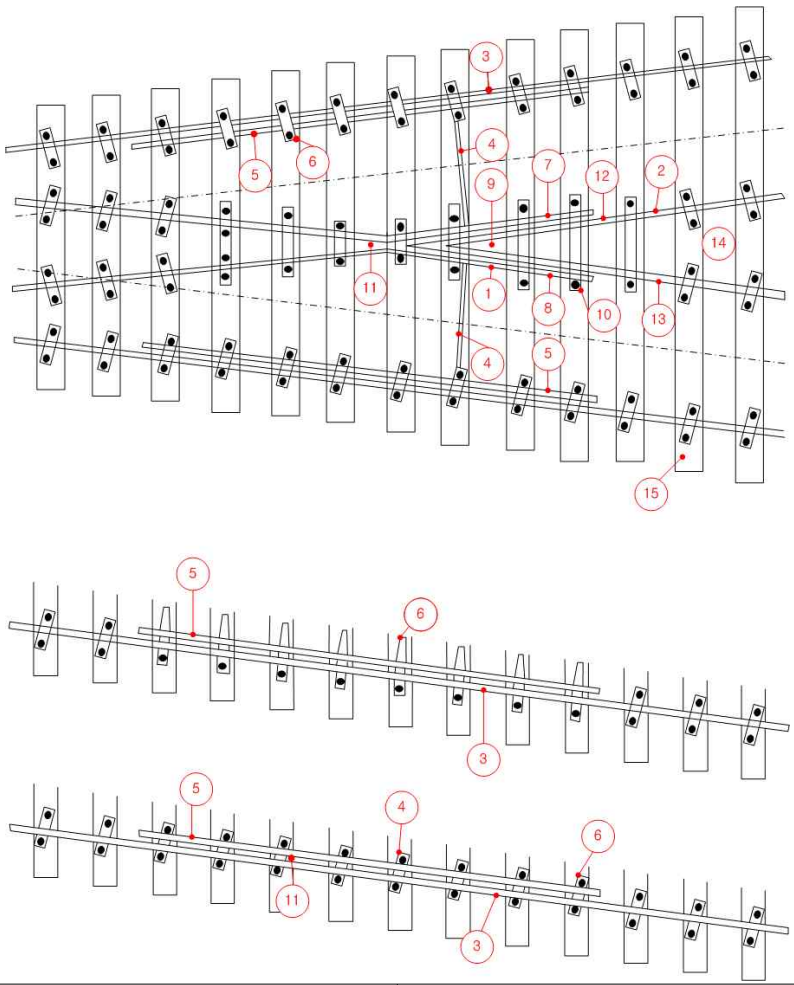
1.2 분기기 구조

분기기를 구성하는 부품들을 아래 [그림 1.1.2] 와 [그림 1.1.3] 에 나타나 있다.



① 왼쪽 분기기의 레일
② 오른쪽 분기기 레일
③ 왼쪽 곡선 분기기 레일
④ 오른쪽 곡선 분기기 레일
⑤ 왼쪽 직선 기본레일
⑥ 오른쪽 직선 기본레일
⑦ 힐 베이스 플레이트
⑧ 힐블럭
⑨ 피쉬 플레이트
⑩ 스터
⑪ 상판
⑫ 전철간 브라켓
⑬ 전철간
⑭ 미끄럼방치 장치
⑮ 스위치 팁
⑯ 스위치 힐
⑰ 스위치 레일 조인트
⑱ 기본레일 조인트
⑲ 기본레일 앞부분 조인트
⑳ 상판
㉑ 선로전환기 고정장치

[그림 1.1.2] 텅레일 명칭

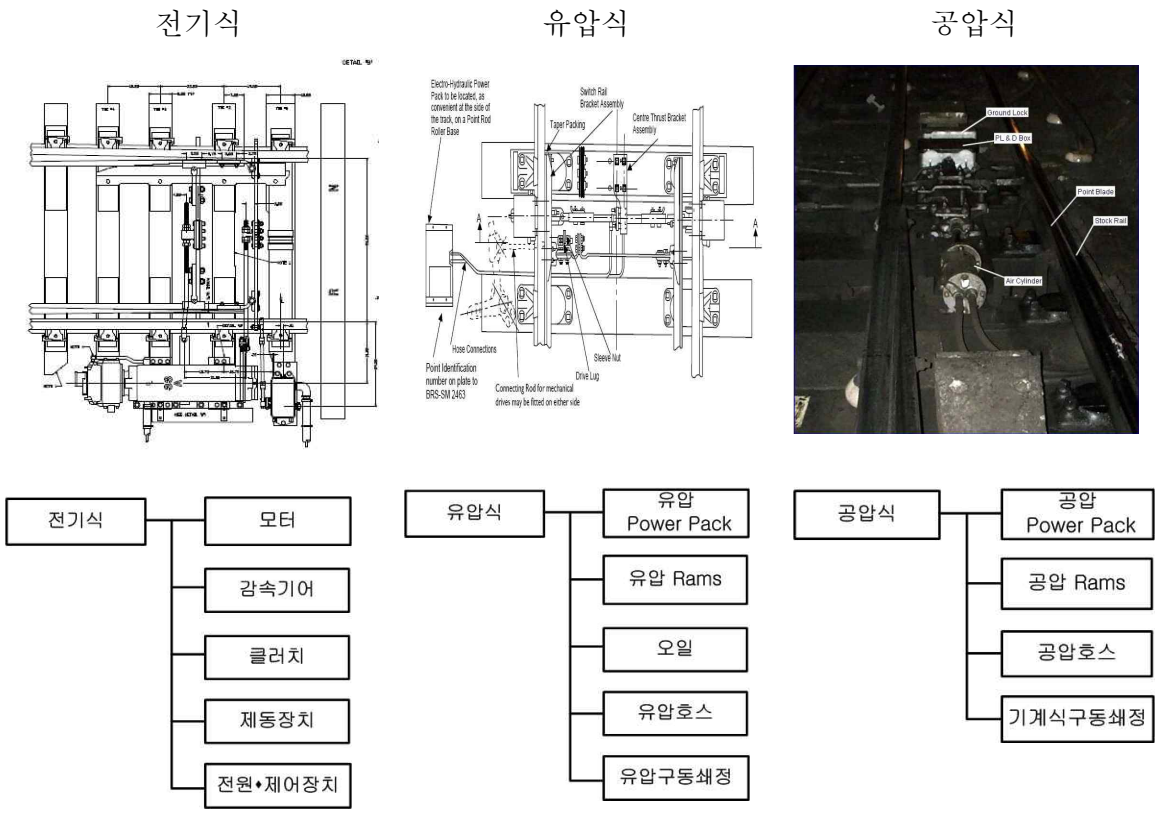


① 공동크로싱	⑨ 크로싱
② 크로싱 노즈	⑩ 크로싱 상판
③ 바깥레일	⑪ 불럭
④ 가드레일 지지대	⑫ 포인트레일
⑤ 가드레일	⑬ 연접레일
⑥ 가드레일 지지대	⑭ 크로싱 힐
⑦ 좌측 날개레일	⑮ 설치대
⑧ 우측 날개레일	

[그림 1.1.3] 크로싱부 명칭

1.3 선로전환기

선로전환기 방식에는 전기식(Electromechanic), 유압식(Hydraulic) 및 공압식(Pneumatic)이 있다.



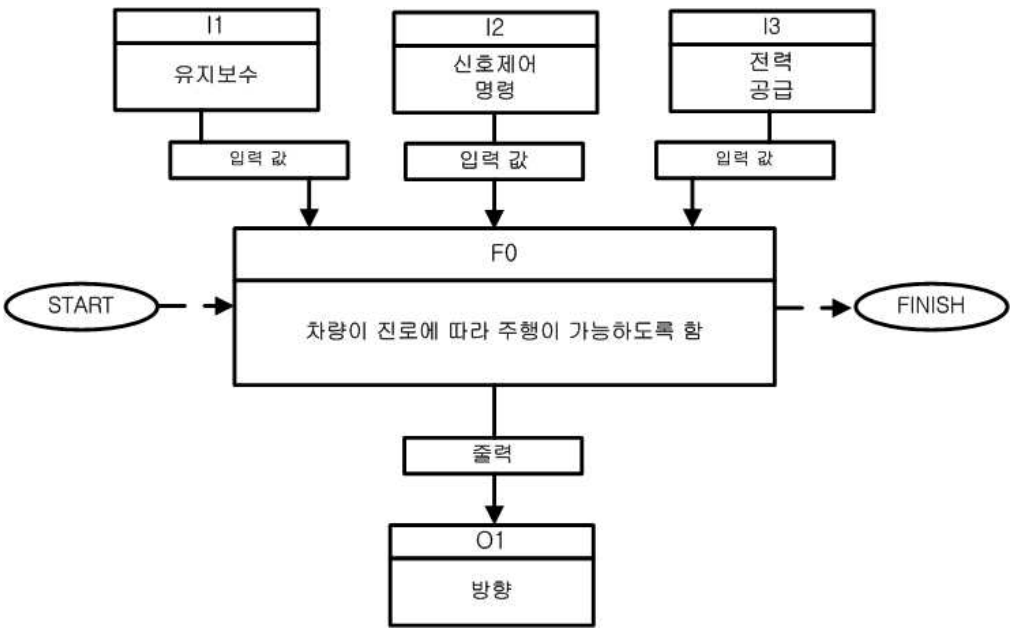
[그림 1.1.4] 전기식, 유압식, 공압식 분기기 및 각각의 서브시스템

제2절 분기기 기능분석

기능분석의 목적은 분기기 시스템에 의해서 수행되는 기능들을 분류하고, 원하는 기능에서 이탈된 기능들을, 해당되는 특별한 서브기능, 부품 혹은 부품 어셈블리들을 추적하기 위한 것이다. 이것은 감시에 필요한 핵심 변수들을 결정하는데 사용된다.

1. 초기 기능 표시

첫 번째 단계는 하나의 시스템으로서, 각 시스템들의 기능을 결정하는 것이다. 스위치 및 크로싱 기능은 차량이 진행할 수 있도록 진로를 변경한다. 이 기능분석은 레벨 “0”에서 시스템기능을 분석하며, 이 레벨은 블랙박스 형태로 나타난다.



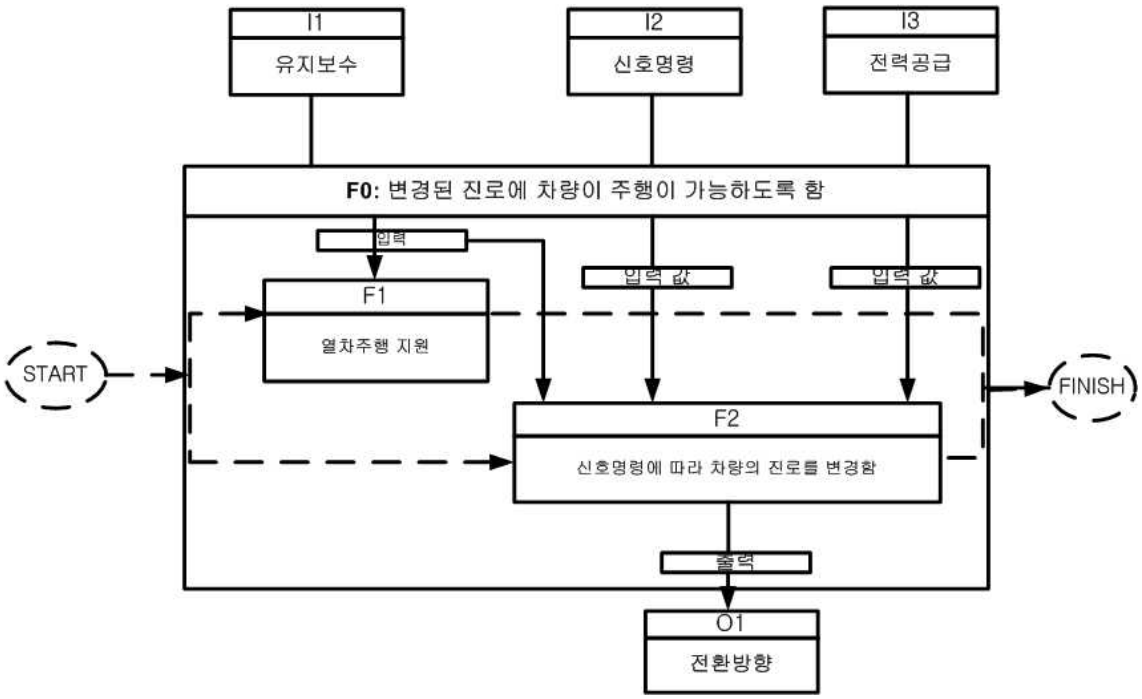
[그림 1.2.1] 스위치 및 크로싱의 레벨 0의 기능 표시

2. 1단계 기능분석

레벨 “0” 기능을 복잡도가 증가하는 상세 단계로 분류하며, 그 분류된 각각의 기능은 세분화 및 축소되고, 그 범위는 축소된다. 기능을 세분화함으로써, 특정 고장이 발생했을

경우, 고장이 발생한 서브기능을 규명할 수 있다.

1 단계는 2가지 기능으로 분류된다. 기능 “1”은 차량 이동이 가능하도록 한다. 이것은 스위치와 크로싱의 기본적 기능인 포인트 이동기능으로써, 일반 궤도처럼 열차가 이동할 수 있어야 한다. 기능 “2”는 신호명령에 차량진로를 개통하는 것이다. 이것이 스위치와 크로싱의 기본 기능이다. 유지보수기능은 2가지 기능을 다 수행하며, 신호기능과 동력공급은 기능 “2”의 부가적인 입력이다.



[그림 1.2.2] 스위치 및 크로싱 시스템의 레벨 1단계 기능 표시

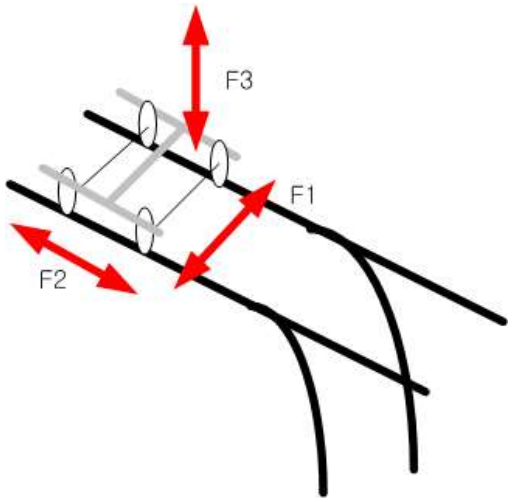
3. 2 단계 기능분석

3.1 기능 “1”

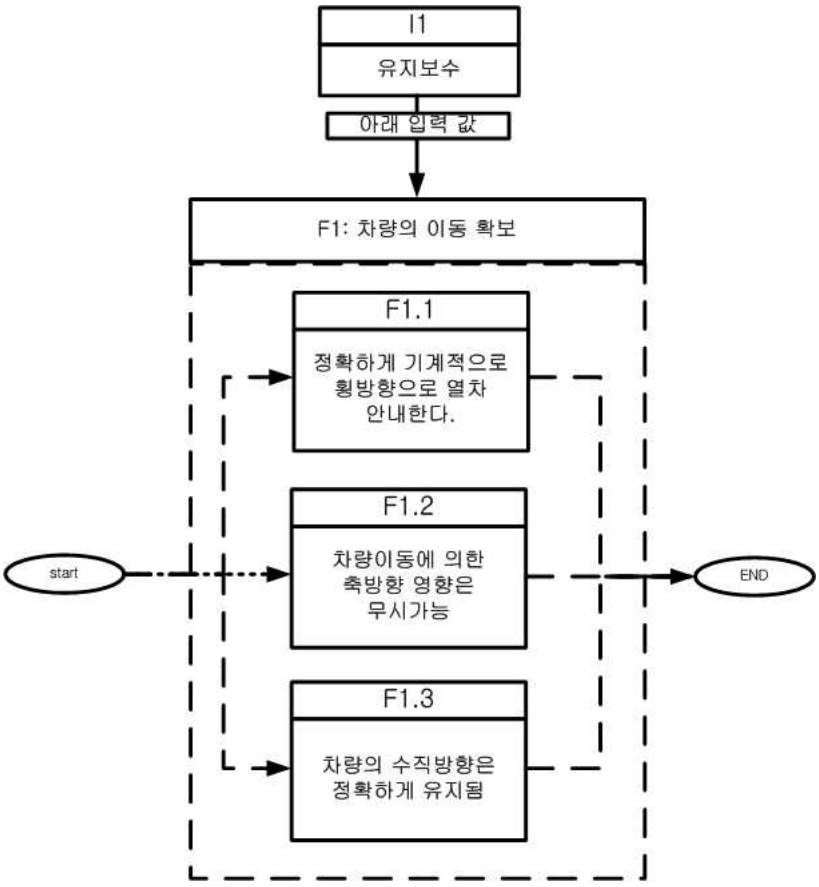
기능“1”은 3개의 기능으로 구분되고, 각각은 방향이 다른 동적거동이다. 열차의 동적거동은 [그림 1.2.3] 과 같이 3차원 운동을 한다. 분석된 기능은 [그림 1.2.4] 에 나타나 있다.

- 횡방향으로 차량을 기계적인 안내를 한다
- 차량은 축방향으로 운동을 하며, 작용하는 힘은 무시할 수 있다(감·가속이 없을 경우).

▪ 수직방향으로 차량이 운동을 한다.



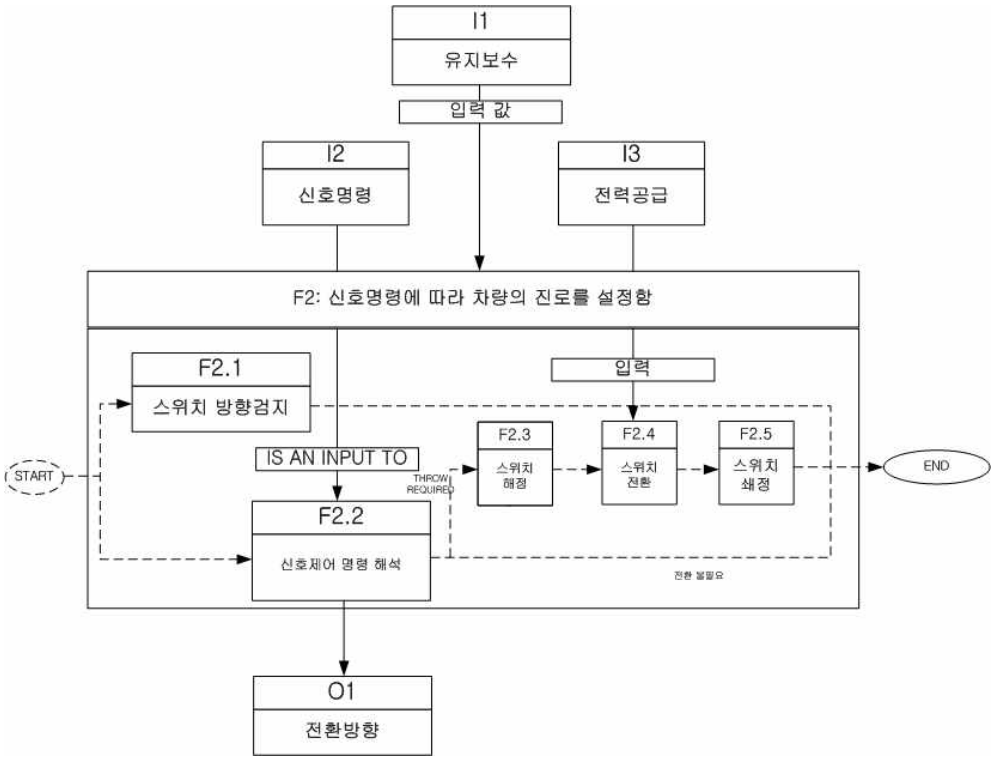
[그림 1.2.3.] 기능 1에 의해서 운동 자유도



[그림 1.2.4] 기능 1에 대한 레벨 2의 표시

3.2 기능 “2”

이 기능은 분기기의 고유기능에 연관된 것이며, 이는 열차진로를 설정하는 것이다. 신호시스템은 분기기의 정확한 위치(2.1)를 검지해야한다. 분기기 위치에 의해서 신호시스템은 스위치를 동작시켜야 할 것인가를 결정한다. 신호시스템의 명령을 해석(2.2)하여, 스위치를 동작시키며, 해정(2.3), 이동(2.4) 및 쇄정(2.5) 동작을 연쇄적으로 한다. 이 5개 기능이 기능“2”에 속하고, 분해도를 [그림 1.2.5] 에 나타내었다.



[그림 1.2.5] 기능2의 레벨 2 표시

[표 1.2.1] 기능 2의 레벨 2 표시

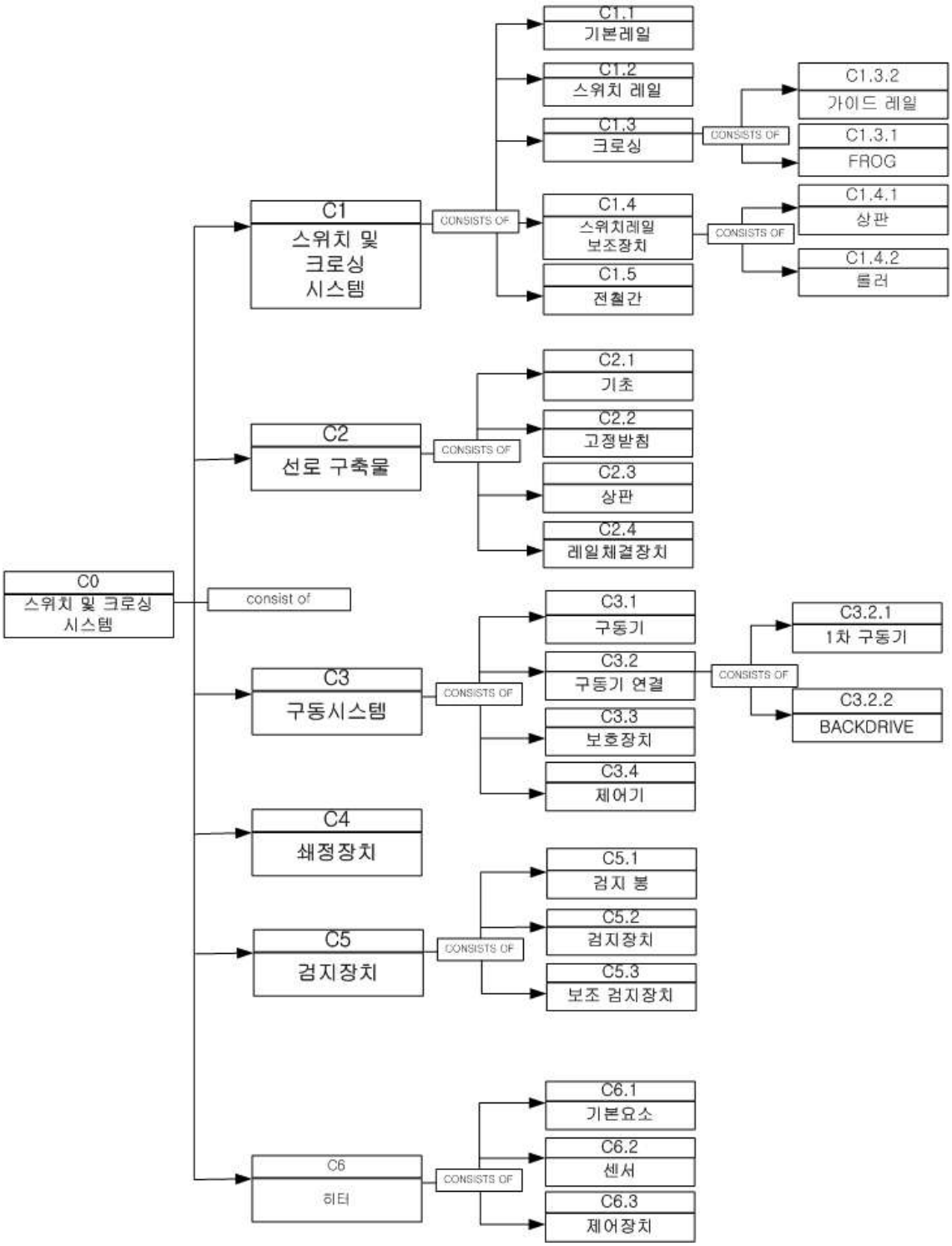
기능명	
차량안내기능	
F1.1	횡방향 차량 안내
F1.2	축방행 힘 지지
F1.3	수직방향 힘 지지
선로전환기능	
F2.1	스위치 방향검지
F2.2	신호제어 명령해석
F2.3	스위치 해정
F2.4	스위치 전환
F2.5	스위치 쇄정

4. 분기기 시스템의 부품 분석

분기기 시스템을 일반적인 부품들로 분류하였다. 이것을 [그림 1.2.6] 에 나타나 있다. 이것은 어떠한 분기기라도 분기기 시스템에서 일반적으로 나타나는 부품들이다. 각각의 부품은 [그림 1.2.6] 에서 도출된 하나 혹은 여러 개의 기능들을 수행한다. [표 1.2.2]는 각 부품들에 의해서 수행된 기능들을 나타낸다.

[표 1.2.2] 스위치 및 크로싱의 부품에 할당된 기능

부품	수행기능
C1 : 스위치 및 크로싱	F1.1, F1.2, F1.3, F2.4
C1.1 기본레일	F1.1, F1.2, F1.3
C1.2 스위치 레일	F1.1, F1.2, F1.3
C1.3 크로싱	F1.1, F1.2, F1.3
C1.3.1 크로싱	F1.1, F1.2, F1.3
C1.3.2 체크레일	F1.1
C1.4 스위치레일서포트	F1.3, F2.4
C1.4.1 상판	F1.3, F2.4
C1.4.2 롤러	F2.4
C1.5 전철간	F1.1, F1.3
C2 하부구조물	F1.1, F1.3
C2.1 기초	F1.1, F1.3
C2.2 스리퍼	F1.1, F1.3
C2.3 레일상판	F1.1, F1.3
C2.4 체결장치	F1.1, F1.3
C3 구동장치	F2.2, F2.4
C3.1 구동기	F2.4
C3.2 구동연결기	F2.4
C3.2.1 일차구동기	F2.4
C3.2.2 이차구동기	F2.4
C3.3 보호기	F2.4
C3.4 제어기	F2.2
C4 쇄정	F2.3, F2.5
C5 검지기	F2.1
C5.1 검지간	F2.1
C5.2 검지장치	F2.1
C5.3 보조검지기	F2.1
C6 히터	F2.4
C6.1 기본장치	F2.4
C6.2 센서	F2.4
C6.3 제어기	F2.4



[그림 1.2.6] 일반적인 스위치 및 크로싱 시스템의 부품 분해도

제3절 스위치 및 크로싱 모니터링 인자

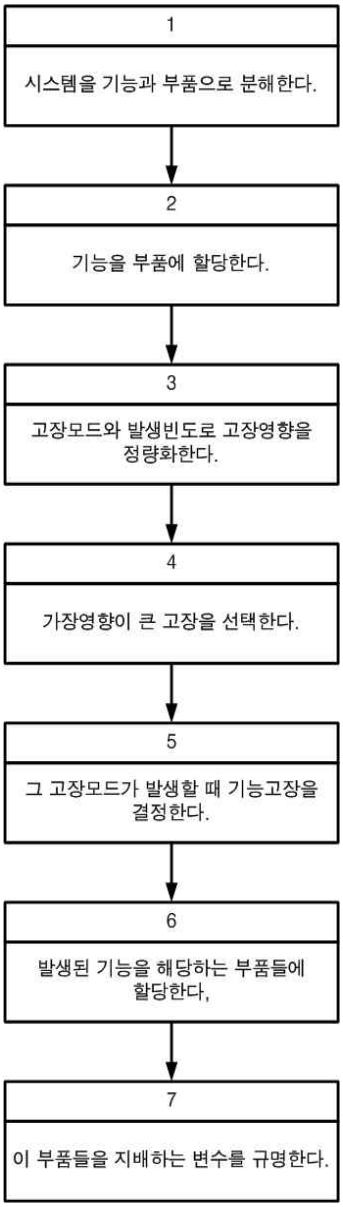
1. 개론

분기기 감시 시스템의 목적은 스위치와 크로싱 시스템의 성능을 최적화하기 위한 핵심 파라미터들을 규명하는데 있다. 이 핵심 파라미터들은 스위치와 크로싱 시스템의 성능에 가장 큰 영향을 미치는 인자들이며, 따라서 초기고장을 일으키는 원인들을 찾아낼 수 있도록 하는 것이다.

본 보고서에서는 핵심변수들의 규명에 필요한 절차들을 요약하고자 한다. 보다 자세한 사항은 각각의 특정 시스템을 대상으로 작업을 해야 할 필요가 있다. 여기서 제시된 핵심 파라미터들의 도출절차와 결론은 시스템 최적화에 필수적인 것들이다. 또한, 본 보고서에서는 크로싱보다는 스위치 시스템에 무게를 더 두었다. 최적화를 위한 핵심변수들은, 제시된 시스템 내에서 검토된 인자들임을 밝힌다.

2. 핵심인자 규명을 위한 프로세스

시스템 분석에 의해서 핵심인자를 규명하였다. 스위치와 크로싱을, 부품과 기능적인 측면에서 검토하였다. 분기기 시스템은 기본 부품과 기능으로 분류하였다. 규명된 고장들은 특이 기능의 성능과 관계없는 것들을 별도로 분류하였다. 이러한 방법으로 대부분의 시스템 고장과 관련된 기능 및 부품들을 규명하는 것이 가능하다. 아래 [그림 1.2.7] 은 핵심인자 규명 프로세스를 나타낸다.



[그림 1.2.7] 핵심인자를 규명하기 위한 프로세스

기능분해 프로세스는 스위치와 크로싱에서 수행되는 기능과 일반적인 부품의 존재에 관한, 운용자간의 상호 합의가 있어야 한다. 이러한 블록 다이어그램은 속성관계들의 다이아그램으로 표현된다.

이러한 속성관계 다이어그램을 설정하기 위해서 한국철도연구원, 한국철도시설공단, 한국철도공사 및 삼표 이엔씨 등 다양한 전문가의 자문을 통하여 다이어그램을 완성하였다.

제2장 모니터링 인자 도출

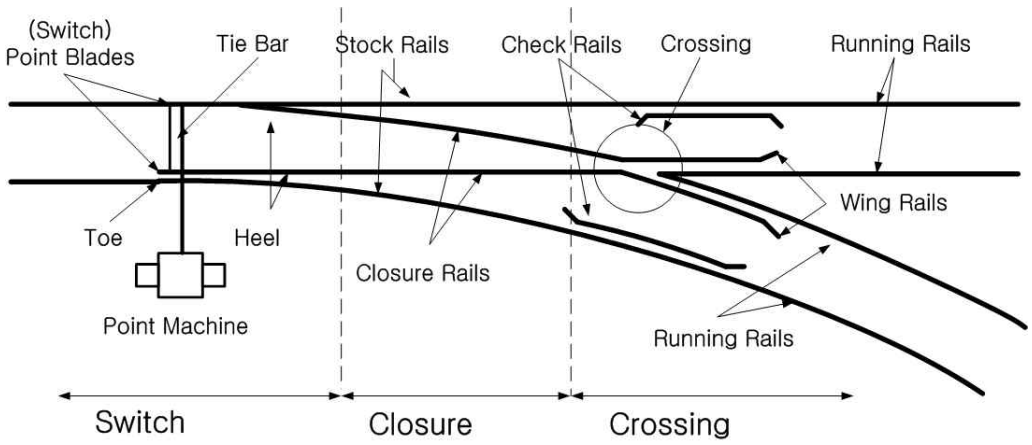
제1절 분기기

1. 분기기

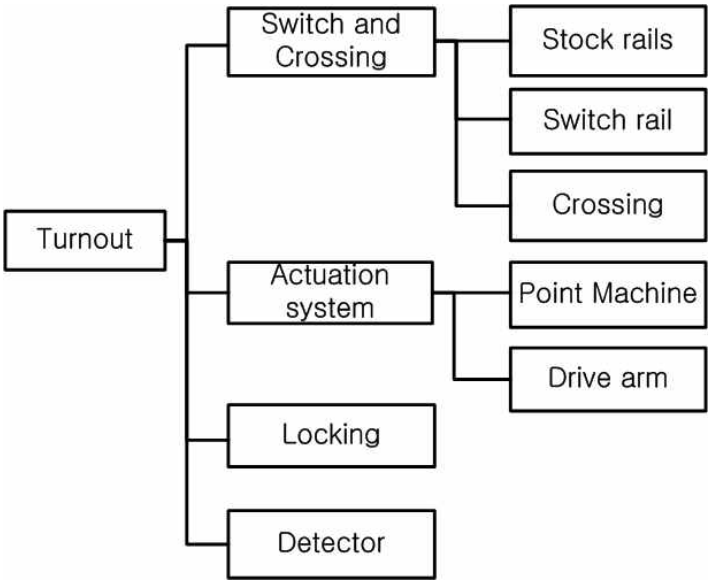
1.1 분기기 기능 및 구성

분기기는 중요한 고속철도 궤도 구성품 중의 하나로서, 열차가 현재 레일에서 다른 진로로 분기·합류할 때 사용되는 궤도 필수품이다. 이러한 분기기는 역구내뿐만 아니라 비상시에 대비하여 주행선로에도 부설되어 있다.

일반적인 분기기는 [그림 2.1.1] 과 같으며, 분기기 구성은 [그림 2.1.2] 와 같다.



[그림 2.1.1] 분기기 구성도

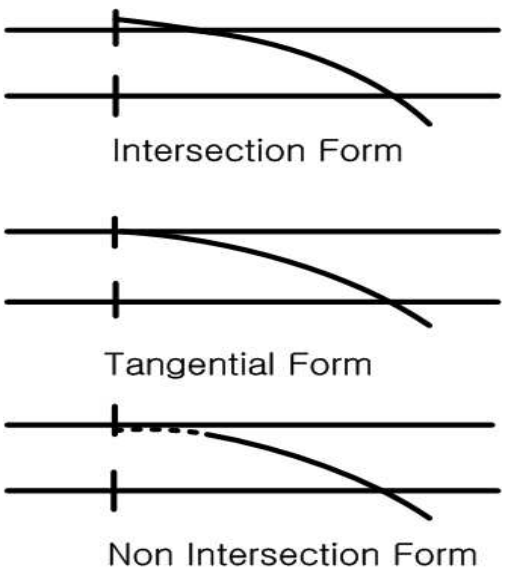


[그림 2.1.2] 분기기 서브시스템

1.2 분기기 선형

1.2.1 스위치 첨단부 형태

스위치 레일을 기본레일에 접속하는 방법은 다음의 3가지 방법이 있다.

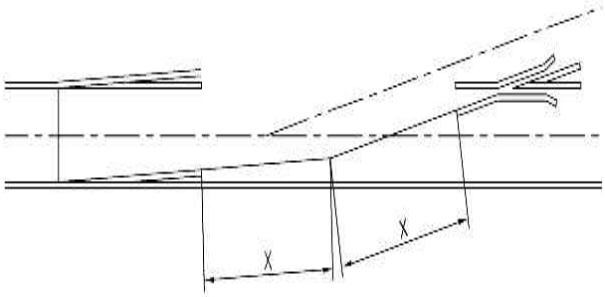


[그림 2.1.3] 스위치 레일선형

1.2.2 리드레일 선형

분기기는 선로의 선형이 직선에서 곡선으로 변화되기 때문에 통과속도의 제한과 승차감이 나빠지고, 차륜과 궤도에 손상이 자주 야기한다. 분기기의 리드레일 선형은 다음과 같은 방법들이 있다.

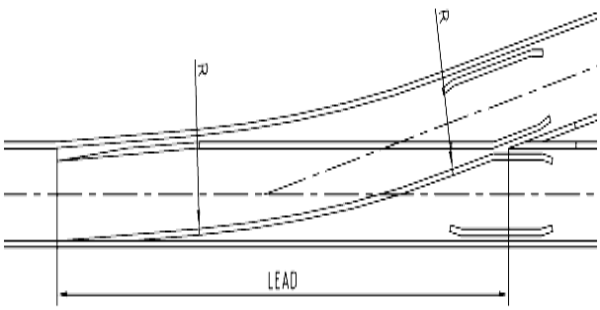
(1) 리드레일 직선형 분기기



[그림 2.1.4] 리드레일 직선형 분기기

분기기선형은 스위치 및 크로싱 레일의 안쪽 면에서 연장된 직선을 교차 시켜 생성한다. 리드는 스위치 힐에서 교차점까지의 길이와 크로싱에서 교차점 지점까지의 거리가 일정하도록 조정한다.

(2) 리드레일 곡선형 분기기

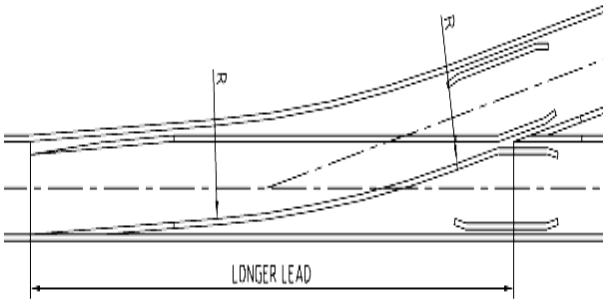


[그림 2.1.5] 리드레일 곡선형 분기기

리드레일 원곡선은 스위치의 힐 부분과 크로싱 조인트를 연결한다. 리드레일 곡선반경

은 선정된 부품들을 이용하여 가장 큰 반지름을 갖도록 구성한다. 리드레일의 길이는 이 구성에 맞도록 해야 한다.

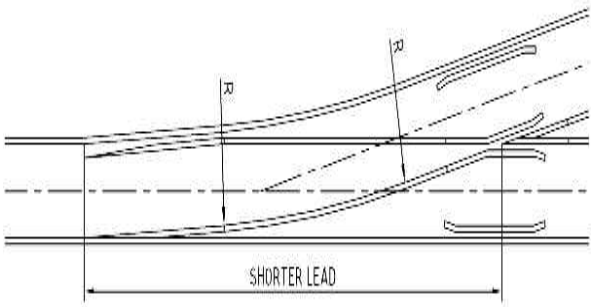
(3) 긴 리드 곡선형 분기기



[그림 2.1.6] 긴 리드 곡선형 분기기

곡선시점과 스위치 힐 사이에 직선구간 리드부는 표준 리드레일의 길이를 선택하며, [그림 2.1.6] 과 같이 가능한 한 길게 한다. 긴 리드부는 스위치 힐과 곡선시점 사이에 직선 구간이 되고, 리드레일의 곡선 반경은 작아진다.

(4) 짧은 리드 곡선형 분기기



[그림 2.1.7] 짧은 리드 곡선형 분기기

짧은 리드부를 갖는 분기기는 곡선 종점과 크로싱 조인트 사이에 직선구간이 있고, 곡선반경은 [그림 2.1.7] 보다 작다.

(5) 속도별 분기선 선형

[표 2.1.1] 속도별 분기선 선형

구 분	분기기 타입	분기선 선형 형식	분기선 통과속도 (km/hr)	비고
프랑스	15.3번	원곡선	80	측선에서 사용
	46번	원곡선+3차포물선	160	고속선의 건넘선에서 사용
	65번	원곡선+3차포물선	220	타방향 고속선으로의 분기 시 사용
독 일	37번	완화+원곡선+완화	160	고속선의 건넘선에서 사용
	46번	완화+원곡선+완화	220	타방향 고속선으로의 분기시 사용
일 본	18번	원곡선	70	본선/부본선 분기시 사용

2. 분기기 동력학

2.1 분기기

분기기 기하형상의 일반적인 형태는 [그림 1.1.1]과 같다. 차량이 리드레일 곡선에 진입할 때의 시점에서 분기기를 검토하면, 주요 항목은 다음과 같다.

2.1.1 진입각도

리드레일은 정해진 각도에 따라 기본레일에서 분기된다. 스위치의 첨단부는 일정각도를 가지고 있어 매우 얇고 약하다. 최근의 첨단부 설계는 거의 접선형으로 되어, 접선 진입이 가능하도록 한다.

2.1.2 리드레일 곡선반경

설계 곡선반경은 스위치의 종류를 결정하게 하는 요소가 되고, 분기기 반경은 크로싱각의 표준 범위에 따라 적절하게 설정된다. 분기기 반경은 승차감 혹은 궤도 작용력에

따라 최적화도 가능하지만, 실제적으로는 요구사양에 따라 거의 결정된다.

2.1.3 크로싱

크로싱은 분기기에서 직선으로 차륜이 통과하도록 한다. 크로싱은 차륜을 통과하기 위해서 적절한 간격이 필요하며, 일반형 크로싱은 차륜이 레일과 접촉이 끊어졌다가 다시 회복할 때 충격이 발생한다. 고속분기기는 크로싱의 노즈가동이 가능하여, 크로싱 부에서 차륜이 레일과 연속 접촉상태로 주행할 수 있다.

분기기는 궤도 특성과 차량운동이 불연속적 특성으로 구성되어 있어, 차량과 인프라 간에 많은 힘이 작용되며, 저속 탈선은 일반궤도 지역보다 분기기 지역에서 더 자주 발생한다.

분기기의 특이한 기하형상이 차량의 동적거동에 영향을 미친다. 실제적으로 다음과 같은 운용요구사항에 의한 분기기에 미치는 영향들이 있다.

- 스위치 진입은 차량의 휠셑에 급변 횡방향 틀림을 야기한다.
- 스위치 진입에서 충격력은 선로의 궤도체결장치에 부가적인 횡적 거동을 일으킨다.
- 운용요구사항에 의해서 스위치 부근에 레일 이음매부를 설치해야 할 수도 있다.
- 기존선의 분기기는 크로싱 노즈에서 충격을 발생한다.

2.2 궤도 작용력

휠셑은 스위치 진입 시, 바깥레일에 충격을 가한다. 이 충격은 휠셑이 궤도곡선에 따라 회전할 틈이 없기 때문에 발생하고, 모든 플랜지가 리드 레일에 접촉할 완료될 때까지 진행되며, 휠셑의 방향전환이 될 때까지 레일과 플랜지 접촉 역시 계속된다. 진입 충격각을 쉽게 예측할 수 있는 곳의 선두 휠셑에 의해서 발생되는 충격량은 다음과 같은 식에 의해서 구할 수 있다.

$$P = \alpha v \sqrt{k m_u} \quad (dmv) \tag{2.1}$$

단,

P : 바깥레일에 작용하는 최대 충격력

α : 플랜지와 리드레일이 만나는 점에서의 진입각도이며, 진입각도는 스위치 진입각도보다 큼

v : 차량진입속도

k : 충격점에서 궤도의 횡방향 강성

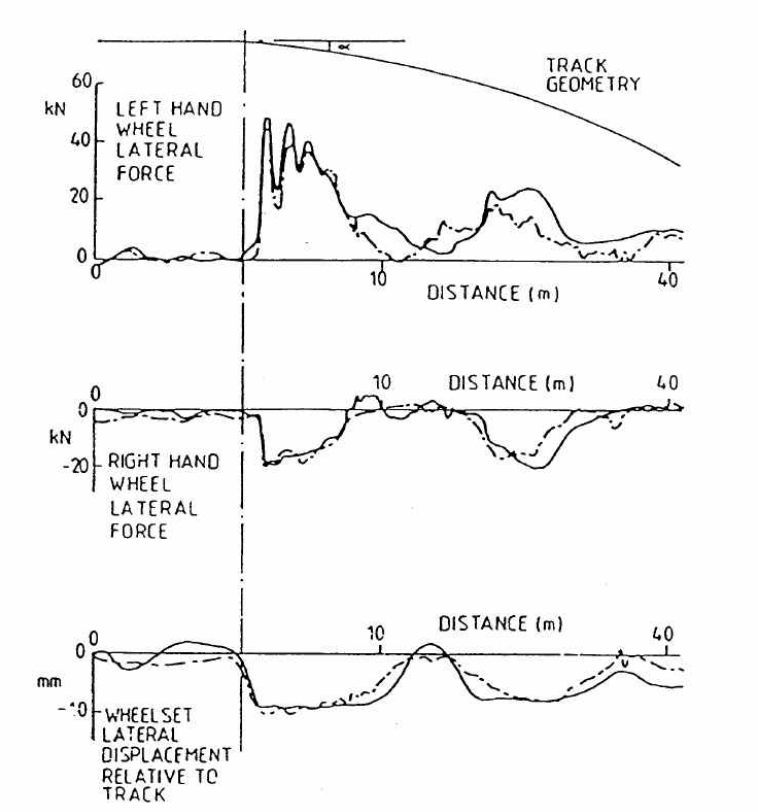
m_u: 차량의 하질량(Unsprung mass)

강성 k는 충격점에서 레일두부에 횡방향으로 측정하였으며, 강성은 레일의 굽힘강성, 체결장치 및 선로의 체결부의 횡방향 강성이 조합된 것이다. 굽힘강성을 모르는 경우(일반적인 경우 4 [MN/m])는 위의 식을 사용할 수 없지만, 다양한 변수의 영향을 분석하는데 도움이 된다.

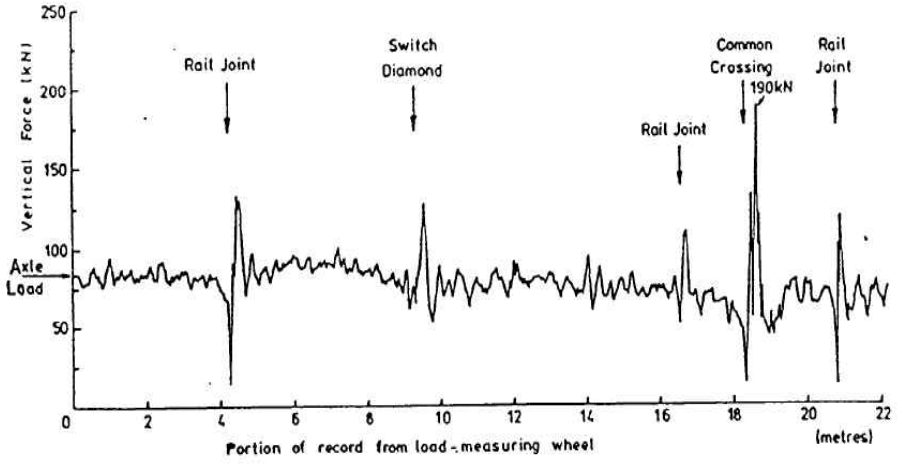
αV의 변수의 곱은 BR 스위치에서 0.1로 거의 일정하며, 승차감을 유지하기 위하여 도출된 값이다. 스프링 하질량 2400[kg]인 차량을 가지고 여러 종류의 스위치에 대해서 충격량을 측정하였으며, 충격량은 거의 40[kN]으로 측정되었다.

실험으로부터 얻어진 최대 충격력은 이론적인 식에 얻어진 값과 함께 그림 2.1.8 에 나타나 있다. 측정된 충격값은 예측된 값보다 크며, 특히 고속에서 더 크다. 그 이유는 선형이 속도가 증가할수록 많은 영향을 미치기 때문이다.

크로싱에서 수직력은 순간적으로 작용하지 않는다. 이것은 크로싱노즈에 충격력을 발생시킬 뿐만 아니라, 순간적으로 차륜이 플랜지 접촉이 일어나도록 하는 등 필요한 안내력을 잃어버리게 된다. 노즈가동형에서는 연속적으로 휠과 레일의 접촉이 일어난다.



[그림 2.1.8] 분기기 진입 시에 측정 값 및 예측 값



[그림 2.1.9] 일반 크로싱에서 수직 충격력 측정값

2.3 분기기의 동적거동[R. V. Liccadello]

분기기와 관련된 동적거동 분석은 이론 및 실기를 병행하는 것이 가장 적합하다. 철도에서의 실험은 상당한 비용과 시간을 필요로 하지만, 수학적으로 모델이 완벽하게 개발

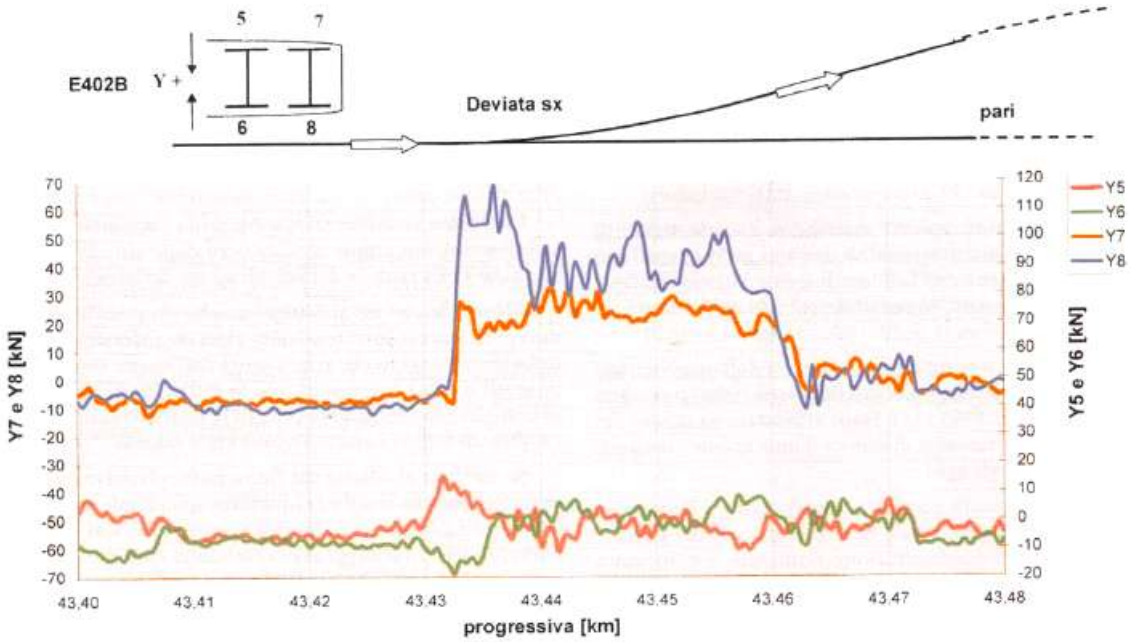
되어 있지 않아 반드시 실험을 수행할 필요가 있을 때도 있다. 특히 분기기는 열차 통과에 대한 충분한 실험 데이터 및 동적거동에 대한 수학적 모델링이 없다. 분기기의 중요한 요소들에 대한 거동 분석의 상관관계를 가지고, 차량 동적거동에 대한 스위치 블레이드의 동적거동과 그것의 결과를 규명할 필요가 있다. 같은 형태의 분기기 2개를 가지고 블레이드에 따라서 굽힘의 정적 및 동적측정을 수행하였다. 분기기는 통상의 설계를 이용한 것을 사용하고, 블레이드 첨단은 철관을 이용하여 구동시키며, 1개의 선로전환기를 가지고 동작된다.

2.3.1 분기기에서 대차 동적거동

분기기 진입은 직선궤도와 비교해서 부가적인 동적거동이 포함된다.

- 완화곡선이 없을 때의 현상 - 대차는 강제적으로 아주 짧은 시간에 각속도를 변화하도록 하며, 이것은 충격 안내력을 필요로 한다.
- 스위치 블레이드의 휨에 의한 현상 - 얇은 스위치 블레이드의 횡적진동은 정상적인 횡적진동보다 크며, 횡방향 구속이 각기 다른 간격으로 설치되어 있고, 그 형태 또한 일정하다.

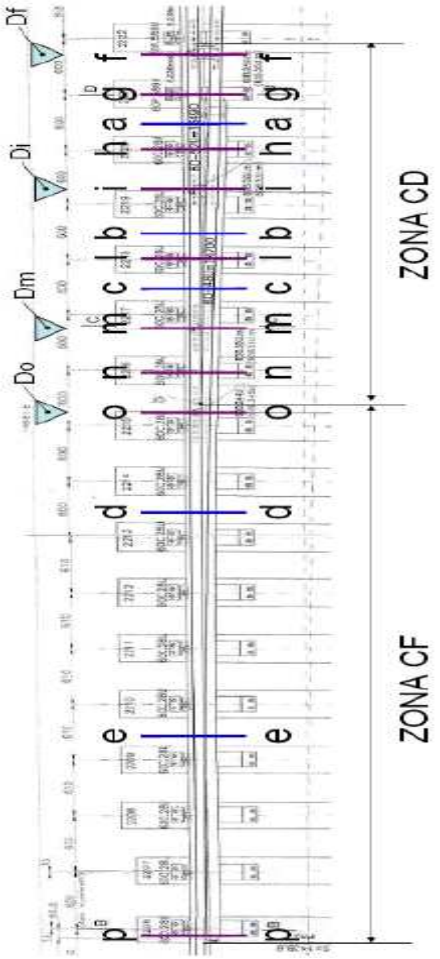
이러한 현상들에 대하여, 작용된 힘의 크기는 [그림 2.1.10] 에 나타낸 것과 같이 횡력을 측정하여 얻을 수 있다. 400m 반경에서 안내 차륜에 작용하는 힘은 60kN까지 상승하였다가 40kN까지 감소한다. 각속도의 충격 값 변화는 20kN의 동적 증가를 일으킨다. 다른 한편으로 43.44km 이후 4개의 연속 피크는 2번째 현상에 해당한다(분기기의 4개 스터드 통과). 여기서 동적성분은 ±10kN에 해당한다.



[그림 2.1.10] 40km/h로 주행할 때 4개의 차륜에서 작용되는 횡력

2.3.2 동적 블레이드변형

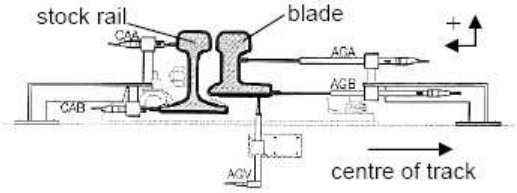
위에서 기술한 접촉력의 동적성분을 보다 잘 이해하기 위해서, 곡선반경 400m와 접선기울기 0.074이고, 분기기 형식(FS S.60UNI/400/0.074)에서 기본레일과 블레이드의 횡방향 및 수직방향 변형을 측정하였다. 블레이드 길이는 10m 이며, 분기기 통과속도는 60km/h이다. 변위검지기의 설치위치를 각각 달리하는 2가지 방법으로 수행 되었다. 첫 번째는 5개의 변위검지기를 갖는 장치를 5개 부분에 설치하였으며, 2번째는 2개의 변위검지기가 있는 장치 14개를 설치하였다. 41개 차량이 통과하였으며, 7개 화물차(기관차 E655, E656 및 16-24 차량), 5개 커뮤터 (EMU 4개의 차량), 8개 열차는 펜돌리도(틸팅열차) 8개 열차, 나머지는 여객열차(기관차 E464, 5~9개 차량)로 구성되었다.



[그림 2.1.11] 센서 설치 구역



[그림 2.1.12] RFI 시험 사진



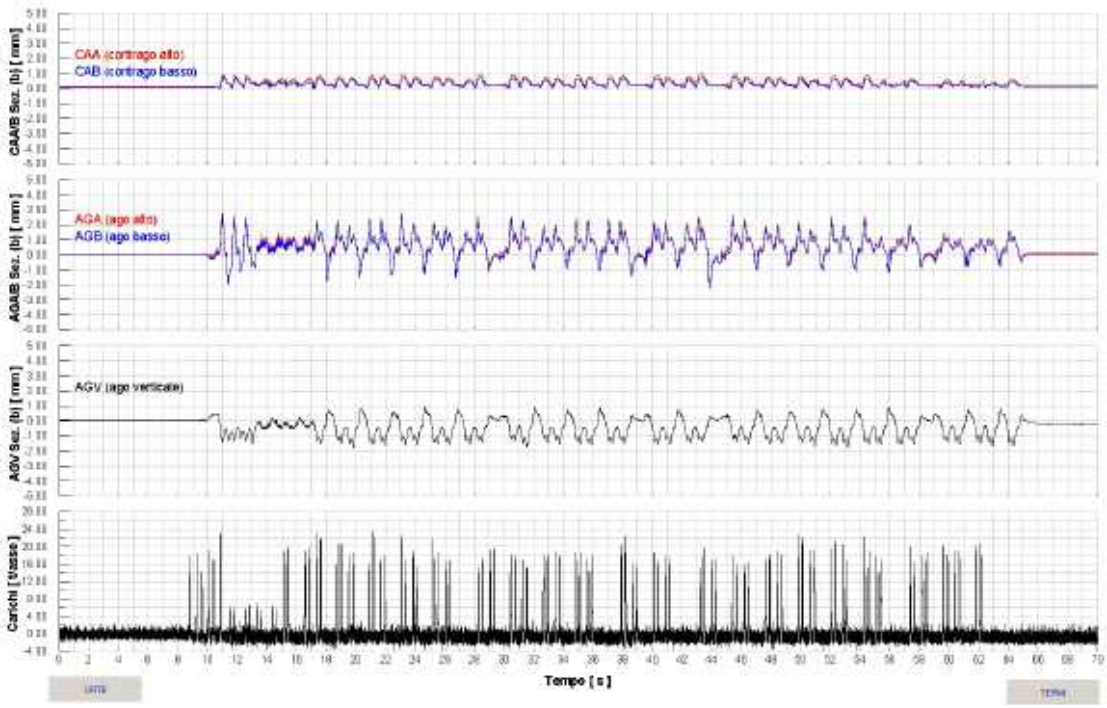
[그림 2.1.13] 변위 측정

[그림 2.1.11]은 동적 변위를 측정하기 위해 센서가 설치된 구역이다. “CF”는 포인트와 기본레일이 접촉이 되며, 4개의 간격쐐기(D)를 나타낸다. [그림 2.1.12]는 RFI 시험장소 사진 오른쪽에 변위계 설치된 것을 나타내며 [그림 2.1.13]은 단면 “b”에서 측정을 위해 설치된 변위계 나타낸다. 변위계는 침목대에서 블레이드와 기본레일의 변형을 측정한다.

[그림 2.1.14]는 첫 번째 측정결과를 나타낸다. 기본레일과 블레이드에 관련된 결론은 측정결과에서 유추한 것이다.

- 침목에 대한 기본레일 횡변위는 궤도중심으로부터 “+” 방향이다. 기본레일의 횡변위는 간격쐐기를 통하여 전달된 힘에 의해서 일어난다. 일부구간에서는 회전운동이 발생한다. 최대 변위는 +2mm내외 이다.

- 블레이드의 횡방향 변위는 블레이드가 -2mm ~ +2.5mm에서 일시적으로 반복적인 횡운동이 발생하는 것을 나타낸다. 단독 차륜이 통과할 때는 명확하게 나타난다. 최대변위는 -5mm ~ +3mm 이다. 마이너스 변위는 궤도 중심축을 기준으로 하여 발생한다.
- 블레이드의 수직변위는 -1.5mm와 +1mm가 관찰되었으며, 최대변위는 -2.5 ~ +1mm 이다.



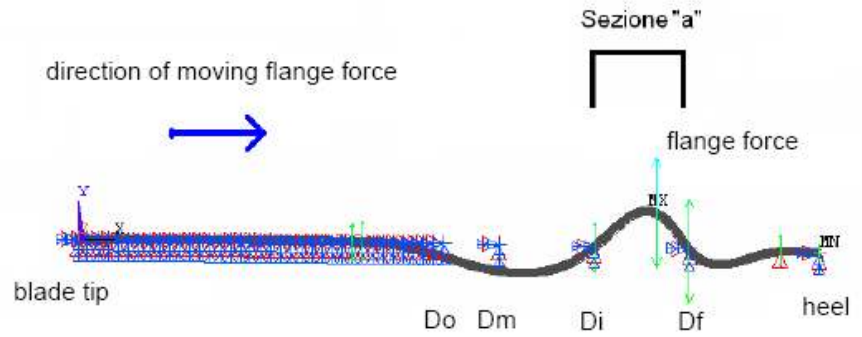
[그림 2.1.14] 측정 결과

[그림 2.1.14]에서 포인트와 기본레일이 접촉되는 섹션 “B”에서 측정된 동적 변형의 예. 센서가 크로싱 전에 6.75m의 레일에 설치된 스트레인 게이지를 이용하여 측정된 윤축부하를 나타냈다. 측정은 E655기관차와 22 화물차량이 통과하는 것을 측정하였다.

검측된 모든 자료의 분석에서 블레이드 횡방향 굽힘 특성은 횡방향 부하가 증가에도 불구하고 축중에의 증가에 따라 크게 변하지 않는다. 이런 현상은 블레이드 베어링에서 마찰력에 기인되는 반발력이 증가하기 때문이다. 고주파 영역의 진동은 관찰되지 않았다.

다양한 모델을 이용하여, 정적 및 동적 측정결과를 이용하여 검증하였다. [그림 2.1.15]은 주어진 순간에 이동 횡력을 가지고 2-D모델로 나타낸 블레이드 굽힘형상을 나타낸 결과이다. 이 모델은 블레이드를 따라 열차가 진동하는 부분을 시뮬레이션 하기위해 부

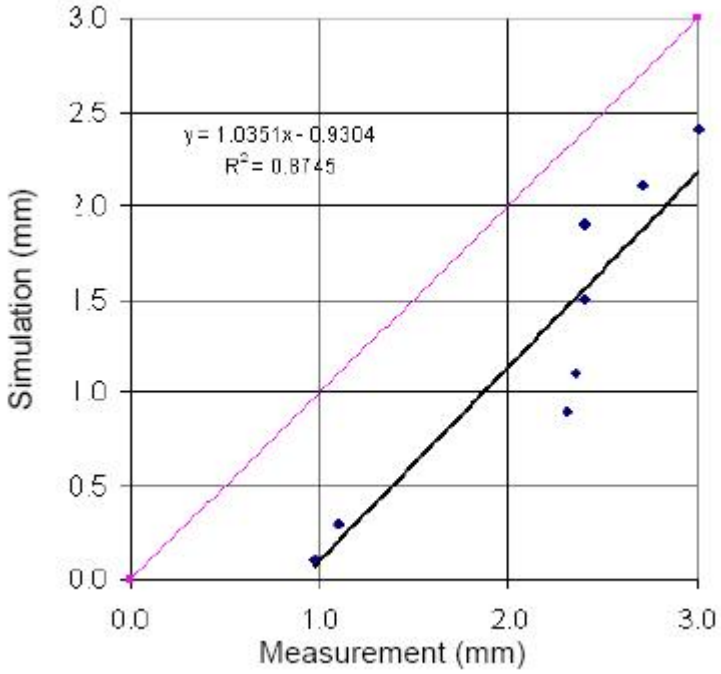
하를 가지고 움직이는 질량을 고려한 것이다. 이 간단한 모델은 실험결과와 잘 일치한다.



[그림 2.1.15] 수평면에서 블레이드 변형.

[그림 2.1.15]는 안내력 78.7kN(E464 기관차 57km/h 주행)으로 시뮬레이션한 이동부하에 의해 발생되는 수평면에서 블레이드 변형을 나타낸다. 이동부하는 시간 스텝으로 섹션 “a”에 위치하고 있다. 2-D FEM은 측정 값에 의해서 검증되었음

[그림 2.1.16]은 블레이드의 변위를 실험과 계산 결과에 따라 나타낸 것이다. 실험 값(x 축)은 여러 번의 시험 값의 평균 값을 나타낸 것이며, y축은 시뮬레이션한 값을 나타낸 것이다. 1차식으로 유추한 결과는 기울기가 45°이다. 시뮬레이션 결과를 1mm가량 차감 하면은 실험결과와 거의 일치한다(실험결과가 시뮬레이션 결과보다 1mm가량 크다). 이것은 시뮬레이션 결과를 쉽사리 적용할 수 없도록 한다. 즉 차륜이 간격 쇄기를 접촉하기 전에 차륜이 통과된 상태에서 블레이드단에서 발생된 초기 횡변위이다(다시 말하면, 부하가 적용되지 않은 간격쇄기와 역방향에서의 작용은 거의 1mm 수준이다). 정상방향에서 역방향으로 전환된 블레이드끝단은 거의 간격쇄기에 압력이 가해지지 않았음이 실제적으로 실험장소에서 확인되었다.



[그림 2.1.16] 단면에서의 플랜지 힘

간격쇄기의 접촉 상태는 분기기 형식(선로전환기 사용 대 수), 환경 및 정비상태(블레이드와 상판상의 마찰력)에 따라 달라진다. 차륜이 간격쇄기를 지나갈 때 간격쇄기에 강제적으로 접촉이 발생한다. 분기기가 분기전환 후의 블레이드와 간격쇄기간의 간격이 각 전환동작마다 정확하게 일치하지는 않는다. 이것은 굽힘 선형과 이론적인 선형의 정의를 복잡하게 한다. 또 하나 모델링을 복잡하게 하는 것은 이동력(moving force)이 시간에 따라, 즉 분기기의 길이에 따라 변한다. 실험 시 변위를 발생시키는 순간적인 힘의 계산에 사용된 거의 정적인 힘보다 크다는 것을 알 수 있다.

이 결과는 접촉력과 블레이드의 탄성변위 사이의 관계를 충분히 고려한 모델이 가능하기 전까지는 시뮬레이션을 명확하게 나타낼 수 없지만, 실험과 계산결과 사이의 차감을 설명할 수 있다.

이 모델은 통과 부하에 의한 시간에 따른 블레이드 변형과 관련된 기본현상을 이해할 수 있게 한다. 이런 현상은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 일정구간에서 최대 블레이드 변형은 그 구간에서 열차가 통과할 때보다 약간 늦게 발생한다. 다시 말하면 최대변형은 부하가 통과한 후에 발생 한다.
- 블레이드는 부하의 일정위치에서 간격쇄기와 비 접촉상태가 된다. 즉, D_m과 비접촉

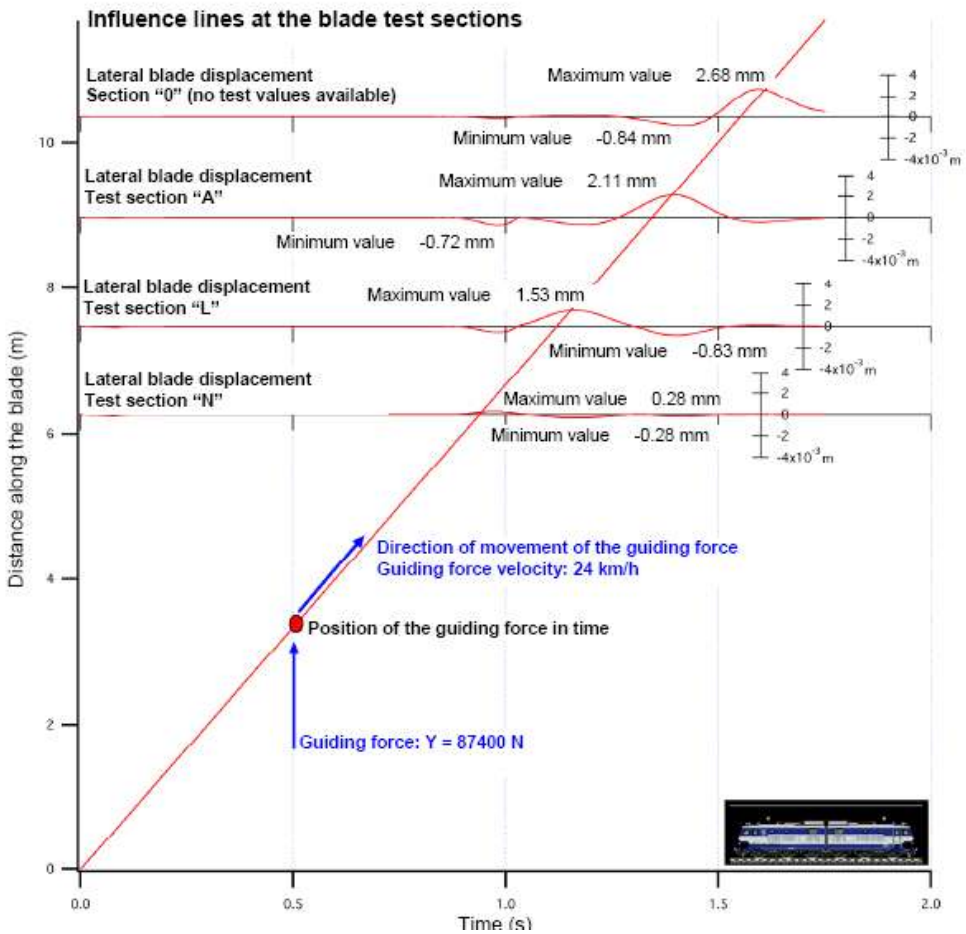
상태가 되며, 부하가 D_m과 D_i 사이에 있을 때에는 간격쇄기 D_f와 비접촉 상태가 된다. 윤축에 작용하는 횡력이 아주 작기 때문에 이러한 현상은 대차의 후속 차륜에 의해서 거의 변하지 않는다.

- 블레이드의 곡률반경은 공칭설계반경에 따라 변한다.
- 차륜의 궤적은 블레이드의 탄성변위에 따라 상당히 달라진다. 플랜지 접촉은 블레이드 전체길이에 걸쳐서 안내차륜을 밀어낸다. 이것은 차륜이 블레이드 굽힘을 추종하는 것을 의미한다. 궤적의 곡률반경은 변하며, 변경되는 정도는 블레이드 변형 정도와 비슷하다.

2.3.2 차량 횡적거동의 영향평가

분기기에 진입하는 차량 혹은 대차의 횡적거동은 일반 궤도에서보다 훨씬 복잡하다. 공칭 기하형상을 고려 시에도, 복잡하게 하는 부가적인 원인들이 다음과 같이 존재한다.

- 완화곡선이 없는 경우, 분기기 시점과 크로싱에서의 충격현상
- 분기기 전체에서 블레이드와 레일 단면이 변경됨
- 차륜에서 1번, 2번 및 3번이 갑자기 변하면서 접촉이 발생



[그림 2.1.17] 동적 시뮬레이션 결과

[그림 2.1.17]은 동적 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 분기기의 4부분에서 이동횡력에 의한 굽힘을 시간의 함수로 나타내었다. 각 시간별로 이동부하의 위치는 직선으로 나타내었으며, 직선의 기울기는 정속에 해당한다.

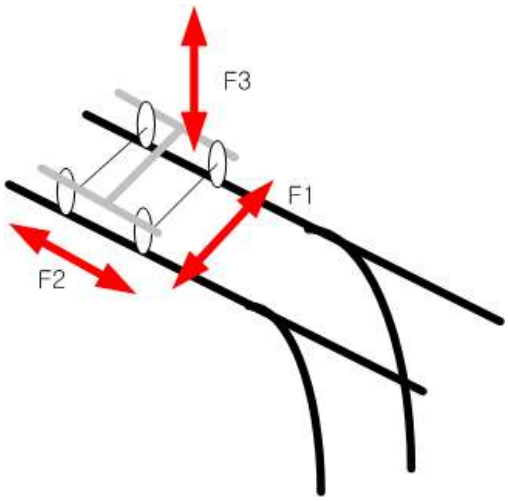
실제 분기기의 기하형상은 설계 형상과 일치하지 않는다.

- 설치한 후와 사용경과에 따라 일반적인 형상의 불규칙성이 존재한다.
- 블레이드, 크로싱 등은 시간이 경과함에 따라 마모가 발생한다.
- 블레이드의 기하형상은 열차가 통과할 때 더 많이 변경된다. 특히 블레이드를 주행하는 차륜의 횡방향 불일치에 밀접하게 관련이 있지만, 블레이드의 횡방향 변형은 1m 당 2mm의 정도로 발생한다.

특히 타오름 확률과 관계가 있는 안내력의 상한 값, 즉 횡력에 대한 블레이드 변형의 영향을 측정 및 정량화 하는 것이 어렵다. 측정도 마찬가지로 위에서 언급한 모든

변수들의 영향에 의하여 어렵다.

2.4 분기기 적용되는 발생외력



[그림 2.1.18] 궤도에 작용하는 외력

분기기에서 발생하는 외력은 차량의 속도, 축중과 궤도형태에 의해서 결정된다. 차량에 의해서 궤도에 가해진 힘으로 인해 발생되는 현상을 [표 2.1.2] 에 나타내었다.

[표 2.1.2] 차량운행에서 발생되는 결과

번호	부분	작용되는 힘	현상
1	궤도위치	횡력, 수직력	가속도, 진동, 변위, 변형
2	레일	횡력, 수직력, 축력	가속도, 진동, 파손, 변위, 변형, 마모
3	텅레일 블레이드	횡력, 수직력, 축력	가속도, 진동, 파손, 변형, 마모
4	크로싱	횡력, 수직력, 축력	가속도, 진동, 파손, 변형, 마모
5	가드레일	횡력	진동
6	침목	횡력, 수직력, 축력	가속도, 진동, 파손
7	체결구	횡력, 수직력, 축력	가속도, 진동, 파손
8	이음매	수직력	가속도, 진동, 파손
9	자갈	횡력, 수직력, 축력	가속도, 진동, 파손
10	설해방지커버	충격력	파손, 변형

[표2.1.2] 에 나타난 현상은 가속도, 진동, 변위, 변형 및 마모가 발생한다.

[표 2.1.3] 분기기에 작용하는 물리량

번호	물리량	단위	측정방법
1	가속도	$m/\sec^2$	가속도계
2	진동	$rad/\sec$	거리계
3	변위	m	거리계
4	변형	m, θ	거리계, 각도계
5	마모	mm	

궤도에 발생하는 물리량은 가속도, 진동, 변위 등이 발생한다

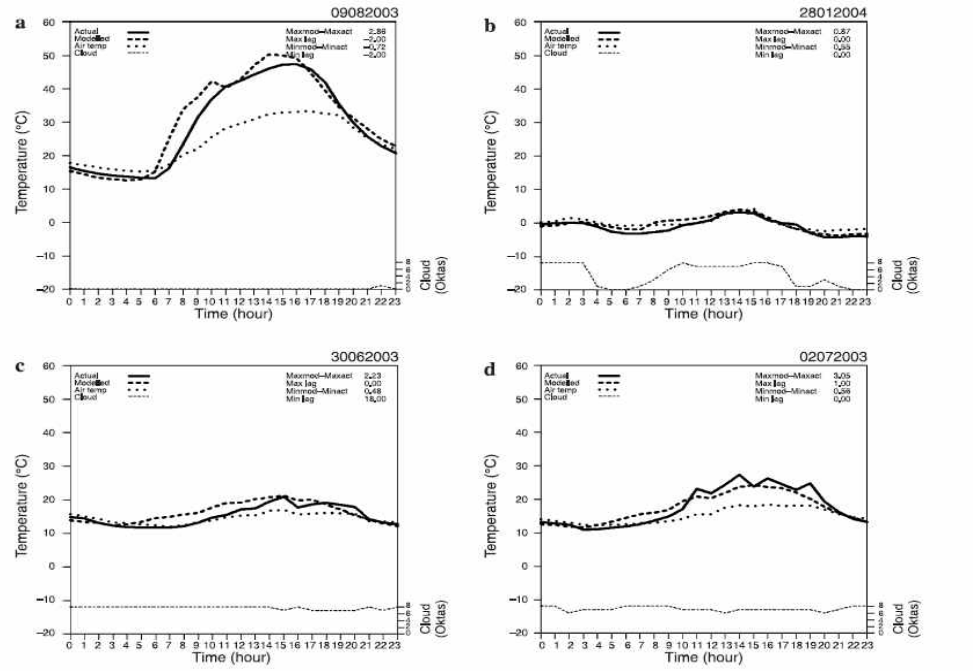
2.4.2 외부 스트레스 인자

레일은 차량의 주행과 상관없이 온도에 의해서 열팽창 및 수축을 하게 되어 있다. 레일은 체결구, 침목, 자갈 등에 의해서 구속되어 있어, 온도가 변할 시에 상호 응력이 작용한다.

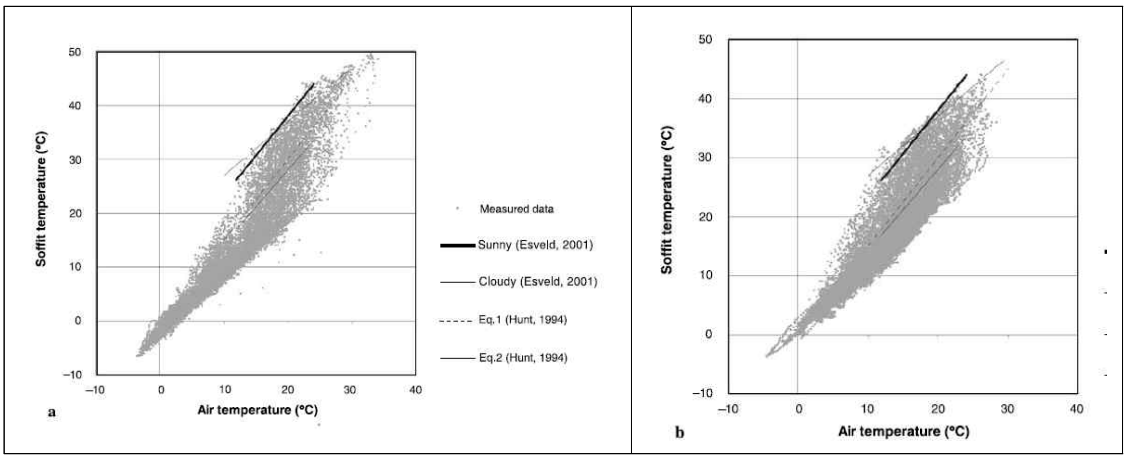
(1) 레일온도

(2) 장비온도

(3) 대기온도



[그림 2.1.19] 영국날씨 온도 a) 한여름, b) 한 겨울, c) 습기찬 날씨, d) 일반적 영국여름



[그림 2.1.20] 공기 대 레일온도 a)Winterbourne b) Leominster

철의 선팽창계수는 다음과 같다.

[표 2.1.4] 철의 팽창계수

종류	선팽창계수 $\alpha(20\sim40℃)\times10^{-5}$	E $(kg/cm^2\times10^6)$
순철	1.17	2.12
연강(C 0.12 ~ 0.20)	1.12	2.09
경강(C 0.4 ~ 0.5)	1.07	2.09
주철	0.92 ~1.18	0.75~1.30



[그림 2.1.21] 압축력 및 인장력에 의한 레일파괴

레일의 온도 스트레스는 다음과 같다.

$$\sigma_T = E\alpha\Delta t \qquad (2.2)$$

단,

E : 레일 강의 영율

α : 레일 강의 선팽창계수

Δt : 레일 온도 변화량

$E=2\times10^6 kg/cm^2$, $\alpha=1.2\times10^{-5}$으로 가정할 경우에 1℃ 변경된 경우 $1cm^2$당 적용되는 힘은 $240N$이 작용 된다.

[표 2.1.5] 레일의 팽창계수

레일종류	선팽창계수	재질	단면적(cm^2)	1℃ 변경 시 작용력
50T	1.2×10^{-5}/℃	철합금	64.33	15439N
60	1.2×10^{-5}/℃	철합금	77.5	18600N
UIC 60	1.2×10^{-5}/℃	철합금	76.87	18450N

레일의 압축응력은 72 N/mm^2, 인장응력은 $92N/mm^2$ 이하이어야 한다.

2.5 분기기 사고 및 장애 사례[]

2.5.1 철도공사 분기기 설치현황

한국철도공사에서 설치한 분기기는 [표 2.1.6]와 같다.

[표 2.1.6] 한국철도공사의 분기기 현황

본측선별		계	60KG						50NS					50PS					37KG, 기타				
			계	18#	15#	12#	10#	8#	계	15#	12#	10#	8#	계	15#	12#	10#	8#	계	15#	12#	10#	8#
총계	**계**	**10,355**	**1,069**	**24**	**186**	**399**	**249**	**211**	**7,670**	**207**	**876**	**1,280**	**5,307**	**228**	**6**	**33**	**36**	**153**	**1,388**	**4**	**17**	**44**	**1,322**
	주본선	**3,546**	**845**	**24**	**155**	**348**	**213**	**105**	**2,578**	**193**	**694**	**708**	**983**	**23**	**-**	**4**	**8**	**11**	**100**	**1**	**15**	**8**	**76**
	기타본선	**1,450**	**146**	**-**	**20**	**48**	**29**	**49**	**1,193**	**9**	**126**	**289**	**769**	**53**	**6**	**24**	**6**	**17**	**58**	**1**	**-**	**3**	**54**
	측선	**5,359**	**78**	**-**	**11**	**3**	**7**	**57**	**3,899**	**5**	**56**	**283**	**3,555**	**152**	**-**	**5**	**22**	**125**	**1,230**	**2**	**2**	**33**	**1,193**
경부선	계	2,340	347	2	38	182	71	54	1,674	34	191	280	1,169	86	6	24	16	40	233	-	-	18	215
	주본선	865	286	2	36	156	61	31	577	34	163	126	254	2	-	-	1	1	-	-	-	-	-
	기타본선	320	49	-	2	26	9	12	236	-	20	95	121	33	6	23	1	3	2	-	-	-	2
	측선	1,155	12	-	-	-	1	11	861	-	8	59	794	51	-	1	14	36	231	-	-	18	213
호남선	계	708	217	-	46	86	66	19	471	15	76	93	287	3	-	3	-	-	17	-	-	-	17
	주본선	313	197	-	45	85	48	19	115	12	51	41	11	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	기타본선	89	19	-	1	1	17	-	70	-	18	22	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	측선	306	1	-	-	-	1	-	286	3	7	30	246	2	-	2	-	-	17	-	-	-	17
중앙선	계	1,287	9	-	2	4	2	1	901	42	139	179	541	49	-	-	5	44	328	1	-	3	324
	주본선	386	9	-	2	4	2	1	376	40	101	100	135	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-
	기타본선	187	-	-	-	-	-	-	182	2	35	47	98	2	-	-	2	-	3	-	-	1	2
	측선	714	-	-	-	-	-	-	343	-	3	32	308	46	-	-	2	44	325	1	-	2	322
영동선	계	471	-	-	-	-	-	-	344	8	32	55	249	1	-	-	-	1	126	-	1	-	125
	주본선	141	-	-	-	-	-	-	141	8	32	41	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	기타본선	69	-	-	-	-	-	-	69	-	-	9	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	측선	261	-	-	-	-	-	-	134	-	-	5	129	1	-	-	-	1	126	-	1	-	125
태백선	계	314	-	-	-	-	-	-	170	8	16	30	116	6	-	-	-	6	138	-	-	1	137
	주본선	66	-	-	-	-	-	-	65	7	12	19	27	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
	기타본선	57	-	-	-	-	-	-	52	1	4	10	37	5	-	-	-	5	-	-	-	-	-
	측선	191	-	-	-	-	-	-	53	-	-	1	52	-	-	-	-	-	138	-	-	1	137

2.5.1 분기부 사고(장애) 발생현황 및 분석

최근 10년간 분기부에서 발생한 전체 사고 및 장애와 관련하여 발생현황을 유형별로 분석하여 보면 다음과 같다.

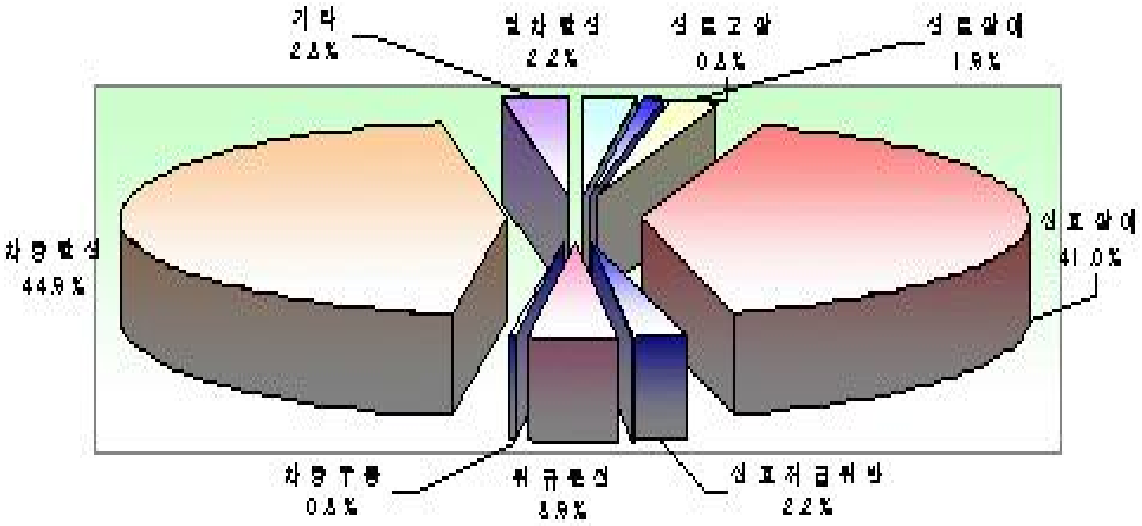
(1) 분기부 사고(장애) 현황 및 분석

가. 연도별 사고발생현황(최근 10년간)

① 최근 10년간 분기부에서 발생한 사고(장애)는 총 363건으로 연평균 36.3건의 사고가 발생하였으며, 이 중 차량탈선이 163건으로 전체 사고의 44.9%, 신호장애가 149건으로 41%를 차지하고 있으며,

② 기타 위규운전(14건, 3.9%), 신호취급위반(8건, 2.2%), 열차탈선(8건, 2.2%) 등의 순으로 사고가 발생하였다.

③ 참고로 최근 10년간 차량탈선사고는 385건이 발생하여 연간 38.5건이 발생하였다



[그림 2.1.22] 연도별 사고발생 현황

[표 2.1.7] 연도별 사고발생 현황

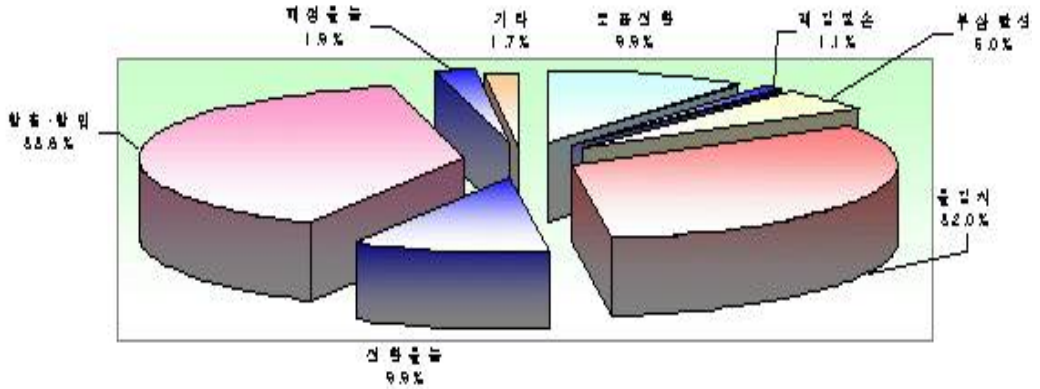
년도별 / 사고종별	계	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
계	**363**	**41**	**35**	**28**	**26**	**35**	**43**	**43**	**43**	**30**	**39**
열차탈선	**8**	-	2	2	1	-	2	1	-	-	-
선로고장	**3**	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-
선로장애	**7**	1	-	1	-	1	3	1	-	-	-
신호장애	**149**	19	9	5	9	12	24	21	18	16	16
신호취급위반	**8**	1	1	-	1	1	-	-	2	-	2
위규운전	**14**	-	-	1	1	2	1	2	3	2	2
차량구름	**1**	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
차량탈선	**163**	18	22	19	13	18	12	12	18	12	19
기타	**10**	2	-	-	1	1	1	3	2	-	-

④ 위의 도표에서 보듯이 분기부 사고에서 신호장애를 제외한 차량탈선사고가 약45%로 시설분야의 입장에서 좀 더 심층적인 분석이 필요할 것으로 판단된다.

나. 유형별 분석

① 발생현상별 분석

- 발생현황별로 분석결과 분기기 할출·할입이 140건으로 39%, 신호장애(불일치)가 32%를 차지하고 있으며, 취급부주의에 의한 도중전환도 36건으로 10%를 차지하고 있는 것을 알 수 있다.



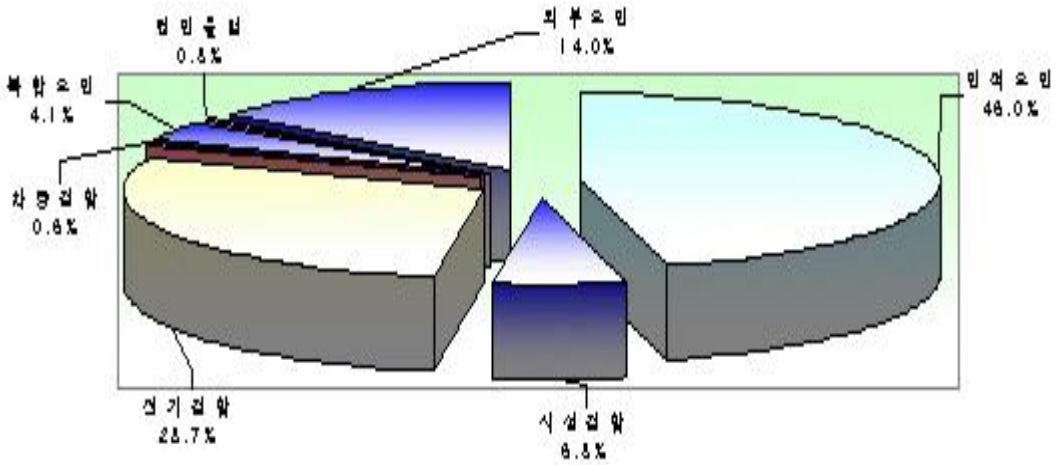
[그림 2.1.23] 분기부 사고발생 유형

[표 2.1.8] 분기부 사고발생 유형

년도별 현상별	계	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
계	**363**	**41**	**35**	**28**	**26**	**35**	**43**	**43**	**43**	**30**	**39**
과밀착	**1**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
궤간확장	**1**	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
도중전환	**36**	5	2	6	7	3	4	3	3	1	2
레일절손	**4**	-	2	1	1	-	-	-	-	-	-
부상탈선	**18**	-	1	-	-	-	4	1	7	3	2
불일치	**116**	10	8	5	7	7	15	21	14	15	14
오동작	**1**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
전환불능	**36**	8	2	2	-	6	11	3	3	-	1
할출·할입	**140**	13	20	13	9	18	7	14	16	10	20
해정불능	**7**	3	-	-	1	-	1	1	-	1	-
기타	**3**	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-

② 발생원인별 분석

원인별로 분석해 보면 인적요인(46%)과 전기결함(29%)이 전체의 75%로 큰 비율을 차지하고 있음을 알 수 있으나 시설결함이 23건으로 약 6%에 이르는 것으로 보아 조금 더 정밀한 보수 및 개량이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

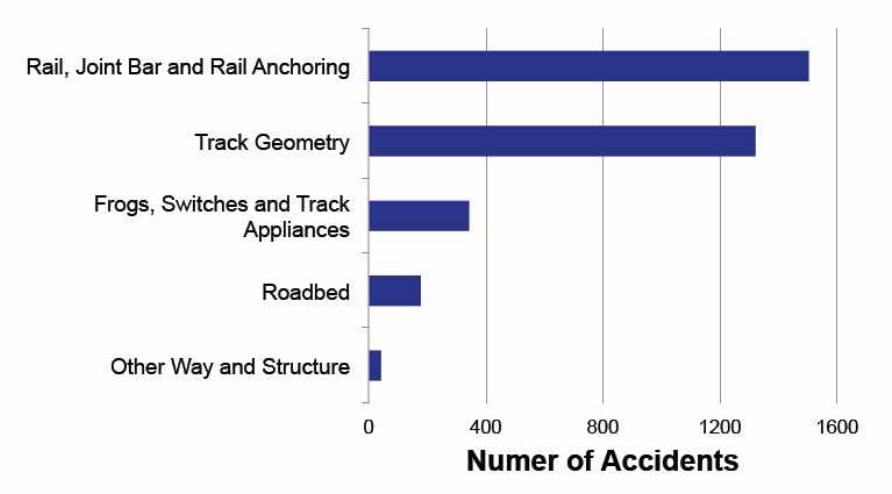


[그림 2.1.24] 분기부 사고발생 원인

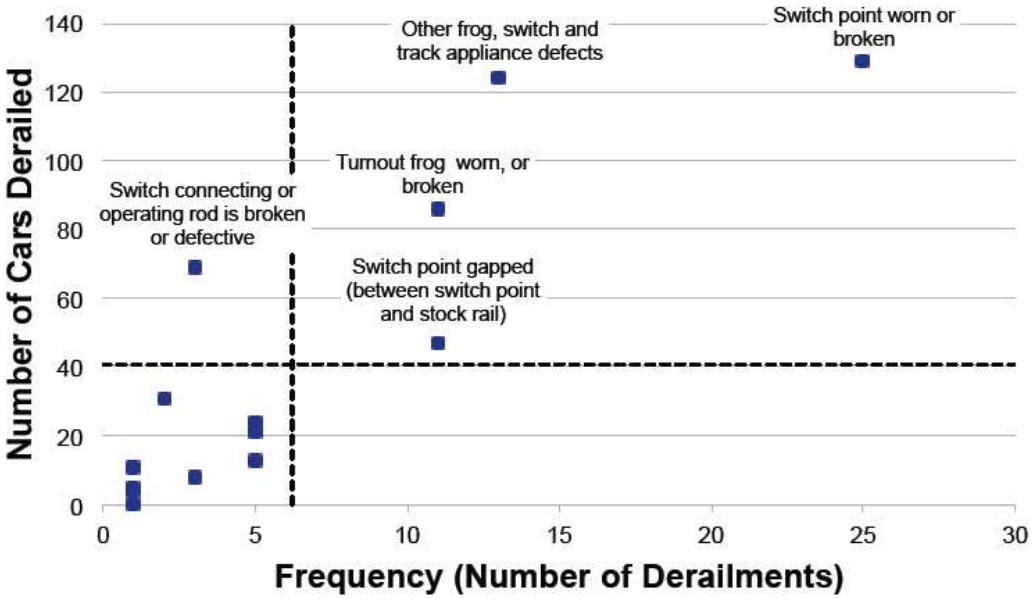
[표 2.1.9] 분기부 사고발생 원인

년도별 원인별	계	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
계	**363**	**41**	**35**	**28**	**26**	**35**	**43**	**43**	**43**	**30**	**39**
인적요인	**167**	14	22	17	17	22	10	16	16	12	21
시설결함	**23**	3	3	2	1	-	6	1	3	2	2
전기결함	**104**	16	8	5	5	5	15	14	12	11	13
차량결함	**2**	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
복합요인	**15**	1	-	1	1	-	2	2	5	2	1
원인불명	**1**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
외부요인	**51**	5	2	3	2	7	10	10	7	3	2

2.5.2 FRA의 분기부 사고 발생현황 및 분석



[그림 2.1.25] 궤도와 관련 탈선사고(FRA 1998~ 2009년)



[그림 2.2.26] 궤도등급 4 및 5에서 원인별 탈선사고(1998~2009)

3. 스위치 및 구동기의 고장

운용 중인 철도에 고장이 발생한 경우, 그 고장모드를 밝혀내는 것은 어렵다. 유지 보

수자들은 스위치 구동기의 설계와 동작을 모두 완벽하게 이해할 수는 없다. 인간의 감각만으로 고장원인을 진단하는 것은 불가능하기 때문이다. 영국에서 FRAME 시스템을 이용하여 결함을 분류하고 있지만, 결과들이 불분명하다. 각각의 분류에서 보고된 결함 횟수는 경향을 나타낸다. 다음에 오는 결과는 Railtrack Southern Zone에서 수행된 연구결과이다.

3.1 철도기기의 고장율

[표 2.1.10]은 공통 철도장치들의 연간 고장률을 나타낸다. 아래 표의 각각의 장치는 UK 철도망에서 수천여개를 사용하고 있다. 서브시스템들은 철도부품들 중 신뢰할만한 부품들이지만, 선로전환기의 구동장치는 철도 인프라 중에서 취약한 장치라는 것은 분명하다.

[표 2.1.10] 분포설치된 철도 시스템의 설치 대수 및 고장율

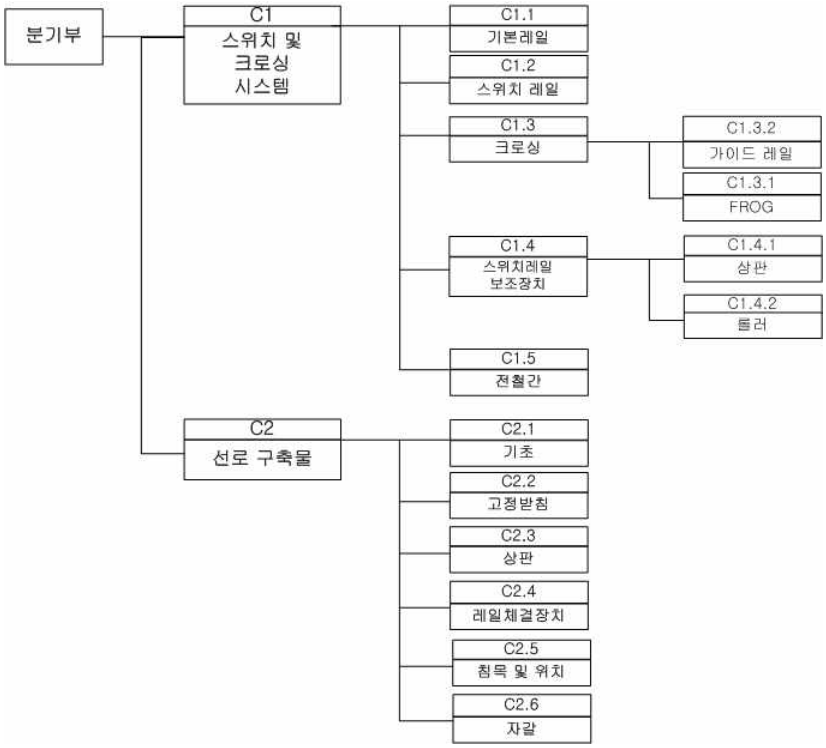
장치명	연간고장률	설치 대수
클램프 쇄정 선로전환기	0.91	718
M63 선로전환기	0.70	326
HW 선로전환기	0.52	1441
FS2600 궤도회로	0.46	528
TI21 궤도회로	0.40	1326
AC 궤도회로	0.35	3634

3.2 텅레일 및 스위치 고장 모드

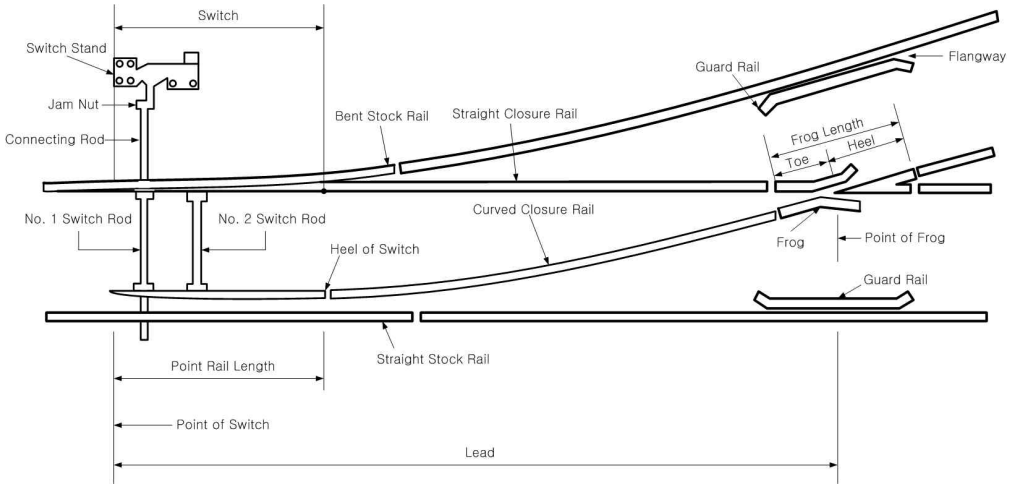
3.2.1 개요

점검은 [그림 2.1.27]에 나타난 것처럼 S&C(Switch and Crossing) 전체구역부터 일반 레일의 조인트(joint)까지 포함되며, 세부적인 점검 대상은 아래와 같다.

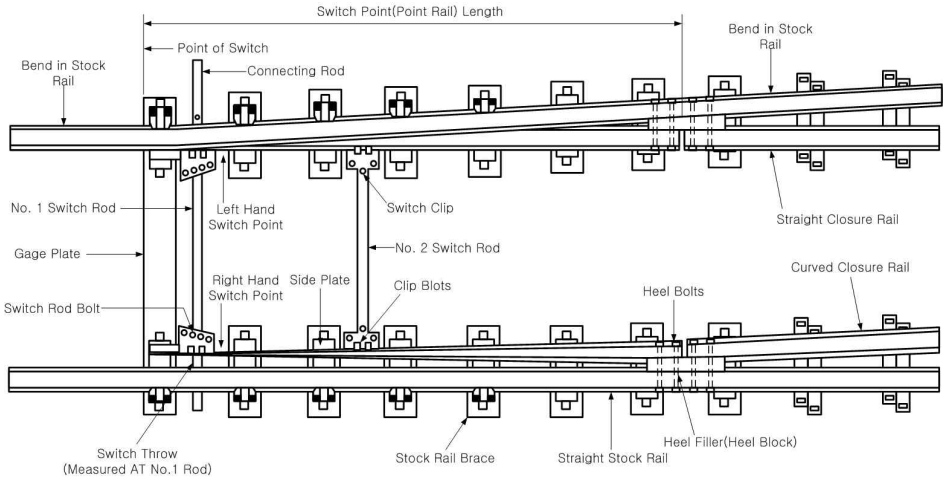
(1) 분기기(Switch and Crossing)의 구성요소



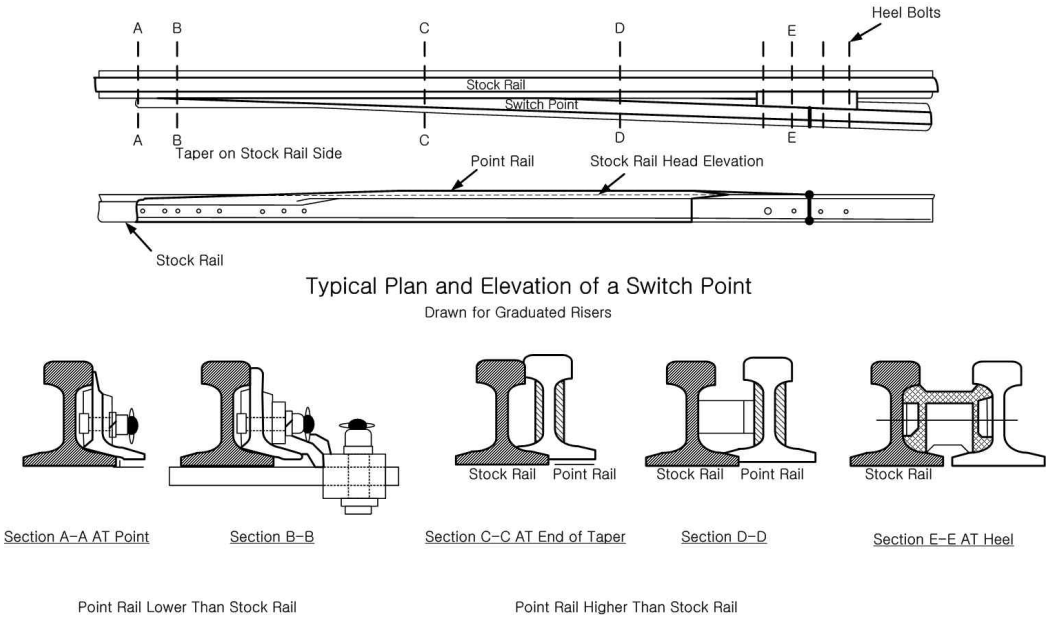
[그림 2.1.27] 분기기 구성요소



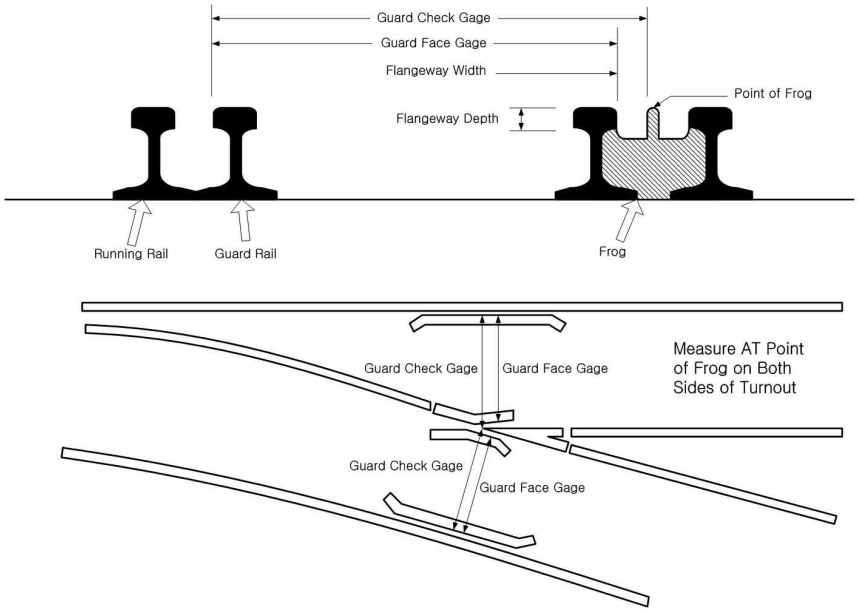
[그림 2.1.28] 분기기 명칭



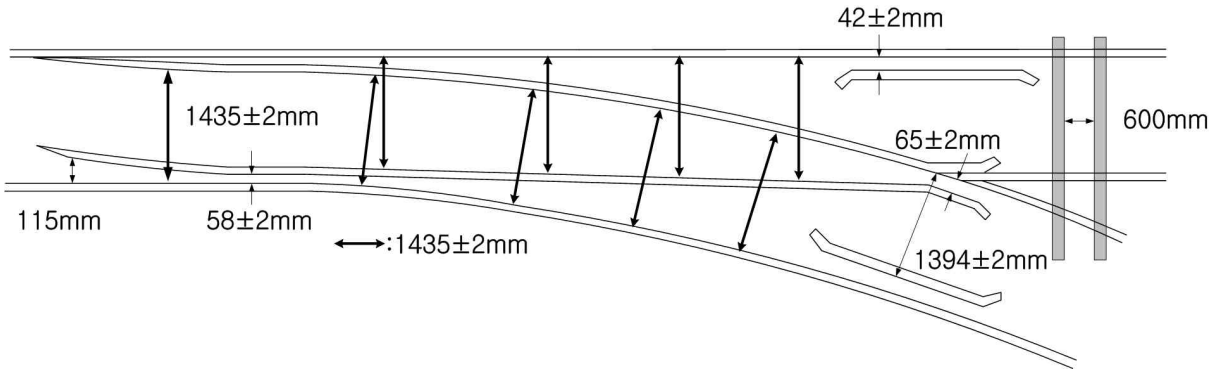
[그림 2.1.29] 텅레일 부분 분기기 명칭



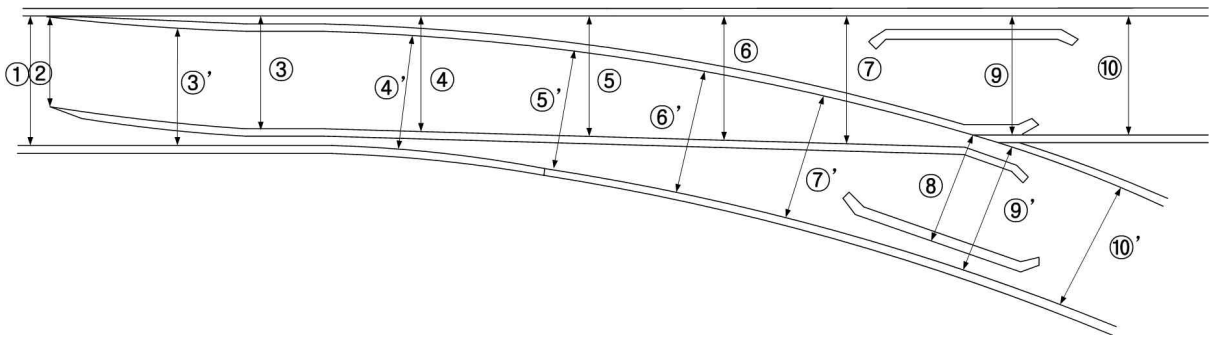
[그림 2.1.30] 기본레일과 텅레일의 불일치 상태



[그림 2.1.31] 크로싱 각부 명칭



[그림 2.1.32] 분기기 궤도형상 및 허용오차



[그림 2.1.33] 분기기 궤도틀림 검사 위치

[표 2.1.11] 분기기 궤도 칫수

위 치		길이	최대 변위(mm)
포인트부	궤간	1435±2mm	10
	포인트 동정	115mm	140
	밀착간격	1mm	5
	윤선로 폭	58±2mm	10
	윤선로 깊이		
리드부	곡선 1/4	1435±2mm	10
	직·곡선 1/2	1435±2mm	10
	곡선 3/4	1435±2mm	10
크로싱부	궤간	1435±2mm	10
	백게이지	1394±2mm	10
	크로싱 윤선로 폭	65±2mm	10
	가드레일 윤선로 폭	42±2mm	10
	크로싱 윤선로 깊이		미확정
	가드레일 윤선로 깊이		미확정

[표 2.1.12] 분기기 궤도틀림검사 측정항목 및 위치

위 치		기호	궤간	수평	면마춤	줄마춤	백게이지
포인트부	이음매	①	○	○			
	첨단	②	○	○	○	○	
	힐이음매	③③'	○	○			
리드부	곡선 1/4	④	○			○	
	직·곡선 1/2	⑤⑤'	○	○	○	○	
	곡선 3/4	⑥	○			○	
크로싱부	전단	⑦⑦'	○	○			
	노스와 가드레일	⑧⑧'					○
	노스부	⑨⑨'		○	○	○	
	후단	⑩⑩'		○			

3.3 분기기 검지항목 및 원인인자

분기기에 작용하는 외력은 횡력(F1), 수직력(F2) 및 축력(F3)으로 나타낼 수 있다. 횡력, 수직력 및 축력은 열차의 속도, 가속도, 진동 및 선로의 상태에 의해서 달라지며, 레일이 작용되는 힘의 형태는 충격, 진동 등이 있다.

(1) 궤도위치 (C2.5)

① 궤도위치는 부분적으로 검측차량(Measurement vehicle)에 의해 수행되어 왔으나, 검측차량에 의해서는 궤도위치를 정확하게 측정을 할 수 없었다. 또한 S&C의 검측 부분은 일반적인 점검리스트에 기록되지 않는 부분도 다수 보유하고 있다. 수동측정은 정해진 레일 사이의 거리에서 확실한 포인트에서 수행할 수 있다.

② 궤도위치의 변형은 횡력과 수직력에 의해서 발생하며, 가속도, 진동 및 변위 등이 발생한다.

(2) 레일 (C1.1, C1.2, C1.3)

① 균열 부분(Cracks)의 점검은 NDT 초음파 장비에 의해 수행된다. 모든 레일들은 연간 1회 혹은 2회 NDT 에 의해 점검하며, 모든 균열은 표준 가이드라인에 의해 분류되어져야 한다. 레일의 녹슨 부분(Rust) 또한 전기적 접촉을 악화시킴을 고려해야 한다.

② 레일파손은 횡력, 수직력 및 축력에 의해서 발생하며, 가속도, 진동, 변위 및 균열이 발생한다.

(3) 침목 (C2.5)

① 균열과 파손된 침목들이 점검 대상이다. 침목은 레일에 수직으로 유지되어야하며, 그렇지 않으면 궤간(Gauge)을 교정해야 한다.

② 침목의 파손은 횡력, 수직력 및 축력에 의해서 발생하며, 가속도, 진동 및 변위 등이 발생한다.

(4) 체결구 (C2.4)

① 없어진 체결구 혹은 스프링이 점검 대상이다. 20개의 침목에 4개 이상의 체결구 분실이 점검 기준이다. 스위치블레이드(Switch blade) 부분에서는 1개의 체결구 분실도 승인 불가하다. 또한 레일 양쪽 모두 체결구가 분실되었다면, 이 역시 승인 불가

하다.

② 체결구의 파손은 횡력, 수직력 및 축력에 의해서 발생하며, 가속도, 진동 및 변위등이 발생한다.

(5) 이음매 (C1.1, C1.2)

① 이음매(Joints)는 판(Plate)에 금이 간 부분(Cracks)이 없어야 하며, 볼트는 꽉 조여져 있어야 한다. 또한, 조인트(Joints)는 레일보다 낮아서는 안 된다. 절연된 블록 조인트(Insulated block joints)의 절연상태가 양호해야 하며, 침목이 잘 눌러져 있어야 한다.

② 이음매에 작용되는 힘은 수직력이며, 가속도, 진동에 의해서 자갈의 파손 및 자갈변형 등이 발생한다.

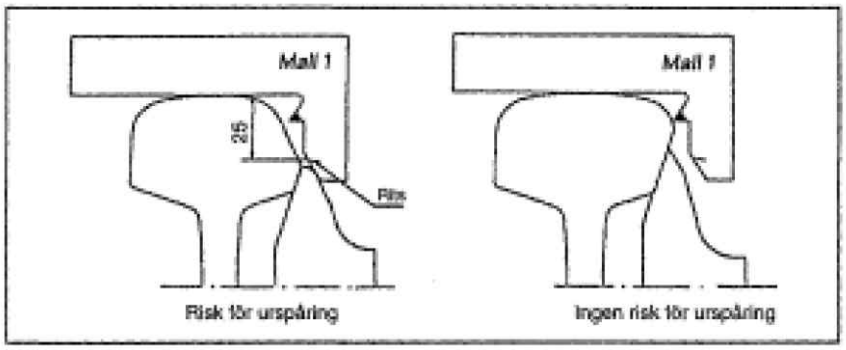
(6) 자갈 (C2.6)

① 궤도를 안정화시키기에 충분한 만큼의 자갈이 있어야 하며, 가장자리 쪽(Sideways)이 중요하다. 차량의 속도가 시속 160km/h를 넘어서면, 침목사이의 자갈은 상부 침목 표면보다 3~4 cm아래에 위치해야 한다.

② 자갈분포 불균형은 횡력 및 수직력에 의해서 발생하며, 가속도, 진동 및 레일변형 등이 발생한다.

(7) 스위치 블레이드 (C1.2)

① 고정된 패턴(Patterns) 반대편의 스위치 블레이드 마모(Wear)를 체크할 수 있어야 한다. 패턴(Patterns)의 수평수직 마모는 탈선의 위험성이 어느 정도 되는지 예상 가능하게 하며, 마모상태는 그림 2.1.31 에 나타내었으며, 좌측 및 우측은 각각 탈선 위험 및 안전한 상태를 나타낸다.



[그림 2.1.34] 텅레일 마모측정

② 블레이드에 수직력, 횡력 및 축력이 작용되며, 가속도, 진동 및 레일변형 등이 발생하고, 스위치 블레이드는 파손, 마모, 균열 및 변형 등이 발생된다.

③ 텅레일의 밀착은 텅레일 선단으로부터 500mm까지 텅레일과 기본레일의 간격은 두께게이지로 측정하여 1mm를 초과하지 않아야 한다. 텅레일의 접착은 밀착부위 이외의 텅레일과 기본레일의 간격 및 멈춤쇠와 기본레일과의 간격은 최대 3mm이내로 한다.

(8) 크로싱 (C1.3)

① 볼트나 너트의 분실 여부가 점검한다. 눈에 보이는 균열이나 손상이 없어야 한다. 크로싱을 위한 볼트들은 정확한 위치에 고정되어야 하며, 윙레일(Wing rail)과 크로싱 사이의 플랜지 통로는 어떤 장애물들에 의해 막혀있어서는 안되며, 가드레일은 정확하게 장착되어져 있어야만 한다.

② 크로싱은 수직력 및 횡력이 작용되며, 결선부가 있는 크로싱은 가속도, 진동 및 레일변형 등이 발생하며, 가즈노동형은 결선부 크로싱 보다 가속도 및 진동이 작게 작용된다.

③ 백게이지 규격은 국철에서는 1,390~1,396mm, 고속철도는 1,392~1,397mm로 규정하고 있다.

(9) 가드레일 (C2.5)

① 가드레일은 볼트로 단단히 고정되어져 있어야하며, 가드레일과 지지레일(Support

rail) 사이의 홈은 어떤 장애물들에 의해 막혀있어서는 안 된다.

② 가드레일은 횡력이 작용된다.

(10) 설해방지커버

① 적설 방지커버(Snow cover)는 단단히 고정되어져 있어야하며, 커버위에 물 고임을 방지하기 위해 배수로가 잘 구성되어 있어야 한다.

② 설행방지커버는 자갈비산, 얼음 등의 충돌에 의해 충격력이 작용된다.

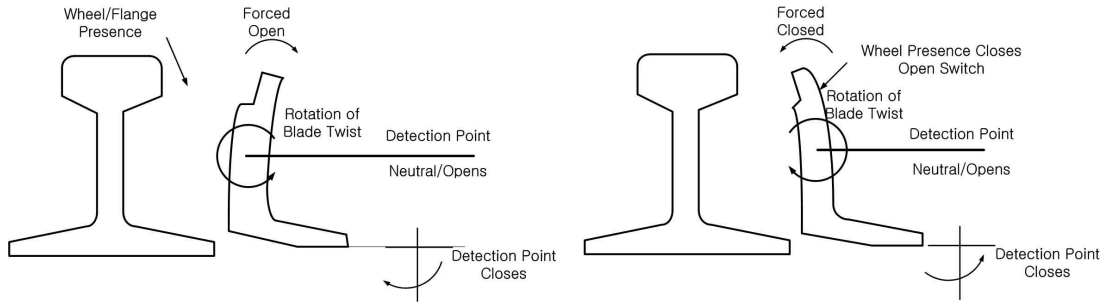
3.4 분기기 고장

헐거운 힐 블록은 스위치에서 부정확한 전환이 발생하며, 반위로 할 때에 반대편 부품에 충격을 가할 수 있다. 이 경우 보통의 경우는 떨림을 감지하게 되고, 최악의 경우는 분기기가 파괴된다. 힐 블록이 과도하게 조인 경우는 전환력 증가가 발생한다. 최근의 탄성분기기는 힐 블록이 없어, 위에서 언급한 문제는 거의 제거 되었다. 특별한 경우에 한해서만, 힐 블록에서의 급속한 곡선이 문제가 되곤 한다.

3.4.1 부정확 설치 포인트

탄성 체결장치의 사용은 레일을 정확한 위치에 유지시키기 어려울 수 있다. 시간 경과에 따른 클리프는 한쪽 포인트가 신호장치와 정확하게 일치되지 않는 위치에 있을 수 있다. 기본레일에 클리프 방지장치와 레일과 정확하게 일치가 되도록 하여 신호장치를 구축하는 고정박스 등을 새로운 분기기에 도입한다.

3.4.2 스위치 횡진(Switch roll)



[그림 2.1.35] 스위치 횡진

스위치 횡운동은 기존선의 마모된 분기기에서 잘 나타난다. 또한, 장애물을 포인트에 삽입하였을 때 발생되곤 한다. 장애물이 포인트에 끼었을 때, 선로전환기는 계속적으로 힘을 가하게 되고, 장애물을 축으로 하여 스위치가 휘어지게 된다. 스위치 횡운동은 포인트를 게이지에 맞추도록 하기가 매우 힘들게 한다. 스위치 횡운동은 차량 통과 시에 스위치의 과도한 움직임을 발생시켜, 검지를 못하게 되고 또한 궁극적으로 간류를 파괴한다.

크로우 락(Claw lock)과 같은 스위치 횡진을 방지하는 횡진방지 바가 설치될 때에, 기존의 포인트에 적정하게 조정하도록 할 수 있도록 한다. 새로운 접선형 스위치는 스위치 횡진에 문제되지 않도록 내구성이 강하게 제작되지만, 스위치 길이에 의한 탄성은 문제가 될 수 있다.

검지바를 스위치에 설치할 때, 횡진이 검지바에 영향을 미칠 수 있다. 검지장치를 중성점에 부착한다면, 스위치 횡진은 이론적으로 검지에 아무런 영향을 미치지 못한다. 검지기가 중심점 위에 설치된다면, 스위치는 두부점에서 열린 상태가 되고, 검지기는 비정상 상태로 검지하게 되어, 신호기는 정지 상태를 유지하게 된다. 장애물이 스위치의 아랫부분에 위치한다면, 레일두부와 스위치의 위치설정은 스위치 전환이동이 불가능하게 되어 스위치 전환이 불가능하게 된다. 검지기가 분기기 중심선 아래에 설치되면, 스위치 아래 부분의 장애물을 검지할 수 있다. 어찌하든, 스위치가 레일 두부에 밀착되지 않는다면, 스위치는 하부가 레일 웹 방향으로 횡진한 상태이다. 레일이 틀어짐에 따라서, 검지는 밀착된 상태에서 수행되고, 이러한 형태는 바람직하지 않다.

스위치 상부의 장애물은 거의 발생되지 않을 것 같지만, 신호쇄정시험 동안에 발생되

며, 불일치 상태로 설정하여 놓고 열차가 주행할 때 발생한다. 할출에 의한 스위치의 변형은 그러한 상황이 발생하였을 때를 검지할 필요가 있다. 탄성 분기기에서 횡진은 기존의 분기기와 같이 발생하지는 않지만, 모든 시나리오에서 스위치 고장을 검지할 수 있도록 고려해야 한다.

3.4.3 장대스위치 굽힘성

분기기의 곡선반경이 커질수록, 스위치의 길이는 커진다. 과거에는 스위치의 장애는 대부분은 전환밀착이 되지 않는 것이었으며, 대부분 포인트 동작원리에 의해서 검지되었다. 포인트가 길면 길수록, 잘 휘어진다. 장대 스위치는 기본레일에 맞도록 여러 개의 선로전환 장치를 필요로 한다. 궤간을 좁게 하는 장애물에 의해서 18mm를 초과할 정도로 궤간이 좁아지게 되면 문제가 발생할 수 있다. 스위치 길이에 따라 스위치를 정확하게 일치시키는 방법은 여러 가지가 있다.

첫 번째 방법은 스위치 길이에 따라 1개 혹은 여러 개의 검지장치를 설치한다. 이 방법은 시스템의 고장률을 증가시킬 수 있다.

두 번째 방법은 백드라이브의 충분한 품질을 높이고, 장애물이 스위치전환을 방해하면, 끝점에서 장애물을 검지한다. 이 방법은 백드라이브가 굽어지거나 파손되지 않도록 충분한 강성을 가져야 하며, 전환점 사이의 스위치 길이도 검지기에 힘을 전달할 수 있도록 충분한 강성을 확보해야 한다. 이러한 조건에 맞는 백드라이브는 장력이 적용되는 능동기능이 필요하며, 능동기능은 각 끝점과 중간의 전환점에서 크랭크의 중심에 대해서 구동거리가 변동되지 않도록 레일에 고정할 수 있어야 한다.

세 번째 방법은 부가적으로 선로전환기를 설치하는 것이며, 이것은 상당한 신뢰성 문제가 야기된다.

백드라이브를 이용 클로 스퍼락(Claw Spherlock)형태에서는 최적으로 고장모드들 검지할 수 있다. 백드라이브와 중간 스위치 위치는 간류 이동에 따라 구동바의 마지막 부분에 의해서 밀착되며, 클로우 락(Clawlock)과 전환스위치가 충분히 전환되지 않을 때의 장애물을 거의 검지할 수 있다. 이러한 경우에 전환된 스위치는 완전히 전환되어, 열차가 분기기를 통과할 때 사고위험을 상당히 감소시킬 수 있다. 분명하고 정확하게 설계된 백드라이브는 RAMS목적을 충분히 얻을 수 있다.

3.4.4 스위치 장애

스위치 장애에 의한 고장은 심각하다. 예를 들어 스위치와 스톡레일 사이에 위치한 레일 블레이드 볼트는 파손 및 스위치 동작을 일으키는 주범이다. 이런 문제를 피하기 위해서는 부품이 동작하지 않거나 혹은 잘못된 동작을 하지 않도록 설계단계에서 평가를 해야 한다. 2가지 형태의 고장이 있다.

안전관련 고장형태로서, 깨진 부품은 설치된 분기기 안전에 영향을 미친다.

2번째는 한 서브시스템의 여러 개 부품 중 하나가 고장이 발생하고, 나머지 부품은 정적으로 동작을 하더라도 열차 운행을 못하는 경우이다.

3.4.5 상판틀림 스위치

분기기의 수평이 일정하지 않은 곳은 스위치가 일부 상판에만 걸치어 있는 경우이다. 이러한 경우 상판의 마모를 가속시키고, 또한 과도한 압력에 의해서 윤활제를 소모시키고, 차량의 하중에 의해서 스위치가 틀어지게 되어 사용할 수 없게 된다. 이러한 현상은 결과적으로 분기기 수리를 불가능하게 된다. 초기에 스위치를 정확하게 설치하는 것이 중요하다.

3.4.6 수리 가능한 고장모드

정상적으로 열차운용을 할 수 있도록 분기기의 동작과 제어 장치를 관리하여야 하며, 정상적으로 동작되지 않을 때는 정지신호를 현시하여야 한다.

정상적인 동작을 위해서 검지해야 될 고장모드는 다음과 같다.

① 스위치가 기본레일에 밀착되지 않는 경우

② 스위치가 충분히 분리되지 않은 경우

③ 열린 스위치의 후부의 충분한 차륜 플랜지 통로

④ 전체 스위치 길이에 따라 정확하게 일치되는 스위치 밀착

⑤ 차량 통과 전 및 통과 중의 완전한 쇄정

다음에 오는 고장모드는 발생하지 않을 수 있음

⑥ 중요 부품의 파손 혹은 탈착

⑦ 할출할 경우에 포인트 파손을 검지.

⑧ 스위치 횡진 검지 혹은 플랜지 갭 생성 등의 스위치 횡진 발생

⑨ 기본레일의 스위치 위치검지

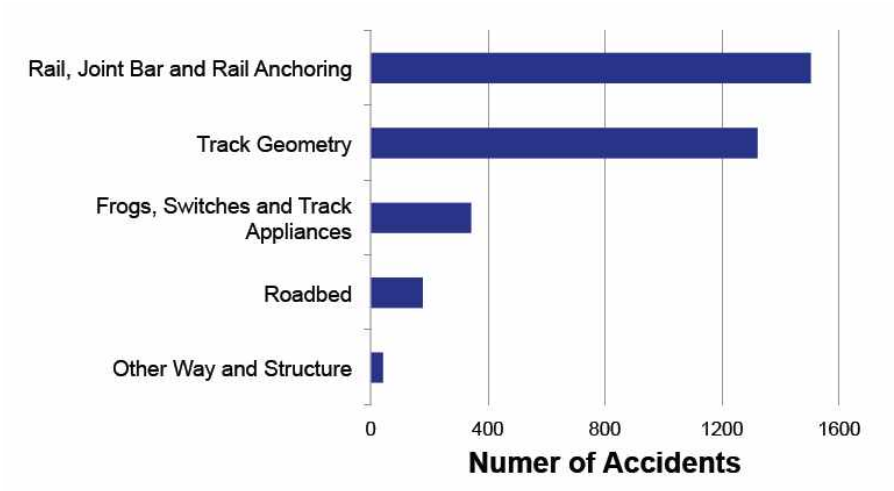
⑩ 장치 끌림에 의한 파손

4. 분기기 사고

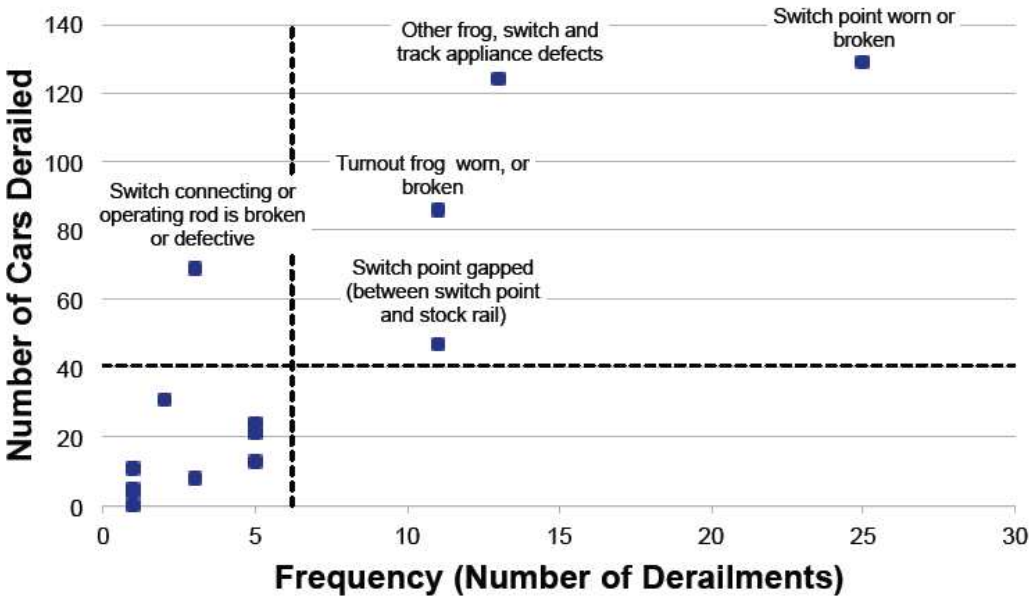
4.1 FRA 사고데이터 분석 결과

미국 FRA에서 궤도와 관련하여 탈선 사고 발생 원인을 기본데이터(1998~2009)들을 분석하여 [그림 2.1.36] 와 같이 나타 내었다. 사고발생의 원인은 레일, 조인트바 및 레일 앵커, 궤도선형, 분기기 부품, 노반 및 기타 노반 및 구조 등의 원인에 의해서 발생하였다.

그림 [그림 2.1.37] 에서는 탈선횟수와 탈선 차량 수를 원인별로 나타내었다. 수직점선은 평균 탈선횟수를 나타내며, 수평점선은 분기기와 관련된 평균탈선 횟수를 나타낸다.



[그림 2.1.36] 궤도와 관련 탈선사고(FRA 1998~ 2009년)



[그림 2.1.37] 궤도등급 4 및 5에서 원인별 탈선사고(1998~2009)

4.2 분기기 기능과 관련사항 분석

[표 2.1.13]은 분기기 서브시스템의 기능과 기능손실현상, 기능손실에 따른 이상 현상을 추정하여 나타내었다.

[표 2.1.13] 분기기 서브시스템과 기능

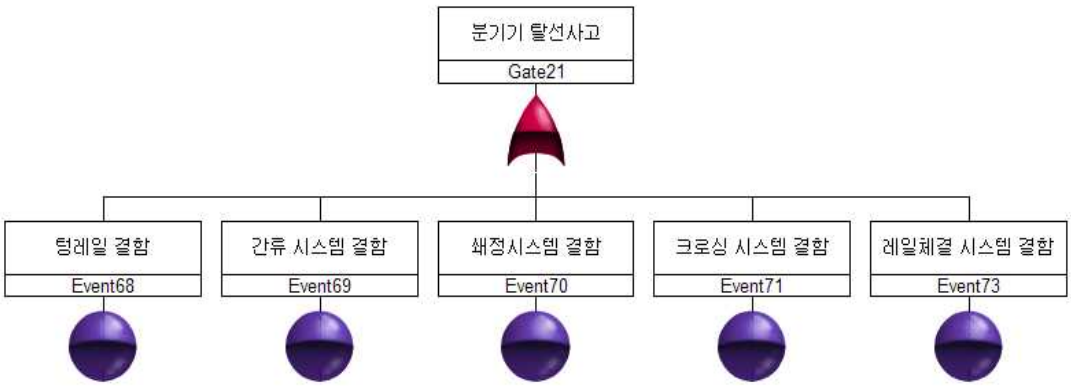
서브시스템 및 부품		기능	기능손실	이상현상
기본레일	기본레일	차량안내	파손, 틀림	궤간변동, 외력을 지지하지 못함
텅레일	텅레일포인트	차량안내	마모, 파손, 틀림	밀착불량, 플랜지통로 확보불량
	탄성분기기			
	상판	텅레일이동	틀림	전환력 증가
	롤러	텅레일이동	소착	전환력 증가
크로싱	크로싱	차량안내	마모, 파손, 틀림	궤간변동, 플랜지통로 확보불량
	가이드레일	차량안내	파손, 틀림	휠 안내 불량, 플랜지통로
간류	연결간	전환력 전달	휨, 손상, 헐거움, 고착	전환력 전달불량, 텅레일 밀착불량
	연결간 볼트너트	전환력 전달	손상, 헐거움, 유실	전환력 전달불량, 텅레일 밀착불량
	전철간	텅레일 궤간유지	휨, 손상, 헐거움, 고착	전환력 전달불량, 궤간불량
	전철간 볼트너트	텅렝일 궤간유지	손상, 헐거움, 유실	전환력 전달불량, 궤간불량
하부구조물	기초	횡력, 수직력 및 축력지지	침하	선로변형
	자갈	횡력, 수직력 및 축력지지	침하	선로변형
	침목	횡력, 수직력 및 축력지지	집중, 비스듬함, 분리	레일 변형
	레일상판	횡력, 수직력 및 축력지지	손상, 헐거움, 유실	레일변형
체결장치	체결구	횡력 및 축력지지	손상, 헐거움, 유실	궤도변형
	레일버팀쇠	횡력 및 축력지지	손상, 헐거움, 유실	궤도변형
	앵커	축력	손상, 부절한설치, 유실	
쇄정	쇄정장치	텅레일 쇄정	손상, 헐거움, 유실	텅레일 첨단부 간격 이완

4.3 분기기 서브시스템 결함분석 및 사고 분석

분기기에서의 탈선은 분기기가 차량 안내기능을 제대로 수행 하지 못하거나, 차량의 기타 원인에 의해서 발생될 수 있다. 분기기 탈선에 대한 고장원인을 분석하여 사고원인을 추론, FTA를 수행하여 [그림 2.1.38] 에 나타내었다.

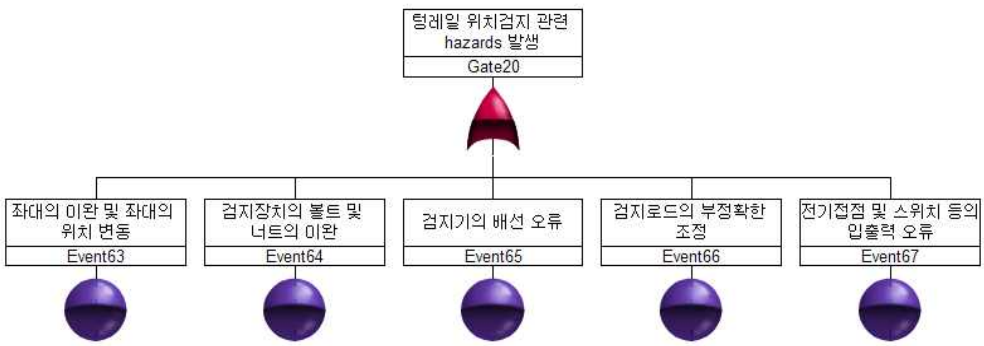
4.3.1 분기기 결함 FTA

(1) 분기기 탈선사고 FTA



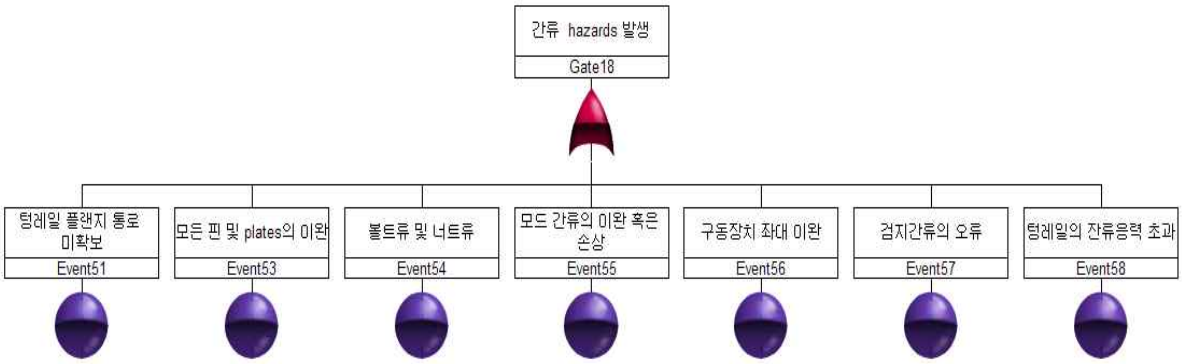
[그림 2.1.38] 분기기 탈선사고 FTA

(2) 텅레일 FTA



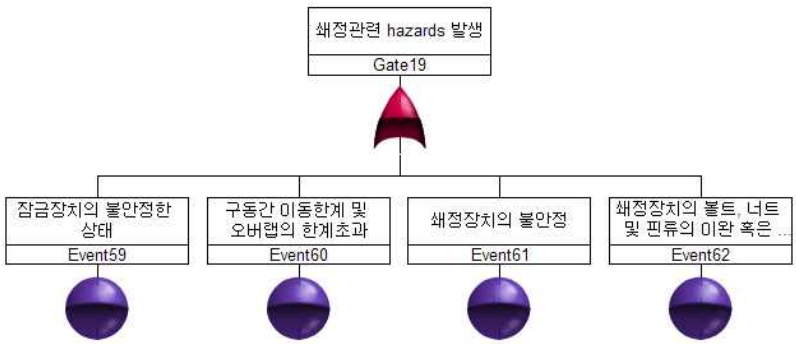
[그림 2.1.39] 텅레일 FTA

(3) 간류 FTA



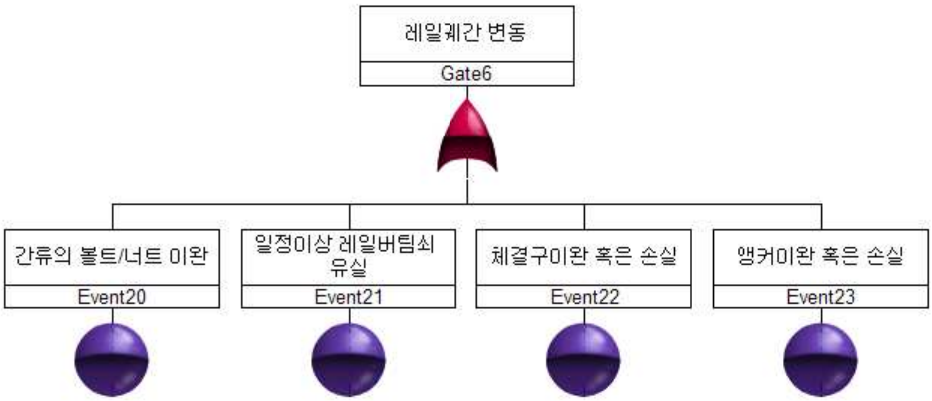
[그림 2.1.40] 간류 FTA

(4) 쇄정 FTA



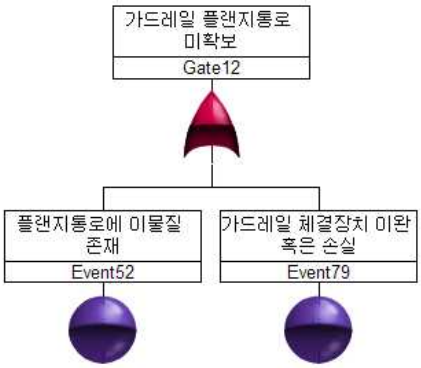
[그림 2.1.41] 쇄정 FTA

(5) 레일궤간 변동 FTA



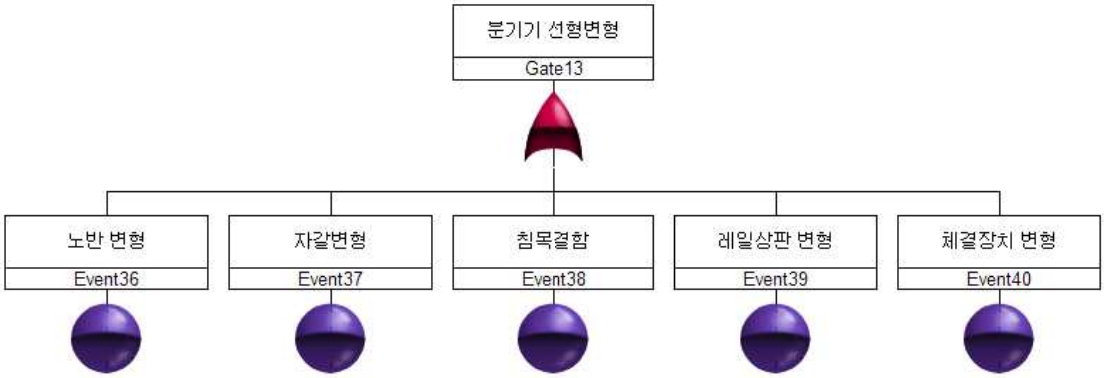
[그림 2.1.42] 레일 궤간변동 FTA

(6) 크로싱 FTA



[그림 2.1.43] 크로싱 FTA

(7) 분기기 선형 FTA



[그림 2.1.44] 분기기 선형 FTA

5. 분기기 시스템 고장 및 검지 방법

5.1 분기기 고장분석

분기기 시스템을 서브시스템별로 분류 하고 고장분석을 수행하였으며, 서브시스템과 서브시스템 간에 연관관계를 [표 2.1.14] 에서 나타내었다.

[표 2.1.14] 분기기 시스템 일반점검사항

분야	측정항목	측정 값	고장모드	발현현상	측정방법	구현방법	검측주기	해저드	결과
일반 사항	스위치가 문제없이 동작하는 가?	pass/fail		규정된 동작 대로 되지 않음	검지기 감지 선로전환기 상태 검지	검측 알고리즘의 한 S/W	상시		
	레일이 같은 중량과 단면을 갖는가 ?	pass/fail		단면축소	검측	수동검측	1회		
	플랜지통로에 이물질 없는가 ?	pass/fail	이물질 존재	통로좁아짐 통로 넓어짐	수동검측	광학검측 수동검측	상시	플랜지 통로 확보 실패	탈선
	선형은 양호한가 ?	pass/fail	레일버팀쇠 파손	선형변형	검측차 검측	검측차	주기	선형변형	탈선
	표면은 양호한가 ?	pass/fail		표면변형	검측차 검측 수동검측	광학장비 수동검측	주기		
	레일버팀쇠가 4개 이상 동작 되는가 ?	pass/fail		손상 및 유실	수동검측	광학장비 수동검측	주기	선형변형	탈선

[표 2.1.15] 분기기 시스템 서브시스템별 고장모드 및 검출방법(1)

서브 시스템	기능	측정항목	측정 값	고장모드	발현현상	측정방법	구현방법	검측주기	결과
텅레일	차륜안내	첨단부	밀착간격	밀착불량	밀착간격확대	검지기 간극측정	밀착검지기	상시	탈선
				과밀착	궤간확대	검지기에 의한 플랜지통로 측정			
			충격량	고속진입 선형변형	과대충격력	충격량 측정		상시	
			궤간	궤간변동	궤간확대/감소	검지기에 의한 궤간측정	밀착검지기	상시	
			플랜지 통로 폭	폭이 작음	폭이 작음	검지기	검지기	상시	
			전환력	밀착불량	밀착불량/과밀착	전환력측정	압력센서	상시	
			첨단부 변위	과대변위변동	변위발생 응력발생	검지기에 의한 변동측정	거리센서	상시	
리드부	차륜안내	곡선레일	궤간	궤간변동	궤간확대 궤간축소	검지기에 의한 측정	밀착검지기	상시	탈선
크로싱	다른선로로 진입	첨단부 궤간	궤간	궤간변동	궤간확대 궤간축소	검지기에 의한 측정	밀착검지기	상시	탈선
		플랜지 통로 폭	폭	통로 폭 확보 실패	플랜지통로축소	검지기에 의한 측정	수동검측	주기	휠 튀어오름에 의한 탈선
		플랜지 통로 깊이	깊이						
		크로싱 응력	잔류응력	과대응력	레일변형	레일의 응력측정	strain gage	주기	
		첨단부	마모상태	파손	차륜안내 불량	수동측정	수동측정	주기	
		두부	마모상태	과대마모	과대마모	수동측정	수동측정	주기	
가드레일	차륜유도	체크 간격	간격	다른 방향 진입 통로 폭 확보 실패	플랜지통로축소 차륜유도실패	검지기에 의한 측정	수동검측 광학장치	주기	탈선
		페이스 간격							
		프랜지 통로 폭							
		가드레일	상태		가드레일 이완	수동검측	수동검측	주기	

[표 2.1.16] 분기기 시스템 서브시스템별 고장모드 및 검출방법(2)

서브 시스템	부품	기능/상태	측정항목	측정값	고장모드	발현현상	측정 방법	구현방법	검측 주기	위험원	결과
좌대	스위치 설치대	텅레일 및 선로전환기 고정	수평면	수 평 면 및 고정 상태	불안정, 손상	텅레일 동작불량 쇄정불량	현 장 측정	수동측정	주기	밀착실패 전환력 증가	탈선 전환불능
쇄정	텅레일 쇄정장치	텅레일 쇄정	쇄정여부	쇄정여부	유실, 파손	간격 벌어짐	밀 착 검지	밀착검지기	상시	쇄정불능	할입에 의한 탈선
텅레일 / 기본 레일	좌측 텅레일 갭	플랜지 통로 확보	통로폭	폭	적정 갭 확보 실패	통로 좁아짐	동 정 측정	밀착검지기	상시		
	우측 텅레일 갭	플랜지 통로 확보	통로폭	폭	적정 갭 확보 실패	통로 좁아짐					
	좌측 텅레일 상태	정상적 상태	블레이드 상태	상태	마모, 부서짐	블레이드 변형	수 동 검측	수동검측	주기		
	우측 텅레일 상태	정상적 상태	블레이드 상태	상태	마모, 부서짐						
	좌측 텅레일과 기본레일	수평상태	수평면과의 차이	수평 값	텅레일이 낮음	충격응답	충 격 량 검 측	가속도센서	주기		
	우측 텅레일과 기본레일	수평상태	수평면과의 차이	수평 값	텅레일이 낮음						
	테이퍼를 초과한 우측 텅레일이 기본레일 보다 높음	수평상태	수평면과의 차이	수평 값	텅레일이 높음	레일 올라탐	충 격 량 검 측	가속도센서	주기	블레이드 파손	
	테이퍼를 초과한 좌측 텅레일이 기본레일 보다 높음	수평상태	수평면과의 차이	수평 값	텅레일이 높음					블레이드 파손	

[표 2.1.17]분기기 시스템 서브시스템별 고장모드 및 검출방법(3)

서브 시스템	부품	기능/상태	측정 항목	측정 값	고장모드	발현현상	측정방법	구현방법	검측 주기	위험원	결과
간류	연결 간	선로전환기와 연결하여 전환력 전달	상태	상태	휨, 손상, 헐거움, 고착	전환불능 전환불량	동정측정	밀착검지기	상시	전환불능/불량 궤간확보 실패	전환불능 할입/할출에 의한 탈선
	연결간 체결너트	간류고정	상태	상태	손상, 헐거움, 유실					전환불능/불량 궤간확보 실패	
	전철 간	텅레일 전환	상태	상태	휨, 손상, 헐거움, 고착	전환불능 전환불량 궤간변동 쇄정불량	동정측정	밀착검지기	상시	전환불능/불량 궤간확보 실패	
	연결 간 볼트/너트	간류고정	상태	상태	휨, 손상, 헐거움, 고착					전환불능/불량 궤간확보 실패	
상판	상판	텅레일안내	상태	상태	헐거움, 손상, 유실, 오염	마모 전환력 증가	전환력 전류	압력센서 선로전환기 전류검지	주기		
레일 버팀쇠	레일버팀쇠 직선부	기본레일 고정	상태	손실 갯수	헐거움, 손상, 유실	파손 유실	수동검측	수동검측 광학장치	주기	궤간변형	탈선
	레일버팀쇠 곡선부				헐거움, 손상, 유실						
힐	힐 지지물	힐고정	상태	상태	불안정, 균열, 손실	부정확한 전환 반대편 부품에 충격 궤간불량	동정측정	밀차검지기	주기	밀착불능	
	힐 볼트				헐거움, 손상, 유실						
	힐 조인트 바				헐거움, 균열, 파손						
침목	결함침목수	레일고정 상판고정	갯수	갯수	침목결함참조	레일변형 상판틀림 전환력 증가	수동검측	수동검측	주기		
	최대허용 결함갯수		개수	갯수							
	침목 간 간격		간격	갯수	기준참조						

분기기 상태 검지에 필요한 항목을 아래와 같이 도출하였다.

① 기본레일과 텅레일 밀착 상태

② 열린 텅레일 상태

③ 구동간 및 스위치 쇄정 시스템

④ 텅레일과 기본레일간의 최소 간격

⑤ 전환력

⑥ 텅레일과 간류의 잔류응력

⑦ 검지간의 위치

⑧ 텅레일 진입 시, 크로싱에서 충격량

⑨ 레일 축력

⑩ 레일온도

위의 항목들은 검지하기 위한 방법을 아래의 표와 같이 제안할 수 있다.

5.2 분기기 상태 측정방법

5.2.1 기본레일과 텅레일 밀착 상태

① 밀착간격은 1mm 이다.

② 밀착부분에 밀착검지기를 설치하여 밀착여부를 검지한디.

③ 밀착검지기는 ON/OFF 혹은 변위계를 이용하여 밀착간격을 나타낸다.

④ 변위계는 허용할 수 없는 밀착간격을 최대로 하고, 완전밀착을 0mm로 함으로서 밀착간격을 검지할 수 있으며, 변위계의 동정은 10mm 이내이다.

5.2.2 열린 텅레일 상태

① 텅레일의 열린 상태 간격은 115mm이다.

② 텅레일이 115mm가 열리면 규정된 윤선로 폭을 확보한다.

③ 텅레일 열린 간격은 변위계를 이용하여 간격을 검지한다.

④ 밀착부분과 열린 부분의 간격을 독립적으로 검지하면 간접적으로 간류의 상태를 검지할 수 있다.

5.2.3 구동간 및 스위치 쇄정 시스템

① 쇄정상태는 구동간의 이동위치 값으로 판단을 한다.

② 쇄정장치가 선로전환기 내부에 있는 경우는 선로전환기 내부 접점상태에 의해서 쇄정상태를 검지한다.

③ 쇄정장치가 레일에 설치된 경우는 쇄정간의 위치 값으로 판단을 한다.

④ 쇄정장치의 동정은 115mm이다.

5.2.4 텅레일과 기본레일간의 최소 간격

① 윤선로 폭은 58±2mm 이다.

② 텅레일의 윤선로 폭을 일정간격마다 변위계로 검지한다.

③ 변위의 최대 폭은 59mm 이다.

5.2.5 레일궤간

① 레일궤간은 1435±2mm 이다.

② 텅레일, 리드부에서 일정간격마다 레일궤간을 측정한다.

5.2.6 크로싱 윤선로

① 윤선로 폭은 65±2mm이다.

② 노즈가동형 윤선로 폭은 변위계로 측정한다.

5.2.7 크로싱 쇄정장치

① 쇄정상태는 구동간의 이동위치 값으로 판단을 한다.

② 쇄정장치가 선로전환기 내부에 있는 경우는 선로전환기 내부 접점상태에 의해서 쇄정상태를 검지한다.

③ 쇄정장치가 레일에 설치된 경우는 쇄정간의 위치 값으로 판단을 한다.

5.2.8 전환력

① 선로전환기 전환력은 2,000N ~ 10,000N이다.

② 선로전환기 전환력은 분기기 장치에 따라 다르므로 값을 미리 설정한다.

5.2.9 텅레일과 간류의 잔류응력

① 텅레일의 신축길이는 규명된 값이 없다.

② 텅레일에 작용하는 응력은 간류와 복잡하게 작용하므로 자세한 분석이 필요하다.

5.2.10 검지간의 위치

① 검지간의 위치는 선로전환기 내부의 접점에 의해서 검지할 수 있다.

② 변위계에 의해서 검지간의 위치를 검지할 수 있다.

③ 검지간이 커버에 간섭을 받는지를 검사한다.

5.2.11 텅레일 진입 시, 크로싱에서 충격량

① 차륜이 텅레일과 크로싱 진입 시 충격이 발생한다.

② 텅레일 충격량은 70kN 정도이다.

③ 크로싱 결선부의 충격량은 200kN 이다.

5.2.12 레일 축력

① 레일의 축력은 온도와 제동에 의해서 발생된다.

② 온도와 제동에 의해서 인장과 압축이 반복된다.

③ 레일의 압축응력은 72 N/mm^2, 인장응력은 $92N/mm^2$ 이하이어야 한다.

5.2.13 레일온도

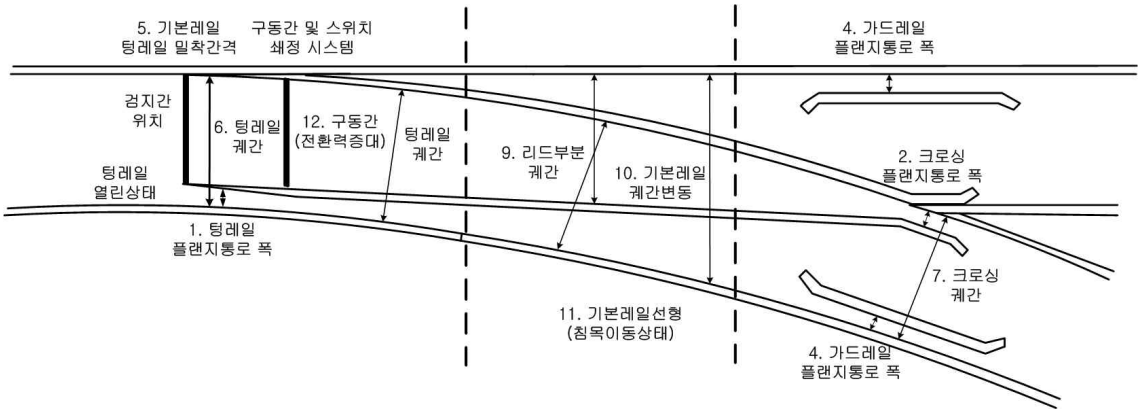
① 레일온도는 -60℃ ~ 90℃까지 측정한다.

[표 2.1.18] 분기기 고장모드별 원인 및 검지항목(1)

번호		원인	직접검측	간접검측	관련항목
1	텅레일플랜지통로			위치검지기	②③④⑥⑦
		간류	위치검지기		
		블레이드결함	수동검측		
		기초결함	수동검측		
		좌대결함	수동검측		
		잔류응력	응력센서		
		stud	수동검측		
		이물질	수동검측		
2	노즈 가동형 크로싱 플랜지통로			위치검지기	③④⑦
		간류	위치검지기		
		노즈마모	수동검측		
		잔류응력	응력센서		
		기초결함	수동검측		
		가이드레일	수동검측		
3	크로싱 플랜지통로			위치검지기	⑧
		결선부 충격량	가속도 계		
		노즈마모	수동검측		
		기초결함	수동검측		
		가이드레일	수동검측		
4	가드레일 플랜지통로			수동검측	
		가이드레일파손	수동검측		
		볼트류 파손	수동검측		
5	텅레일 밀착결함			위치검지기	①③⑤⑥⑦⑨⑩
		간류이상	위치검지기		
		과대 충격력	가속도계		
		전환력부족	압력센서		
		잔류응력	압력센서		
		좌대결함	수동검측		
		레일버팀쇠	수동검측		
		상판이상	수동검측		
		백드라이브	위치검지기		
		stud	수동검측		
		블레이드 이상	수동검측		
		쇄정결함	수동검측		
		이물질	수동검측		

[표 2.1.19] 분기기 고장모드별 원인 및 검지항목(2)

번호		원인	직접검측	간접검측	관련항목
6	텅레일 궤간변동			위치검지	①②③④⑦⑩
		과대충격력발생	가속도계		
		전환력 과대	압력센서		
		기초부분결함	수동검측		
		좌대결함	수동검측		
		백드라이브 결함	위치검지기		
		잔류응력	응력센서		
		stud	수동센서		
		간류이상	위치검지기		
7	노즈가동형 크로싱 궤간변동			위치검지	⑤
		전환력 부족	압력센서		
		잔류응력	응력센서	응력센서	
		간류이상	위치검지기		
		볼트-너트이완	수동검측		
8	크로싱궤간변동				
		충격력	가속도계		
		체결장치	수동검측		
9	리드부분궤간변동				⑨⑩
		잔류응력	응력센서		
		체결구	수동검측		
		앵커	수동검측		
10	기본레일궤간변동				⑨⑩
		레일버팀쇠	수동검측		
		체결구	수동검측		
		앵커	수동검측		
11	선형변동				
		기초변형	검측차		
12	전환력 증대				
		상판변형	수동검측		
		레일잔류응력	응력검측		



[그림 2.1.45] 분기기 시스템 측정항목

[표 2.1.20] 항목별 검지항목

번호	발현현상	검지항목	검지방법
1	텅레일플랜지통로	②③④⑥⑦	위치검지
2	노즈 가동형 크로싱 플랜지통로	③④⑦	위치검지, 가속도
3	크로싱 플랜지통로	⑧	수동검측, 가속도
4	가드레일 플랜지통로		수동검측
5	텅레일 밀착결함	①③⑤⑥⑦⑨⑩	위치검지, 진동, 가속도, 잔류응력
6	텅레일 궤간변동	①②③④⑦⑩	위치검지, 변위, 가속도, 축력
7	노즈가동형 크로싱 궤간변동	⑤	위치검지, 진동, 가속도, 축력
8	크로싱궤간변동		
9	리드부분궤간변동	⑨⑩	레일응력, 레일온도
10	기본레일궤간변동		위치검지기
11	선형변동		
12	전환력 증대		응력센서

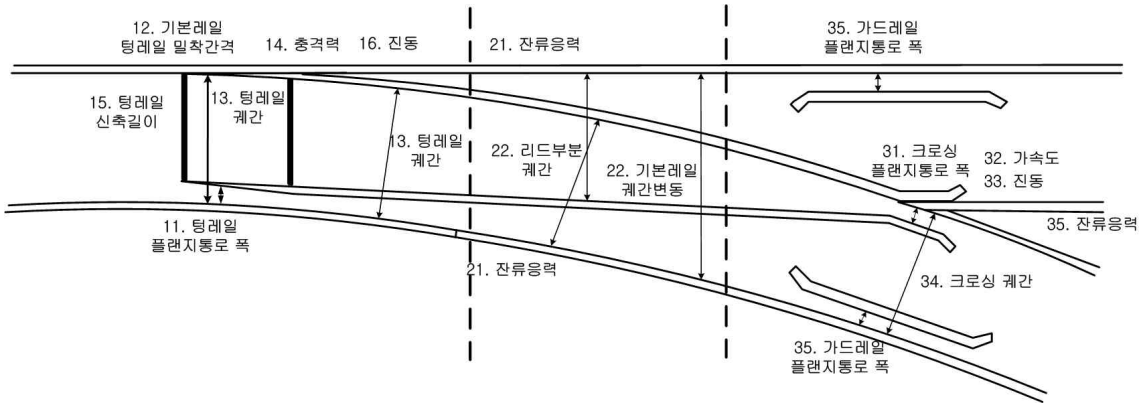
[표 2.1.21] 항목별 dimension 검지항목

번호	발현현상	dimensions	검지방법
1	텅레일플랜지통로	58±2mm	변위계
2	노즈 가동형 크로싱 플랜지통로	65±2mm	변위계
3	크로싱 플랜지통로	65±2mm	변위계, 수동검측
4	가드레일 플랜지통로	42±2mm	변위계
5	텅레일 밀착	1mm이하	밀착검지기
6	텅레일 궤간	1435±2mm	변위계
7	백게이지	1394±2mm	변위계
8	크로싱궤간변동	65±2mm	변위계
9	리드부분궤간변동	1435±2mm	변위계
10	기본레일궤간변동	1435±2mm	변위계
11	선형변동		
12	전환력 증대	2000N~10000N	전기식 선로전환기
		3,500N~6,000N	HYDROSTAR

6. 진단항목 설정

6.1 서론

분기기시스템의 물리량을 측정함으로써 서브시스템의 결함에 의해 발생되는 현상을 간접적으로 검측할 수 있다.



[그림 2.1.46] 분기기 시스템 측정항목

6.2 검측항목

분기기의 안전상태는 분기기가 허용된 온전한 형상을 유지하는 것이 안전한 상태이다. 분기기의 형상을 검지하는 것을 중심으로 검측항목을 도출하였다.

◎ 운용환경

(1) 대기온도

(2) 습도

(3) 레일온도

(4) 장비온도

(5) 차량속도

◎ 텅레일

(11) 플랜지통로 깊이 및 넓이

(12) 스위치 첨단부 밀착검지

(13) 텅레일 궤간

(14) 충격력

(15) 텅레일 신축길이

(16) 진동

(17) 텅레일 열린 부분 넓이

◎ 기본레일

(21) 잔류응력

(22) 리부부분 궤간

◎ 크로싱

(31) 플랜지 통로 깊이 및 넓이

(32) 충격력

(33) 진동

(34) 크로싱 궤간

(35) 백게이지

(36) 잔류응력

[표 2.1.22] 분기기 측정항목

서브 시스템	번호	검측항목	검측방법	단위	sampling time
운용 환경	01	대기온도	온도계	℃	minute
	02	습도	습도계	%	minute
	03	레일온도	온도계	℃	minute
	04	장비온도	온도계	℃	minute
	05	차량속도	통과시간측정	sec	1 Hz
텅레일	11	플랜지통로 깊이 및 넓이	변위계	mm	100Hz
	12	스위치 첨단부 밀착검지	밀착검지기	mm	100Hz
	13	텅레일 궤간	변위계	mm	100Hz
	14	충격력	가속도계	$m/\sec^2$	$4kHz$
	15	텅레일 신축길이	변위계	mm	1Hz
	16	진동	가속도계	$m/\sec^2$	$2kHz$
	17	텅레일 열린부분 넓이	변위계	mm	100Hz
기본 레일	21	잔류응력	응력센서	N/cm^2	100Hz
	22	리부부분 궤간	변위계	mm	100Hz
크로싱	31	플랜지 통로 깊이 및 넓이	변위계	mm	100Hz
	32	가속도	가속도계	$m/\sec^2$	$2kHz$
	33	진동	가속도계	$m/\sec^2$	$2kHz$
	34	크로싱 궤간	변위계	mm	100Hz
	35	백게이지	변위계	mm	100Hz
	36	잔류응력	응력센서	N/cm^2	N/cm^2

제2절 선로전환기

1. 선로전환기

1.1 개요

선로전환기는 스위치레일과 연결되어 있고, 전환력을 이용하여 스위치를 이동시켜 선로의 진로를 변경한다. 선로전환기는 전환력을 생성하는 구동장치로, 전기 기계식(Electro-mechanic actuator), 유압식(Hydraulic Actuator) 및 공압식(Pneumatic Actuator)이 있다. 3가지 방식 모두 전기를 이용하여 기계적인 구동력을 얻는다. 전기기계식은 전기모터의 회전력을 직선운동으로 전환하여 구동력을 얻고, 유압식과 공압식은 전기모터에 의해서 동작되는 Hydraulic power pack과 Pneumatic power pack을 가동하여 피스톤을 동작시켜 직선운동의 구동력을 얻는다. 현재 한국에서 사용하고 있는 선로전환기는 전기식과 유압식 2가지 종류를 사용하고 있다.

선로전환기는 사양에 따라 달라지지만 전환을 실행하기 위해서 3개의 기본 기능을 포함하여야 한다.

① 포인트를 구동할 수 있을 만큼의 기계적인 에너지를 생성할 수 있는 기능

② 포인트가 전환한 후에 안전 위치로 포인트를 쇄정할 수 있는 기능

③ 전환 후에 신호장치로 상태를 알릴 수 있는 검지기능

이러한 기능들은 한 장치에 의해서 수행되고 - 선로전환기, 장대 분기기의 레일 위치 검지기는 상태에 따라 여러 부분에 설치될 수 있다.

1.2 선로전환기 검지항목

(1) 구동기(C3.1)

① 구동기 상에 눈에 보이는 균열이 없어야 하나, 좌대는 가능하다. 간류에 균열 부분이 있는지 여부와 모든 볼트들이 단단히 고정되어져 있는지가 점검 대상이다.

② 접지도 양호한지 확인해야 한다.

③ 구동기 내부적으로는 기어 상에 마모나 균열 부분이 있는지가 점검대상이며 그 밖에 헐거워질 수 있는 모든 부분들이 점검 대상이다.

④ 위치표시기는 2 곳에서 수행되어져야 한다. 전면부는 3~5 mm 거리상 사양을 기준으로 하며, 스위치 위치 감지기(Switch position detectors)의 2번째 부분에서는 10~13mm이다.

(2) 간류 시스템(C3.2.1)

① 텅레일의 최소 윤선로(Flangeway)가 충분이 확보되어야 한다. (안전에 결정적인 영향)

② 모든 핀(Pins)과 안전판(Plates)들은 그것들이 잘 고정되어있는지 볼 수 있도록 위치되어야 한다. (안전에 결정적인 영향)

③ 모든 나사와 나사너트들은 잘 고정되어져 있어야 한다. (안전에 결정적인 영향)

④ 간류들은 잘 조정되어져 있어야 하고, 균열이 없어야 한다. 볼트 또한 잘 고정되어져 있는지 점검 되어야 한다. (안전에 결정적인 영향)

⑤ 검지간류(Detection rods)들은 잘 조정되어져 있어야 하고, 마찬가지로 그 로드의 모든 볼트들은 단단히 고정되어져 있어야 한다. (안전에 결정적인 영향)

⑥ 텅레일의 잔류응력(Residual stress)은 그 한계치를 초과해서는 안된다. (안전에 결정적인 영향)

⑦ 백드라이브 로드(Backdrive rods)들의 이음매들은 윤활을 위해 기름칠이 잘 되어져 있는지 점검되어져야 한다.

⑧ 전환저항은 그것의 한계치(Spec.)를 초과하지 않았는지 점검되어져야 한다.

⑨ 구동장치의 좌대 조임상태도 점검되어져야 한다. (안전에 결정적인 영향)

(3) 쇄정장치(C4)

① 잠금장치는 프로브(Probe)를 이용하여 잘 조정되어져 있는지 점검되어야 한다.

(안전에 결정적인 영향)

② 구동간(Drive rod) 미소이동과 오버랩(Overlap)은 그 한계치를 초과해선 안 된다. (안전에 결정적인 영향)

③ 잠금장치의 모든 구성요소들은 잘 점검되어져야 한다. (안전에 결정적인 영향)

④ 모든 볼트들과 나사들은 고정되어져 있어야 하고, 절대 헐렁해져서는 안된다. 마찬가지로, 모든 핀(pins)들도 잘 고정되어져 있어야한다. (안전에 결정적인 영향)

(4) 선로전환기(C3.1)

① 좌대의 조임을 확실히 해야만 한다. (안전에 결정적인 영향)

② 구동 간류(Driving rods)들이 잘 조정되어져 있는지 점검되어야 한다. (안전에 결정적인 영향)

③ 구동기나 좌대에 보이는 균열은 절대 허용 불가하다.

④ 구동기 내부는 기어(Gears)상의 마모나 손상을 미연에 방지하기 위해, 항시 청결하고 건조한 상태를 유지해야 하며, 모든 구성요소들은 단단히 고정되어져 있어야 한다.

⑤ 모든 나사와 나사너트들은 잘 고정되어져 있어야 한다. (안전에 결정적인 영향)

⑥ 검지 간류 들은 아래의 사항들이 항상 확실하게 점검되어져야 한다.

- 동작 준비 완료 상태 유지 (안전에 결정적인 영향)
- 잘 조정되어져 있는 상태유지(안전에 결정적인 영향)
- 잘 보수되어진 상태

⑦ 전환력은 한계치를 초과해서는 안된다.(안전에 결정적인 영향)

⑧ 선로전환기(Point machine)내부의 와이어(Wires)들은 항시 최적의 상태를 유지하도록 점검되어져야 한다. (안전에 결정적인 영향)

⑨ 선로전환기(Point machine)내부의 와이어(Wires)들은 항시 최적의 상태를 유지하도록 점검되어져야 한다. (안전에 결정적인 영향)

⑩ 전기접점과 스위치(Switches)는 항시 최적의 상태를 유지하도록 점검되어져야 한다.

⑪ 모든 방수(Water-proof) 부분들은 침수를 방지하기 위해 최적의 상태를 유지하도록 점검되어져야 한다.

⑫ 선로전환기(Point machine) 의 커버(Cover)가 정확하게 위치하고 있는지 점검되어져야 한다.

⑬ 설비 표시와 배선들의 설명들은 제자리에 늘 위치되도록 점검되어져야 한다.

⑭ 접지는 항시 최적의 상태를 유지해야 한다.

(5) 스위치 블레이드 위치 검지기

① 좌대의 조임에 문제가 없는지 점검되어져야 한다. (안전에 결정적인 영향)

② 검지기(Detector)의 내부는 마모나 손상을 미연에 방지하기 위해, 청결하고 건조한 상태를 유지하도록 점검되어져야 한다.

③ 모든 나사들과 나사너트들은 잘 고정되어져 있어야 한다. (안전에 결정적인 영향)

④ 위치감지기(Position detector)내의 배선들은 항시 최적의 상태를 유지하도록 점검되어져야 한다. (안전에 결정적인 영향)

⑤ 모든 씰(Seals)들은 최적의 상태를 유지하도록 점검되어져야 한다.

⑥ 검지 로드(Detecting rods)들이 잘 조정되어져 있는지 점검되어야 한다. (안전에 결정적인 영향)

⑦ 전기접점과 스위치(Switches)는 입력 전압들이 충분한지 점검되어져야 한다. (안전에 결정적인 영향)

⑧ 전기접점들은 잘 고정되어져 있어야 하고 배선들은 항시 최적의 상태를 유지하도록 점검되어져야한다.

⑨ 접지는 항시 최적의 상태를 유지해야 한다.

⑩ 위치감지기(Position detector)의 커버(Cover)가 정확하게 위치하고 있는지 점검되어져야 한다.

(6) "n" 번째 스위치 블레이드 위치 검지기 (C3.3)

① 2번째 스위치 위치 감지기(Switch position detector)에서 10~13mm 거리가 점검대상이며, 그 감지기와 관련 장치는 절대 헐거워져서는 안 된다.

(7) 상판 및 블레이드 롤러 (C2.2, C2.3)

① 상판이 청결한지 점검되어져야 한다. 롤러(Rollers)가 잘 조정되어 움직일 때, 스위치 블레이드가 정상적으로 올라간다. 이 주변에 단락의 요인이 될 수 있는 금속물질이 있어서는 안된다.

② 롤러(Rollers)들의 잠금장치는 잘 고정되어져 있어야 한다.

③ 롤러(Rollers)가 없는 S&C의 상판은 항시 청결하고 기름칠이 잘 되어져 있는지 점검되어져야 한다.

(8) 유지보수 (C1, C2, C3, C4)

① 필요에 따라, 아래 부분들이 항시 청결하고 기름칠이 잘 되어져 있어야 한다.

* 하중을 받는 간류(Rods)와 볼트들이 있는 동작시스템(Actuation system)

* 백드라이브 로드(Backdrive rods)의 조인트(Joints)

* 쇄정장치(Locking device)의 구동간류와 구성요소들

2. 전기식 선로전환기

2.1 동작원리

전기식 선로전환기는 전기모터의 회전력을 기어를 통하여 기계적인 운동으로 전환된다. 기어를 통한 기계적 운동으로의 전환방법은 랙과 피니언, 크랭크 등과 같은 기구학적으로 여러 가지 방법이 존재하며, 각 회사마다 고유한 방법을 가지고 있다.

HW DC 전기 선로전환기에서, 스위치 전환의 일차적인 기능은 다음의 서브시스템에 의해서 수행된다.

① 포인트를 구동하기 위한 전기모터

② 포인터에 장애물이 있을 경우, 모터 소손을 피하기 위해 사전에 설정된 부하에서 슬립이 일어나도록 하는 클러치

③ 전환 동작 끝에서 모터를 신속하게 정지할 수 있도록 하는 급속정지장치

④ 포인트가 정지했을 때 포인트를 쇄정할 수 있도록 하는 기계적 쇄정장치

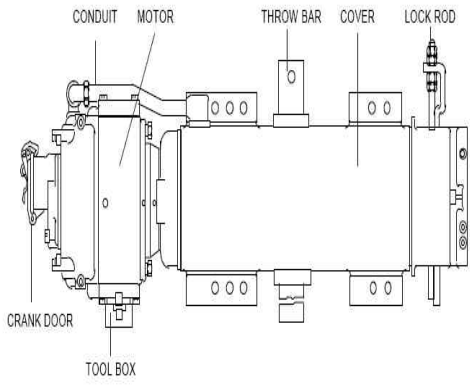
⑤ 모터를 설정된 방향으로 동작하도록 하는 스위치 장치

⑥ 스위치레일 위치를 나타낼 수 있는 검지 접촉장치

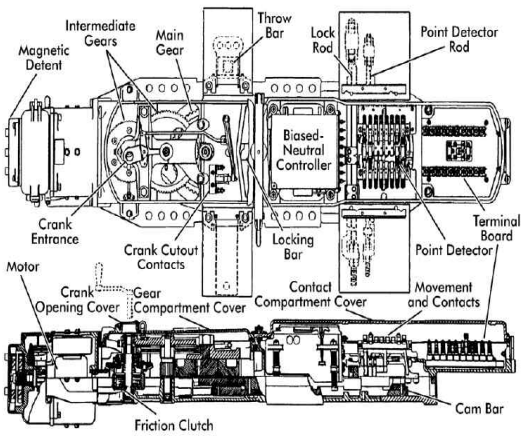
⑦ 비상사태에 수동운전이 가능한 장치의 대비



[그림 2.2.1] 선로전환기 주요구성부품



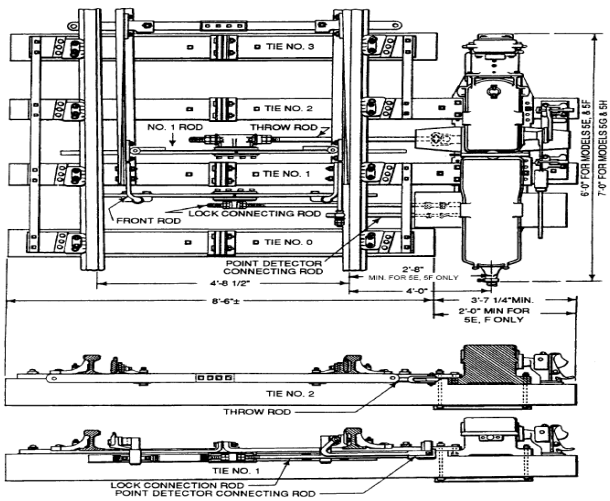
[그림 2.2.2] 선로전환기 외관



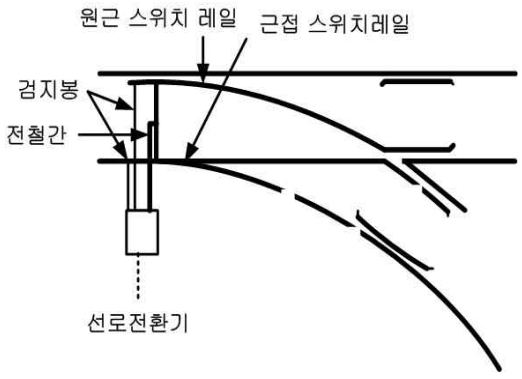
[그림 2.2.3] 선로전환기 부품

2.2 선로전환기 동작

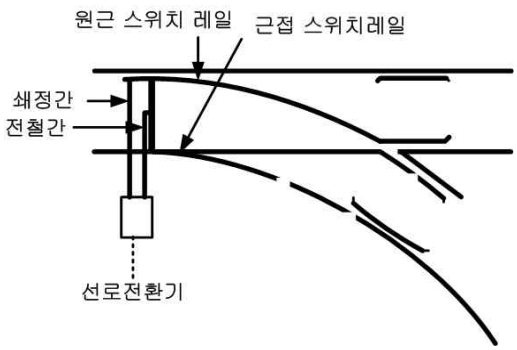
선로전환기 구성은 각각은 [그림 2.2.5]와 [그림 2.2.6]에 나타난 것과 같이 텅레일의 전철간에 선로전환기 구동간들이 연결되어 있으며, 검지간 혹은 쇄정간이 첨단부에 연결되어 있다. 구동간이 움직임에 따라 텅레일이 움직이고, 텅레일은 검지간 혹은 쇄정간을 이동시킨다. 선로전환기 내부의 제어장치는 검지간 혹은 쇄정간이 움직임에 따라서 자동적으로 제어가 발생되어, 스위치 레일에 연결되어 있다. 조정가능한 게이트 밸브와 검지밸브는 독립적으로 조정된다. 밸브들은 드라이브 암과 검지 바에 연결되어 있다.



[그림 2.2.4] 전기식 선로전환기 설치



[그림 2.2.5] HW전기 선로전환기 및 스위치 배치도



[그림 2.2.6] NS형 선로전환기

전기식 선로전환기의 동작은 일반적으로 6초가 소요된다.

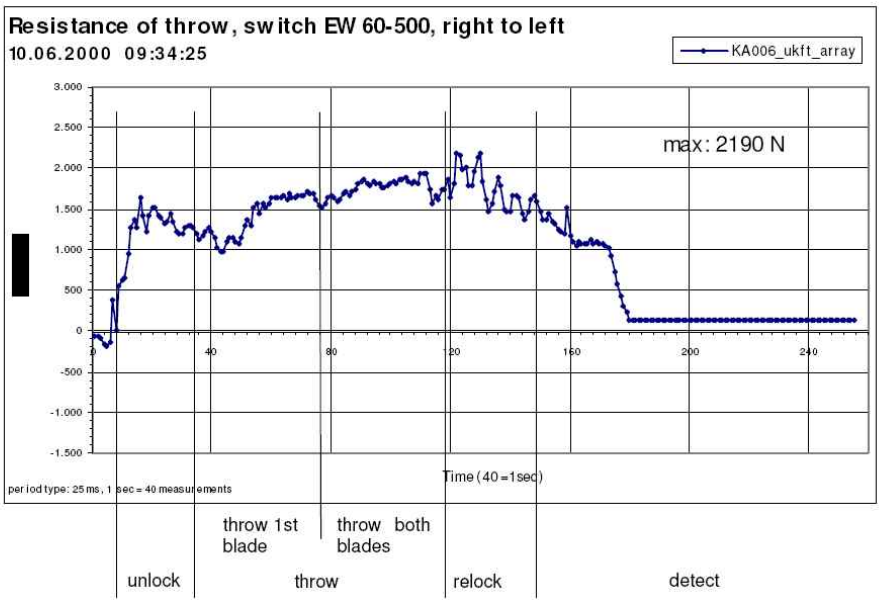
선로전환기는 전환과정은 4단계로 구성된다.

① 해정

② 전환

③ 쇄정

④ 검지(동작의 완료여부 검지)

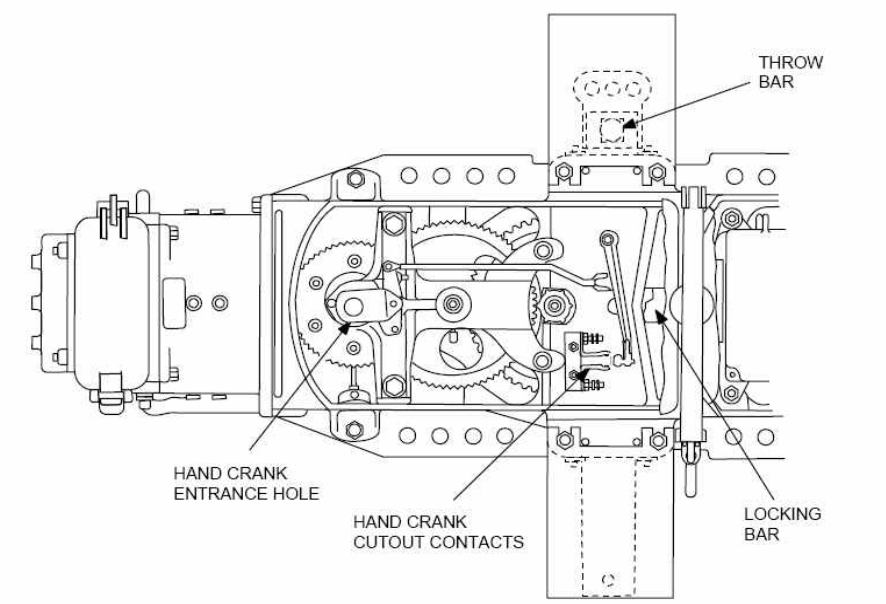


[그림 2.2.7] 선로전환기 전환힘 측정

[그림 2.2.7]은 switch EW60-500 (1:12(UIC60, simple 스위치))선로전환기로 S700(전기선로전환기) 핀에서 측정된 힘을 나타낸다.

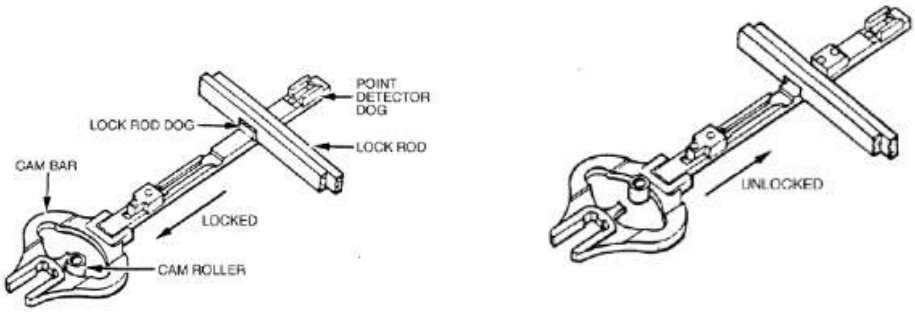
2.2.1 전기선로전환기 구동장치

[그림 2.2.8] 에서는 전기모터(클러치), 감속기어, 기구장치, 수동전환장치 등을 나타낸다.



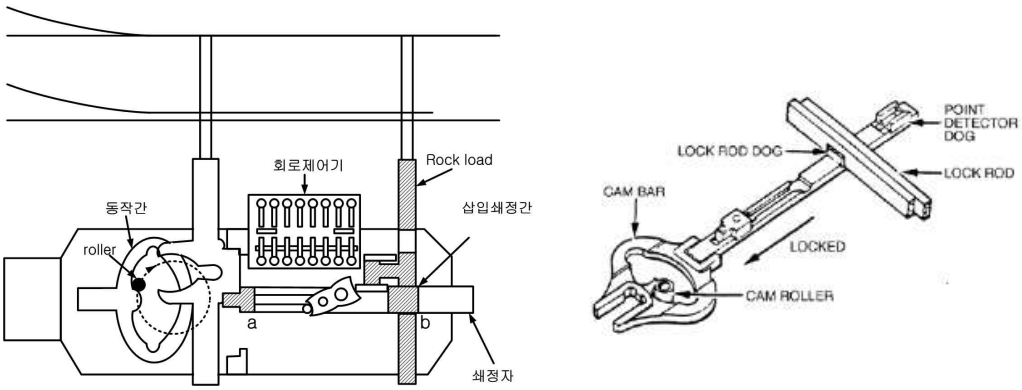
[그림 2.2.8] 선로전환기 구동장치

2.2.3 쇄정장치



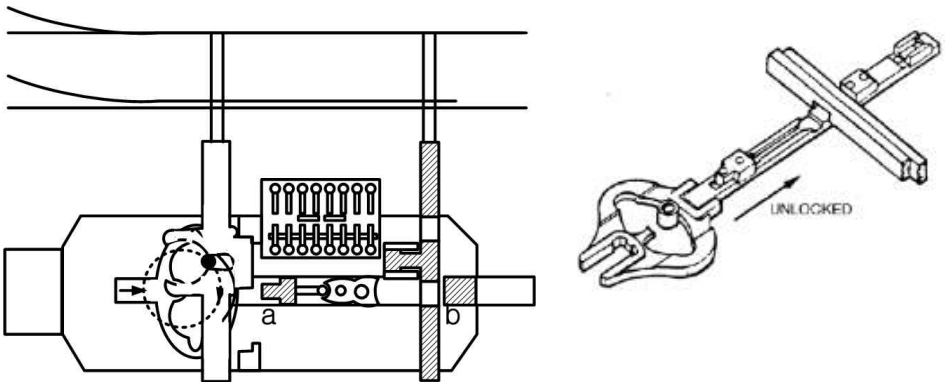
쇄정상태 해정상태

[그림 2.2.9] 쇄정장치



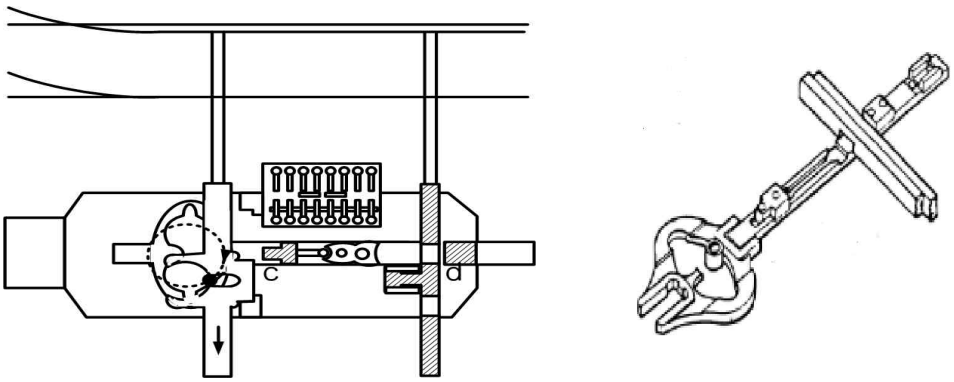
[그림 2.2.10] 선로전환기 전환과정(쇄정상태) 1

[그림 2.2.10]에서 롤러가 회전운동을 하여 쇄정자를 밀어낸다.



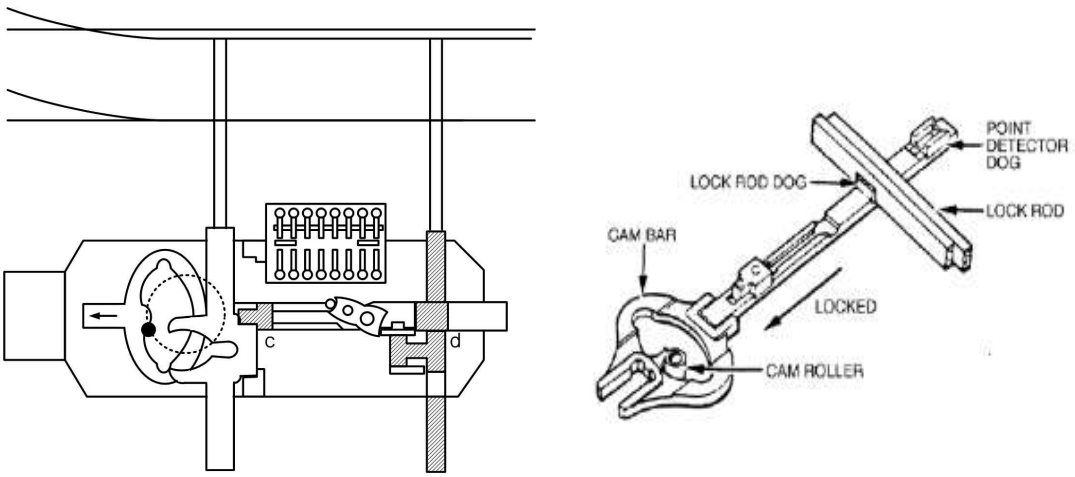
[그림 2.2.11] 선로전환기 전환과정 2

[그림 2.2.11]에서 롤러가 쇄정간의 홈에서 쇄정자를 완전히 밀어내면 쇄정간은 자유롭게 움직일 수 있게 된다.



[그림 2.2.12] 선로전환기 전환과정(해정상태에서 텅레일 전환) 3

그림 2.2.12에서 롤러는 전철간을 움직이게되고, 전철간은 텅레일을 이동시키고, 텅레일은 쇄정간을 이동시키게 되어, 쇄정간의 홈이 쇄정자 위치에 일치하게 된다.

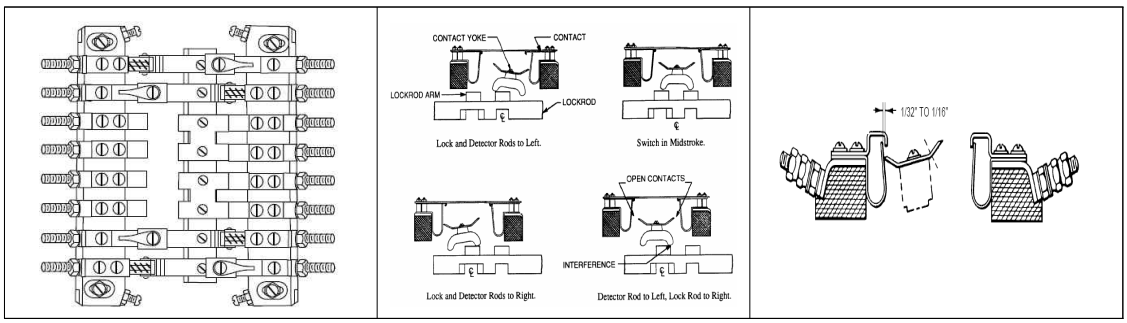


[그림 2.2.13] 선로전환기 전환과정(쇄정완료) 4

그림 2.2.13에서 롤러는 전철간을 완전히 이동시키고 난 후에 쇄정자를 이동시켜, 쇄정간과 쇄정자의 요철이 일치하게 되어 쇄정이 된다.

2.2.4 모터방향 전환장치, 위치검지장치

쇄정자가 움직임에 따라 모터방향 전환스위치, 위치검지장치의 스위치들이 아래 그림들과 같이 동작을 하게된다.



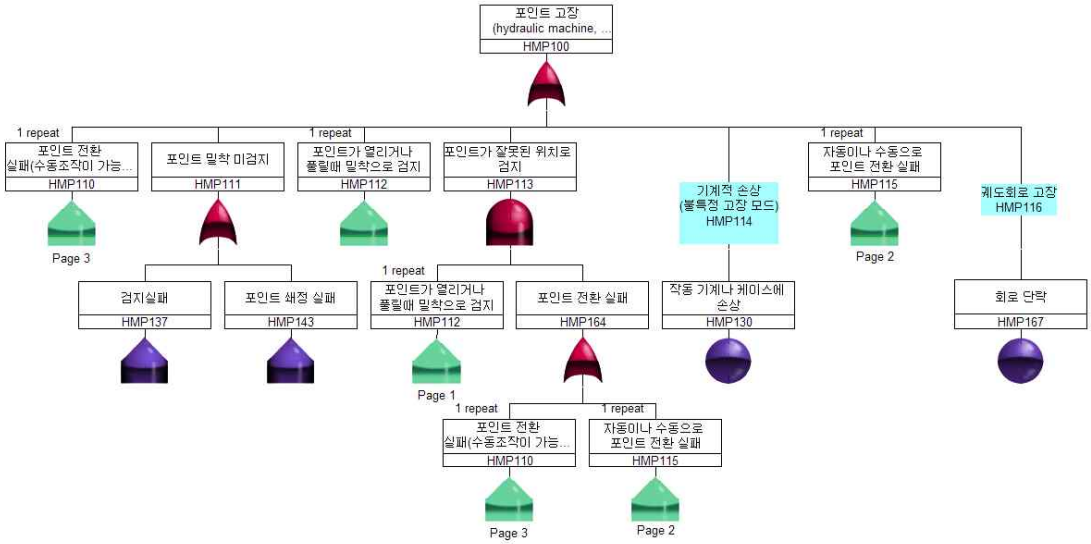
[그림 2.2.14] 전환스위치 동작

2.2.5 전기식 선로전환기 제원

[표 2.2.1] 유형별 전기 선로 전환기 특성

구 분	한 국	일 본		프 랑 스	스 웨 덴
형식	NS	TS	NS-AM	MJ81	침목형
개발연도	1964	1967	1990	1981	1990
사용 전력원	AC105/220 단상	AC105 단상	AC105/220 단상	AC220/380 삼상	AC220단상, AC220/380 삼상
동작전류	8.5A	12A	8.5A	220V=4A 380V=1.5A	2.5A
전환력	300KG	600-1000KG	400KG	200-400KG	200-1000KG
전환시간	6	8	6	5	4.4-5.5
구동방식	콘덴서 기동형 4극	콘덴서 기동형 6극	콘덴서 기동형 4극	모터 직접 제어	비동기형
클러치	마찰	전자	전자	마찰	전자
동 정 (mm)	동작간:185 쇄정간:130-185	동작간:200 쇄정간:85-190	동작간:185 쇄정간:130-185	110-260	60-160
밀착 및 쇄정검지 기능	무	유	무	유	유
분기기	F8-F15	F12-F18	F8-F15	F18.5-F65	-

2.3 전기 선로전환기 FTA



[그림 2.2.15] 전기선로전환기 FTA

2.4 HW 스위치 동작기 고장 형태

2.4.1 영국 선로전환기 고장예

[표 2.2.2]는 고장이 기록된 결과로서 HW와 클램프 쇄정 선로전환기의 상위 25 고장 코드를 나타낸다. 각 표에 포함된 가공되지 않은 데이터는 구동기에서 실제고장모드 표시들을 결정하는데 한계가 있다. 그 이유는 분류 코드가 분명하지 않으며, 구동기의 고장을 일으키는 것과 정확하게 일치하지 않는다. “T.O.K(Technically O.K) Right on arrival"을 양 테이블에 공동입력으로 하는 것이 가장 분명하다. 이 코드는 기술자가 참관 했을 때 결함이 발견되지 않았다는 것을 의미한다.

높은 빈도수의 결함 미발견과 오 조정 고장과는 큰 관련이 있다. 설계 한계점까지 조정된 부품은 구동기가 더 이상 구동기 자체가 감당할 수 없는 조정한계를 벗어날 때 간헐적으로 구동기의 고장이 발생하게 된다. 구동기 자체가 간헐적으로 고장이 발생할 때, 기술자가 그러한 고장이 중복적으로 발생하지 않도록, 관련 장치에 입회하는 것이 원칙이다. 그리고 발견되지 않을 때에는 “결함 미발견”으로 기록한다.

[표 2.2.2] 전기식 선로전환기 고장현황

결함 서브시스템	결함코드	결함내용	결함수	비율 (%)	합계 (%)
…	HW1	정확하게 동작	666	17.02	17.0
간류 검지기	HW2	조정범위 이탈	356	9.10	26.1
간류 구동	HW3	조정범위 이탈	348	8.89	35.0
대향 포인트쇄정	HW4	조정범위 이탈	245	6.26	41.3
간류 구동	HW5	조정범위 및 간격 이탈	196	5.01	46.3
간류 검지기	HW6	조정범위 및 간격 이탈	148	3.78	50.1
…	HW7		139	3.55	53.6
대향 포인트 쇄정	HW8	조정범위 및 간격 이탈	101	2.58	56.2
모터	HW9	결함	88	2.25	58.4
…	HW10	오류/무시	47	1.20	59.6
전철간	HW11	균열/파손	45	1.15	60.8
모터	HW12	마모/허용범위 이탈	45	1.15	61.9
컷아웃 리셋	HW13	오류/무시	44	1.12	63.1
모터	HW14	고저항력	42	1.07	64.1
구동간	HW15	헐거움	37	0.95	65.1
급속정지기	HW16	결함	34	0.87	65.9
검지장치	HW17	고저항력	34	0.87	66.8
…	HW18	결함	33	0.84	67.7
간류 구동	HW19	헐거움/불안정	26	0.66	68.3
…	HW20	고장발생 없음(보수)	24	0.61	68.9
…	HW21	시험통과	23	0.59	69.5
…	HW22	고저항력	21	0.54	70.1
회로제어기	HW23	고저항력	21	0.54	70.6
모터	HW24	전기고장	18	0.46	71.1
검지장치	HW25	조정범위 및 간격 이탈	17	0.43	71.5

HW 선로전환기에 대한 최상위 25개 결합을 기본특성에 따라서 분류하였다. 이 분류는 실험과 시뮬레이션을 어떻게 할 것인가를 제시한다.

[표 2.2.3] HW 선로전환기의 기능과 고장모드

결함코드	고장모드 그룹	실험	고장비율(%)
HW3, HW5, HW14, HW19	구동결함	선로전환기의 과주	15,49
ditto		백드라이브 부정확하게 설치	
HW2, HW4, HW6, HW8, HW11, HW25	지레실패	쇄기 삽입	23.3
HW9, HW12, HW15, HW22, HW23, HW24	모터에 고저항력	고저항 브러시	5.89
HW1, HW7, HW19, HW13, HW18, HW20, HW21	시험통과		24.93
HW16, HW17	기타		30.03

HW 선로전환기의 기능과 고장모드를 [표 2.2.3]에 나타내었다.

[표 2.2.4] 서브시스템별 고장모드

서브시스템	기능	고장모드
간류검지기	밀착검지 궤간검지 플랜지통로 폭 검지	조정범위 이탈 조정범위 및 간격 이탈 고저항력 결함
구동간	전환력 전달	조정범위 이탈 헐거움 헐거움/불안정 고저항력
전철간	궤간유지	균열/파손
쇄정	첨단부 쇄정	조정범위 이탈 조정범위 및 간격 이탈
모터	구동생성	결함 오류 고저항력 전기고장
제어장치	구동제어	오류/무시
급속정지기	구동력 제어	결함

2.5 전기식 선로전환기 고장분석

2.5.1 전기식 선로전환기 고장분석

전기식 선로전환기를 서브시스템별로 분류하고, 고장분석을 수행하였다.

[표 2.2.5] 전기식 선로전환기 고장분석 1

	점검항목	측정 값	고장모드	발현현상	측정 방법	구현방법	검측주기
일반 사항	모터가 문제없이 동작하는가?	pass/fail	작동불능, 출력부족	전환불능, 밀착불량	동작시험	절차 설정 값	주기
	기어와 클러치가 원활하게 동작하는 가?	pass/fail	기어파손, 클러치 동작불량	전환불능, 밀착불량	동작시험	육안검사	주기
	선로전환기 이동과 쇄정이 원활하게 동작하는 가?	pass/fail	쇄정불량	전환불능, 밀착불량, 밀착불량	동작시험 설정 값 검측	거리센서 on/off	상시
	선로전환기 위치검지가 문제없이 동작되는 가?	pass/fail	위치검지 불능	밀착불량, 전환불능	동작시험 설정 값 검측	거리센서	상시
	제어기가 원활하게 동작되는 가 ?	pass/fail	제어불능, 오출력, 부분기능 동작	동작불능	동작시험 설정 값 검측	입출력 값 비교	상시
	선로전환기 전기접점이 원활이 동작되는 가?	pass/fail	접점단락 불일치	상태검지불능, 밀착불량	동작시험	입출력 값 비교	상시
	모터보호장치는 문제없이 동작하는 가?	pass/fail	동작불능	과전류도통	동작시험	입출력 값 비교	주기
	수동으로 전환을 할 수 있는 가?	pass/fail	전환불능	전환불능	동작시험	-	주기

[표 2.2.6] 전기식 선로전환기 고장분석 2

서브 시스템	부품	기능	측정 항목	측정 값	고장모드	발현현상	측정방법	구현방법	검측주기
구동 장치	모터	전환력 생성	거동	구동력	구동력 부족	거동이상	속도 측정	시간체크	수시
	감속기어	회전운동을 직선 운동으로 변환	동작상태	pass/fail	마모, 균열	이동불안정	동정측정	변위계	주기
	클러치	충격력 흡수	전환력전달	pass/fail	동력전달/충격흡수 불능	모터베어링고장	전환력	변위계	주기
	구동 간	텅레일전환	상태	pass/fail	휨, 손상, 헐거움, 고착	동정 부족/과대	동정측정	변위계	주기
	구동간 핀/안전판 (Plates)	간류고정	상태	헐거움, 손상, 유실	거동이상	전환불안정	동정측정	변위계	주기
	구동간 볼트/너트	간류고정	상태	헐거움, 손상, 유실	거동이상	전환불안정	동정측정	변위계	주기
	좌대	선로전환기 고정	체결상태	pass/fail	불안정, 손상	전환불안정	밀착간격 이동상태	변위계	주기
	기타 볼트/너트류	고정	체결상태	pass/fail	헐거움, 손상, 유실	전환불안정	수동검측	수동검측	주기
	구동장치의 좌대	간류고정	상태	불안정, 손상	거동이상		동정측정	변위계	주기
쇄정 장치	잠금장치	텅레일 고정	거동	pass/fail	헐거움, 손상, 유실	밀착간격확대	밀착간격	밀착검지기	상시
	구동 로드	텅레일 고정	거동	pass/fail	헐거움, 손상	밀착간격확대	밀착간격	밀착검지기	상시
	구성요소	텅레일 고정	상태	pass/fail	헐거움, 손상, 유실	밀착간격확대	수동측정	수동측정	주기
	볼트/나사/핀	텅레일 고정	상태	pass/fail	헐거움, 손상, 유실	헐거움	수동측정	수동측정	주기

[표 2.2.7] 전기식 선로전환기 고장분석 3

서브 시스템	부품	기능	측정항목	측정 값	고장모드	발현현상	측정방법	구현방법	검측주기
제어 장치	제어장치	모터구동 선로전환기 상태 제공	입출력 값	상태 값	동작이상 상태정보 이상	헐거움, 절연열화	저항 값	저항측정	볼트메터
	내부와이어	정보전달	상태 절연강도	절열강도	절연열화	누전, 제어불량	저항 값	볼트메터	
	전기접점	전기정보전달	접점상태	on/off	on/off	소착, 저항증가, 접점불량	on/off	동작시험	입출력 값
	접지	방전	접지저항	저항측정	저항측정	저항증가	저항측정	저항측정	볼트메터
텅레일 위치 검지기	좌대	선로전환기고정	고정 상태	고정상태	불안정, 손상	위치변동	수동검사	수동검측	주기
	검지기 내부	정위/반위 상태 밀착 및 플랜지 통로 폭	동작상태	동작상태 출력 값	마모, 손상	거동이상	수동검사 위치측정	광학장비	주기
	검지 간	텅레일 위치검지	위치 값	위치 값	휨, 손상, 헐거움, 고착	위치 값 오류	위치 측정	육안검사 변위계	주기
	검지기 볼트/나사	검지기 고정	고정상태	상태	헐거움, 손상, 유실	거동이상	육안검사	수동검측	주기
	내부 배선	정보전달	누전상태	누전여부	헐거움, 절연열화	누전	볼트메타	저항측정	주기
	씰(Seals)	방수, 방진	우수침입	누수여부	헐거움, 손상, 파손	강수유입	수동검사	육안검사	주기
	전기접점/스위치	정위/반위검지 동작제어	동작상태	on/off	소착, 저항증가, 접점불량	on/off 동작오류	동작시험	입출력 값 시험	주기
	접지	보호	접지저항	저항 값	저항증가	저항 값	저항측정	볼트메터	주기
	위치 감지기 커버	위치검지기 보호	상태	상태	검지기와 접촉	검지간과 접촉	위치측정	변위계	주기
함체	설비 표시/배선 메뉴얼	사용법	표시상태	가시성	pass/fail	파손	판독불능	수동검사	수동검사
	방수 부분	우수유입방지	우수유입상태	누수	pass/fail	누수	pass/fail	수동검사	수동검사
	커버(Cover)	내부장치보호	상태	상태	pass/fail	헐거움, 파손, 손실	파손	수동검사	수동검사

표에서 구동장치, 쇄정장치, 제어장치 및 위치검지기에 대한 고장을 분석한 결과를 이용하여 선로전환기의 감시항목을 다음과 같이 도출하였다.

① 구동간 및 스위치 쇄정 시스템 감시

② 텅레일과 기본레일간의 최소 간격 검지

③ 전환력 측정

④ 동작전류와 동작시간

⑤ 텅레일 동작에 대한 선로전환기의 전환력 감시

⑥ 검지간의 위치 감시

⑦ 선로전환기 전류

도출항목을 다시 각각의 서브시스템과 연관하여 재할당 하였다.

2.5.2 전기식 선로전환기 측정방법

(1) 구동간 및 스위치 쇄정 시스템 감시

① 구동간 상태는 선로전환기 전류나 전환력, 변위계를 이용하여 검지한다.

② 전류나 전환력이 일정수준 이상이면 구동간은 정상이다.

③ 쇄정 상태는 선로전환기 접점이나 구동간의 이동에 의해서 검지한다.

(2) 텅레일과 기본레일간의 최소 간격 검지

① 분기기에서 검지한 방법과 동일한 방법으로 시행한다.

(3) 전환력 측정

① 모터의 전류를 이용하여 검지한다.

② 전철간에 load sensor를 부착하여 검지한다.

③ 전환력은 2000N ~ 10,000N이다.

(4) 동작전류

① 동작전류는 1.5A~ 15A이다.

(5) 동작전압

① 단상 100V ~220V, 삼상 220V~380V을 사용한다.

(6) 동작시간

① 동작시간은 5~ 8초이다.

(7) 텅레일 동작에 대한 선로전환기의 전환력 감시

① 전환력은 2000N ~ 10,000N 이다.

② 전환력이 텅레일에 적용되는 시간은 5~ 8초이다.

(8) 검지간의 위치 감시

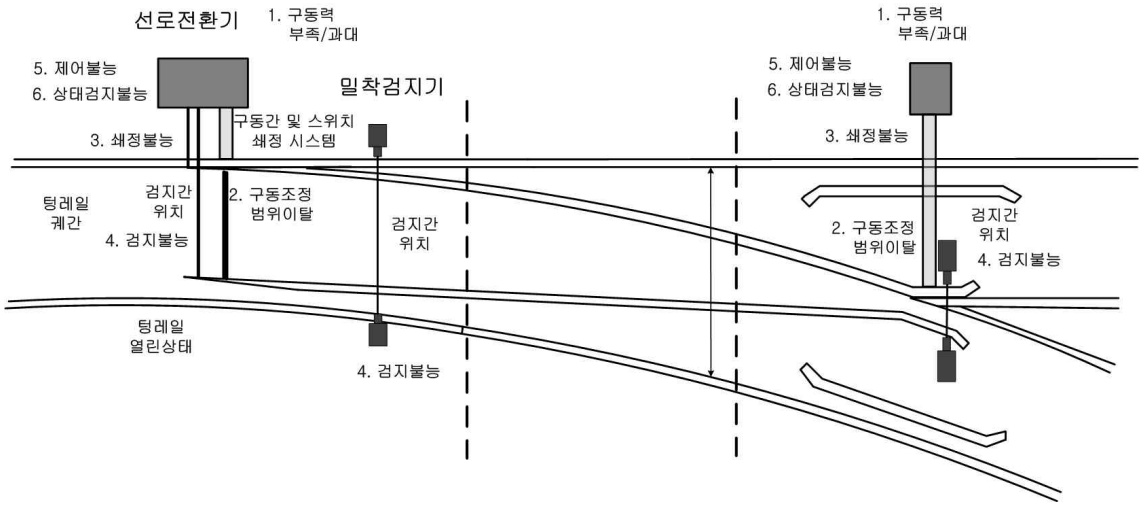
① 검지간의 동작상태를 감시한다.

② 검지간 동작상태는 선로전환기 접점, 밀착검지기 등을 이용하여 검지한다.

③ 검지간이 커버에 닿지 않는지를 검사한다.

[표 2.2.8] 전기식 선로전환기 고장분석 4

번호	고장모드	원인	직접검측	간접검측	관련항목
1	구동력부족/과대			위치검지기 전류	①④⑥⑦
		모터	동정검측		
		클러치 불량	동정검측		
		감속기어 변형	동정검측		
		구동간 균열/파손	수동검측		
2	구동조정범위이탈			변위계 밀착검지	①②③④⑤⑥
		구동간 균열/파손	동정검측		
		간류 이완/불안정	동정검측		
		구동장치 좌대	동정검측	위치검지기	
		상판/롤러	전환력	전류	
		검지장치 이상	동정검측		
		레일변형	동정검측		
3	쇄정불능			밀착간격	①③
		구동간 조정범위이탈	변위계		
		쇄정장치 이상	밀착간격		
4	검지불능			입력/출력비교	⑥
		제어장치 결함			
5	제어불능			입력/출력비교	④⑦
		제어장치 결함	압룍/출력비교		
6	상태검지불능			입력/출력비교	④⑤⑥⑦
		제어장치 결함	입력/출력비교		



[그림 2.2.16] 선로전환기 검지항목

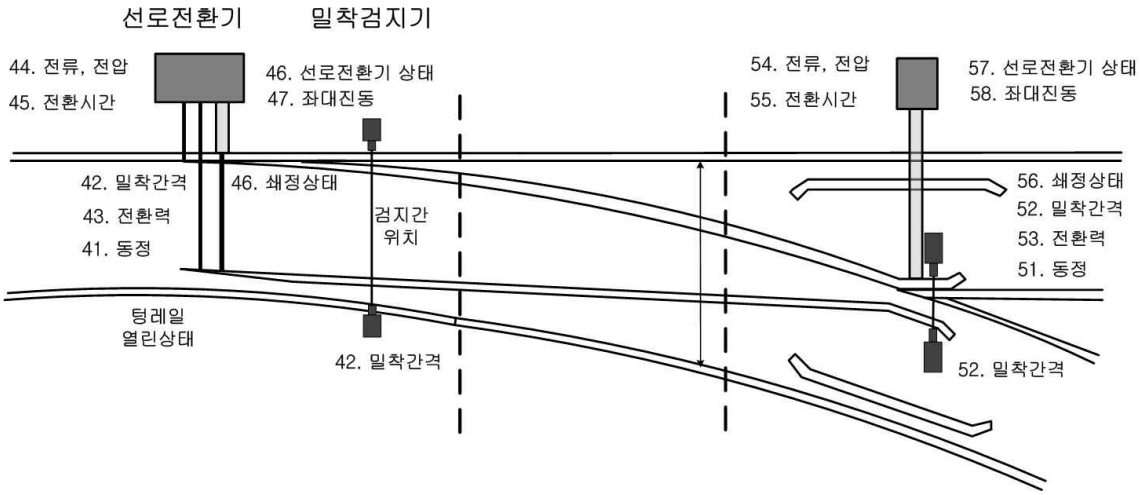
[표 2.2.9] 선로전환기 검측항목

번호	고장모드	관련항목	간접검측
1	구동력부족/과대	①④⑥⑦	위치검지기 전류
2	구동조정범위이탈	①②③④⑤⑥	변위계 밀착검지
3	쇄정불능	①③	밀착간격
4	검지불능	⑥	입력/출력비교
5	제어불능	④⑦	입력/출력비교
6	상태검지불능	④⑤⑥⑦	입력/출력비교

2.6 검측항목

2.6.1 전기식 선로전환기

전기식 선로전환기 시스템의 동작이상을 검지할 수 있는 항목을 선정하였으며, 선정된 항목을 이용하여 선로전환기의 상태를 검측할 수 있다.



[그림 2.2.17] 전기식 선로전환기 검측항목

2.6.2 전기선로전환기 검측항목

◎ 운용환경

01. 대기온도

02. 습도

03. 레일온도

04. 장비온도

05. 차량속도

◎ 첨단부 선로전환기

41. 동정

42. 밀착간격

43. 전환력

44. 전류

45. 전압

46. 전환시간

47. 쇄정상태

48. 선로전환기 상태

49. 선로전환기 진동

◎ 크로싱

51. 동정

52. 밀착간격

53. 전환력

54. 전류

55. 전압

56. 전환시간

57. 쇄정상태

58. 선로전환기 상태

59. 선로전환기 진동

[표 2.2.10] 전기식 선로전환기 측정항목

서브 시스템	번호	검측항목	검측방법	단위	sampling time
텅레일	41	동정	변위계	mm	동작 시
	42	밀착간격	간격	mm	동작 시
	43	전환력	strain gauge	℃	$2kHz$
	44	전압, 전류	볼트메터	A, V	$2kHz$
	45	전환시간	타이머	sec	동작 시
	46	쇄정상태	on/off	–	동작 시
	47	선로전환기 상태	입출력 정보	–	동작 시
	48	선로전환기 좌대 진동	가속도계	$m/\sec^2$	$2kHz$
크로싱	51	동정	변위계	mm	동작 시
	52	밀착간격	간격	mm	동작 시
	53	전환력	strain gauge	℃	$2kHz$
	54	전압, 전류	볼트메터	A, V	$2kHz$
	55	전환시간	타이머	sec	동작 시
	56	쇄정상태	on/off	–	동작 시
	57	선로전환기 상태	입출력 정보	–	동작 시
	58	선로전환기 좌대 진동	가속도계	$m/\sec^2$	$2kHz$

3. 유압식 선로전환기

3.1 유압 선로전환기

유압 클램프 쇄정 선로전환기의 구동은 유압회로를 통하여 오일을 펌핑한다. 동작은 5단계로 구성되며, 다음과 같다.

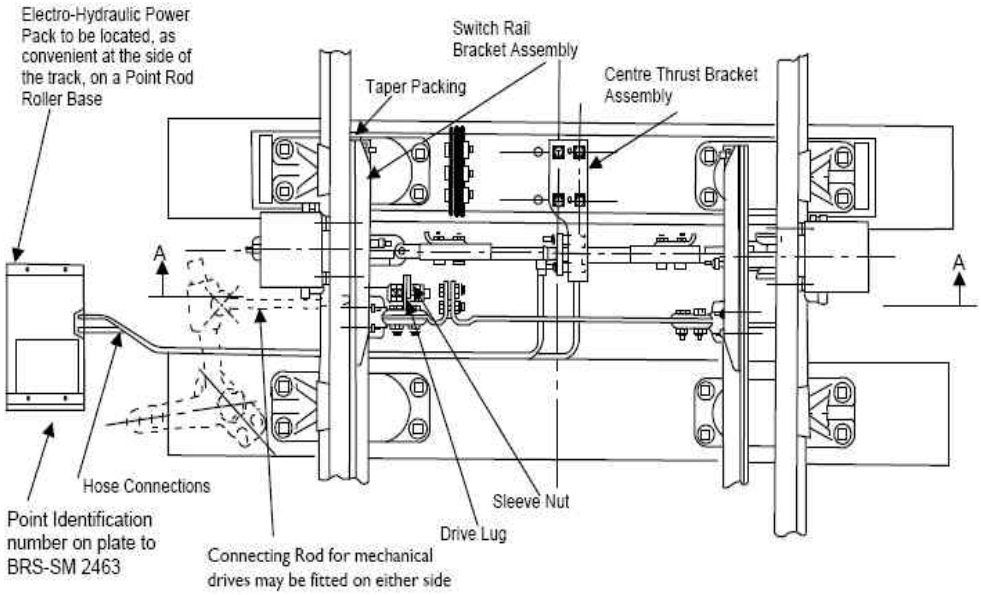
① 초기의 무가압 상태에서 최첨단 유압 구동기의 하나는 스위치레일의 접촉 및 쇄정의 상태를 유지하기 위해 확장 동작된다. 제어밸브핸들(Spool)은 중앙위치에 놓고, 오일 흐름과 회수라인을 차단하고, 이 동작은 확장된 구동기를 쇄정한다. 포인트를 정위에서 반위로의 전환요구에 따라 펌프모터와 역방향 밸브의 솔레노이드를 동시에 동작시킨다.

② 밸브핸들은 구동기 공급/회수 라인을 개방하고, 고압상태의 오일은 반위 구동기에 공급된다.

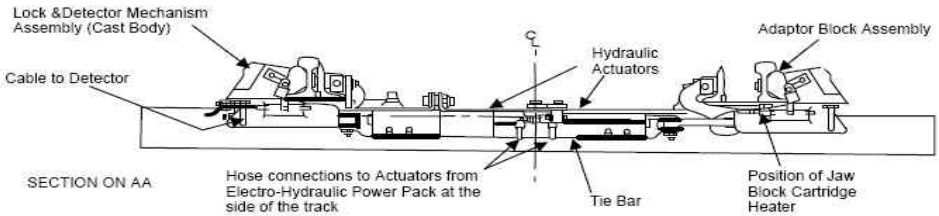
③ 반위구동기는 확장하고, 구동쇄정 슬라이드 사이의 연결바의 동작에 의해서 정위구동기가 수축한다. 수축되는 구동기의 오일은 탱크로 회수된다.

④ 전환의 끝과 포인트의 위치검지가 완료될 때, 검지릴레이는 모터와 솔레노이드 제어밸브의 에너지를 차단한다.

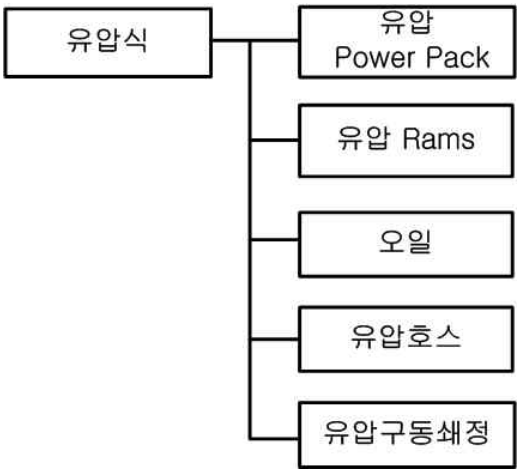
⑤ 파워팩의 에너지를 차단할 때, 콘트롤 밸브 핸들은 중앙위치로 되어 유압 구동기를 쇄정하게 된다.



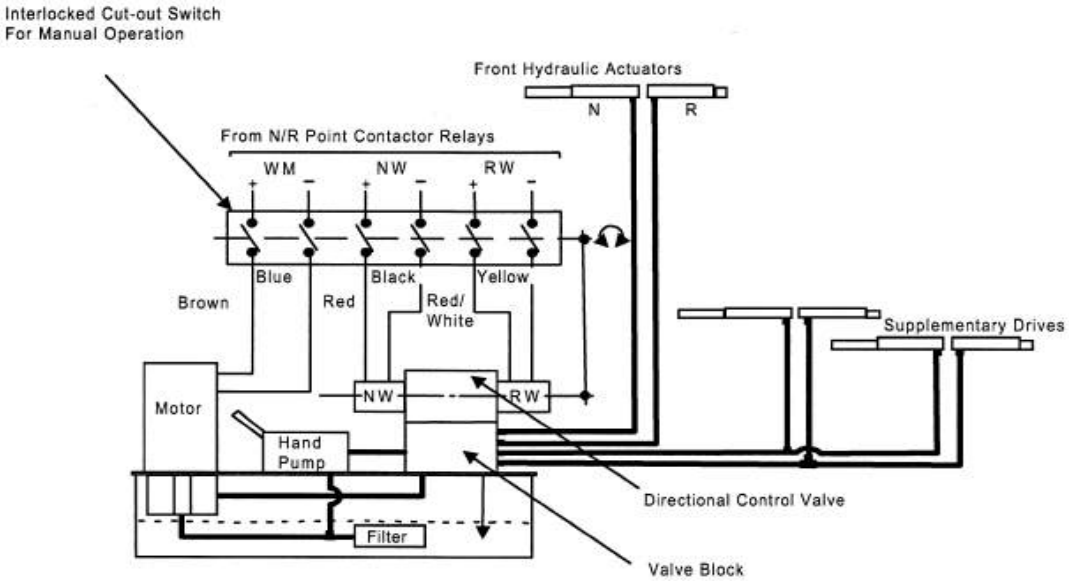
[그림 2.2.18] 유압식 선로전환기 1



[그림 2.2.19] 유압식 선로전환기 2



[그림 2.2.20] 유압 선로전환기



[그림 2.2.21] SPX 클램프쇄정 스위치 구동기의 유압회로

3.2 유압 스위치의 운용단계

구동 간은 포인트 블레이드에 연결되어 있으며, 블레이드의 위치는 정위 및 반위의 2방향을 설정된다. 선로전환기의 동작은 5단계로 나누어진다. (영국에서는 유럽 규격과 같이 최대 선로전환기 시간은 7.5초 이하이다.)

① 초기화 (~0.4초)

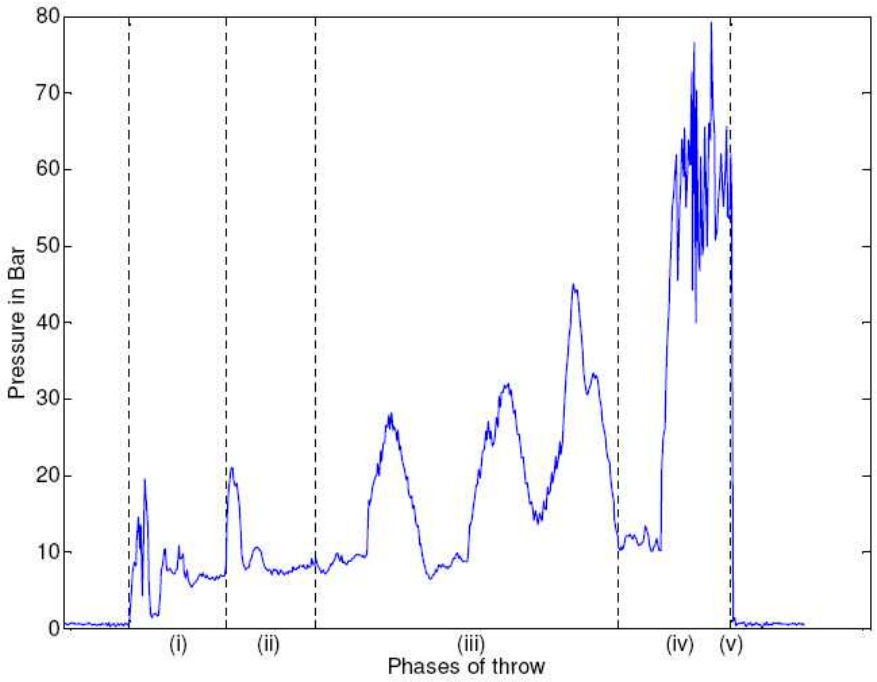
② 해정 (~0.2초)

③ 전환 (~1 ~ 3초)

④ 쇄정 (~0.4초)

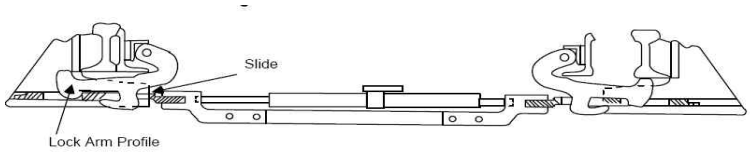
⑤ 검지

이와 같은 방법으로 [그림 2.2.22]에서 클램프 쇄정 선로전환기를 정위에서 반위로 전환할 때의 유압 곡선을 나타낸다. 5단계가 명확하게 나타난다.

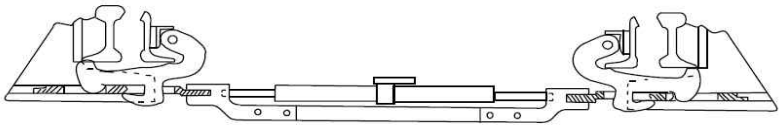


[그림 2.2.22] 선로전환기 전환 5단계

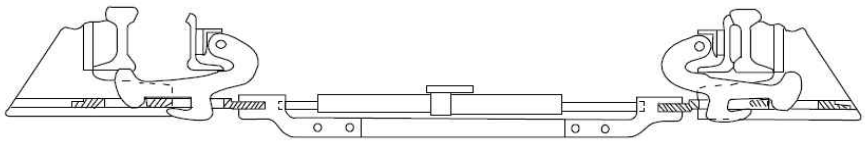
3.2.2 유압 스위치의 운용단계 및 쇄정



[그림 2.2.23] 왼쪽 닫힘 상태의 분기기



[그림 2.2.24] 전환 중의 분기기



[그림 2.2.25] 오른쪽 닫힘의 분기기

3.2.3 HYDROSTAR 일반사양

(1) 첨단부

[표 2.2.11] 하이드로스타 첨단부 일반사양

유압선로전환기 특성	특성 값	비고
피스톤 동정	72mm~118mm	
전환력	3,500N ~6,500N	
밀착력	2,000N~2,500N	
쇄정력	100,000N	
전환시간	5.4초	평균 값
쇄정턱	16mm	개방조건
	20mm	쇄정조건
텅레일과 고정레일간격(넓은 쪽)	120mm	
텅레일과 고정레일간격(좁은 쪽)	23~25mm	

(2) 가동 크로싱부

[표 2.2.12] 하이드로스타 가동 크로싱부 일반사양

유압선로전환기 특성	특성 값	비고
피스톤 동정	134mm	
텅레일과 고정레일간격(넓은 쪽)	120mm	
쇄정장치당 전환력	3,500N~6,000N	
밀착력	2,000N	
쇄정력	100,000N	
전환시간	평균 5.4초	
쇄정턱	16mm	개방조건
	20mm	쇄정조건
가동크로싱 개방	120mm	
텅레일과 고정레일간격(좁은 쪽)	23~25mm	
텅레일에 가해지는 사전인장력	약 2,500N	
레일밀착력	2,000N(max.)	최대
사전인장력	2,500N	

(3) 파워팩

[표 2.2.13] 하이드로스타 파워팩 일반사양

유압선로전환기 특성	특성 값	비고
전압	380V	
전류	3.7/6.4A	최대/최소
모터전력	1.1kw	
동작압력	160bar	최대

3.2.4 유압 스위치 운용



[그림 2.2.26] HYDROSTAR 선로전환기

3.3 유압식 선로전환기 고장

[표 2.2.14] 유압식 선로전환기 결함

결함 서브시스템	결함 코드	결함내용	결함수	비율 (%)	합계 (%)
…	CL1	결함보고 후 정확하게 동작	935	22.44	22.4
캠 조정	CL2	조정범위 이탈	292	7.01	29.4
검지장치	CL3	결함	229	5.50	34.9
간류 구동	CL4	조정범위 이탈	171	4.10	39.0
쇄정 암	CL5	빈약한 윤활	147	3.53	42.6
…	CL6		131	3.14	45.7
검지기슬라이드/캠	CL7	조정/게이지 범위이탈	103	2.47	48.2
캠 조정가능	CL8	조정/게이지 범위이탈	80	1.92	50.1
간류 구동	CL9	조정/게이지 범위이탈	79	1.90	52.0
태핏	CL10	조정범위 이탈	68	1.63	53.6
쇄정 암	CL11	조정범위 이탈	56	1.34	55.0
호스	CL12	화재/타버림에 의한 소손	55	1.32	56.3
태핏	CL13	조정/게이지 범위이탈	50	1.20	57.5
…	CL14	오류/무시	49	1.18	58.7
펌프(전기)	CL15	결함	43	1.03	59.7
호스	CL16	누유	40	0.96	60.7
호스/파이프/커넥터	CL17	화재/타버림에 의한 소손	38	0.91	61.6
파워팩	CL18	결함	33	0.79	62.4
호스/파이프/커넥터	CL19	헐거움/불완전/누유	32	0.77	63.1
…	CL20	결함	31	0.74	63.9
잠금부품	CL21	조정범위 이탈	30	0.72	64.6
…	CL22	고장없음(유지보수)	29	0.70	65.3
…	CL23	검사 O.K.	28	0.67	66.0
검지장치	CL24	균열/파손	27	0.65	66.6
	CL25				

3.3.1 고장분류

[표 2.2.15] 결함코드의 고장모드별 분류

결함코드	고장모드 그룹	실험	고장비율(%)
CL4, CL12, CL13, CL14, CL21	구동결함	선로전환기의 과주	
ditto		백드라이브 부정확하게 설치	
CL3, CL21	지레실패	쇄기 삽입	
CL4, CL8, L9, CL15, CL18	모터에 고저항력	고저항 브러시	
CL1, CL6	시험통과		
CL12, CL19, C24	기타		

서브시스템별 고장을 분류하면 [표 2.2.16]와 같다.

[표 2.2.16] 서브시스템별 고장모드

서브시스템	고장모드	
캠	조정범위 이탈 조정/게이지 범위 이탈	
검지장치	결함 조정/게이지 범위 이탈 균열/파손	
간류	조정범위 이탈	
태핏	조정범위 이탈 조정/게이지 범위 이탈	
호스	화재/소손 누유	
펌프	결함	
파워팩	결함	
쇄정장치	빈약한 윤활 조정범위 이탈	

3.3.2 하이드로스타 고장현황

□ 선로전환기 월별 장애현황

('11. 6. 30 현재)

[표 2.2.17] 하이드로스타 월별 장애현황

번호	장애 원인	계	'10.11	'10.12	'11. 1	'11. 2	'11. 3	'11. 4	'11. 5	'11. 6
합 계		442	19	21	41	75	72	57	121	36
1	파손	7		1	6					
2	밀착검지기 불량	44	2	7	9	6	4	5	8	3
3	쇄정장치 불량	95	1	2	4	12	2	5	65	4
4	유압계통 불량	13	1	4	2	3		2	1	
5	전환도중 멈춤	8		2	4	2				
6	기타	6			3		1			2
7	HDD불량(궤도복합)	28	14	2	2	2	5	1	2	
8	전환시 불일치	241	1	3	11	50	60	44	45	27

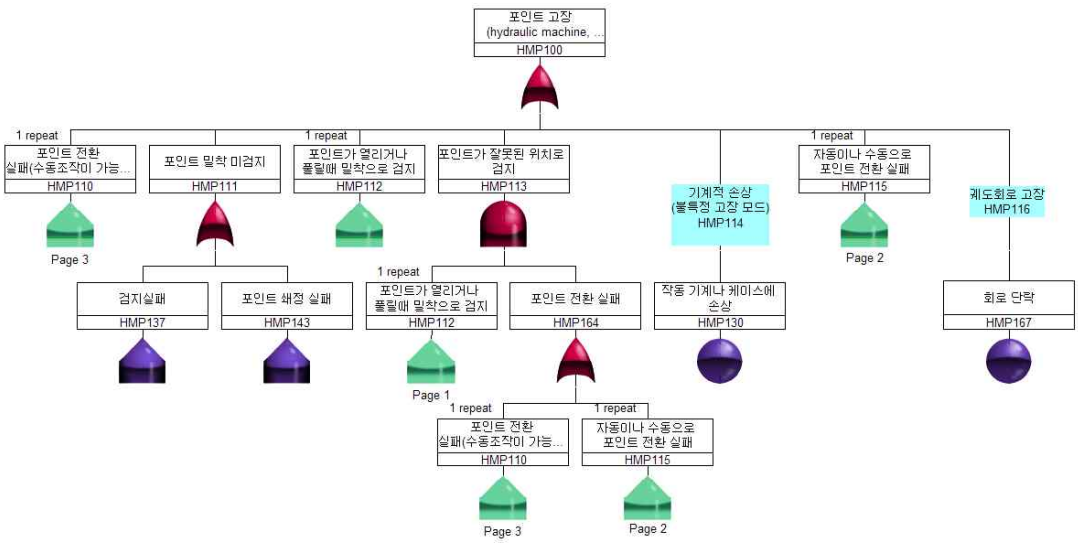
□ IEC(연동장치)별 장애현황

('11. 6. 30 현재)

[표 2.2.18] 연동장치별 장애현황

번호	장 애 원 인	계	신경주	고모	울산	노포
합 계		442	142	46	243	11
1	파 손	7	3	-	4	-
2	밀착검지기 불량	44	18	1	20	5
3	쇄정장치 불량	95	27	1	65	2
4	유압계통 불량	13	5	-	7	1
5	전환도중 멈춤	8	2	2	4	-
6	기 타	6	0	2	4	-
7	HDD 불량	28	12	2	12	2
8	전환시 불일치	241	75	38	127	1

3.4 유압선로전환기 FTA



[그림 2.2.27] 유압선로전환기 FTA

3.5 유압선로전환기 고장검지 방법 도출

3.5.1 유압식 선로전환기 고장모드

유압선로전환기의 구성은 동력을 생성하는 파워팩, 전환을 실행하는 Ram, 피스톤을 연결하는 파이프와 호스, 오일 및 제어장치로 구성되어 있다. 유압선로전환기의 고장을 [표 2.2.19] ~ [표 2.2.21] 에서 분석을 하였다.

[표 2.2.19] 유압선로전환기 일반점검사항

	점검항목	측정 값	고장모드	발현현상	측정 값	측정 방법	구현방법	검측주기
일반 사항	유압구동장치 가 문제없이 동작하는 가?	pass/fail	작동불능, 출력부족	전환불능, 밀착불량	pass/fail	동작시험	절차 설정 값	주기
	선단 쇄정장치가 원활하게 동작하는 가?	pass/fail	기어파손, 클러치 동작불량	전환불능, 밀착불량	pass/fail	동작시험	육안검사	주기
	텅레일의 이동과 쇄정이 원활하게 동작하는 가?	pass/fail	쇄정불량	전환불능, 밀착불량, 밀착불량	pass/fail	동작시험 설정 값 검측	거리센서 on/off	상시
	텅레일의 위치검지가 문제없이 동작되는 가?	pass/fail	위치검지 불능	밀착불량, 전환불능	pass/fail	동작시험 설정 값 검측	거리센서	상시
	제어기가 원활하게 동작되는 가 ?	pass/fail	제어불능, 오출력, 부분기능 동작	동작불능	pass/fail	동작시험 설정 값 검측	입출력 값 비교	상시
	유압장치 전기접점이 원활이 동작되는 가?	pass/fail	접점단락 불일치	상태검지불능, 밀착불량	pass/fail	동작시험	입출력 값 비교	상시
	파워팩 는 문제없이 동작하는 가?	pass/fail	동작불능	과전류도통	pass/fail	동작시험	입출력 값 비교	주기
	수동으로 전환을 할 수 있는 가?	pass/fail	전환불능	전환불능	pass/fail	동작시험	–	주기

[표 2.2.20] 유압선로전환기 서브시스템 고장모드 및 검출방법(2)

서브 시스템	부품	기능	측정 항목	측정 값	이상 발생현상	발현현상	측정방법	구현방법	검측주기
power pack	모터	전환력 생성	오일압력	전류	구동력 부족	거동이상	속도 측정	전류계	상시
	피스톤/캠/ 태핏	전환력 생성	오일압력	pass/fail	조정범위 이탈	전환불안정	수동검측	수동검측	상시
	압력해정밸브	압력해정	동작상태	pass/fail	동작불능	ram 동작불능	ram변위	변위계	상시
	압력 및 흐름제어밸브	오일통로제어	전환력전달	pass/fail	압력제어불능	ram 동작불능	ram 변위	변위계	상시
	솔레노이드 밸브	밸브제어	상태	pass/fail	손상, 고착	밸브동작불능	ram 변위	변위계	상기
	accumulator	압력저장	상태	헐거움, 손상	압력유지불능	ram동작불능	ram 변위	변위계	상시
	오일탱크	오일저장	상태	이완, 손상, 유실	누유	수동측정	유량계	수동측정	주기
	파이프라인 피팅	오일회로구성	체결상태	pass/fail	이완	누유	수동검측	수동검측	주기
쇄정 장치 (ram)	구동피스톤	텅레일 전환	거동	pass/fail	조정범위 이탈	전환불능	밀착간격	밀 착 검 지기	상시
	구동 로드	텅레일 전환	거동	pass/fail	헐거움, 손상	밀착간격확대	밀착간격	밀 착 검 지기	상시
	구성요소	ram 고정	상태	pass/fail	헐거움, 손상, 유실	밀착간격확대	수동측정	수동측정	주기
	볼트/나사/핀	ram 고정	상태	pass/fail	헐거움, 손상, 유실	헐거움	수동측정	수동측정	주기
파이프	호스/파이프	압력전달	누유	pass/fail	이완, 손상, 유실	누유	수동측정	수동측정	주기

[표 2.2.21] 유압선로전환기 서브시스템 고장모드 및 검출방법(3)

서브 시스템	부품	기능	측정항목	측정 값	고장모드	발현현상	측정방법	구현방법	검측주기
제어 장치	제어장치	모터구동 ram 상태 제공	입출력 값	상태 값	동작이상 상태정보 이상	헐거움, 절연열화	저항 값	저항측정	볼트메터
	내부와이어	정보전달	상태 절연강도	절연강도	절연열화	누전, 제어불량	저항 값	볼트메터	
	전기접점	전기정보전달	접점상태	on/off	on/off	소착, 저항증가, 접점불량	on/off	동작시험	입출력 값
	접지	방전	접지저항	저항측정	저항측정	저항증가	저항측정	저항측정	볼트메터
텅레일 위치 검지기	좌대	선로전환기고정	고정 상태	고정상태	불안정, 손상	위치변동	수동검사	수동검측	주기
	검지기 내부	정위/반위 상태 밀착 및 플랜지 통로 폭	동작상태	동작상태 출력 값	마모, 손상	거동이상	수동검사 위치측정	광학장비	주기
	검지 간	텅레일 위치검지	위치 값	위치 값	휨, 손상, 헐거움, 고착	위치 값 오류	위치 측정	육안검사 변위계	주기
	검지기 볼트/나사	검지기 고정	고정상태	상태	헐거움, 손상, 유실	거동이상	육안검사	수동검측	주기
	내부 배선	정보전달	누전상태	누전여부	헐거움, 절연열화	누전	볼트메타	저항측정	주기
	씰(Seals)	방수, 방진	우수침입	누수여부	헐거움, 손상, 파손	강수유입	수동검사	육안검사	주기
	전기접점/스위치	정위/반위검지 동작제어	동작상태	on/off	소착, 저항증가, 접점불량	on/off 동작오류	동작시험	입출력 값 시험	주기
	접지	보호	접지저항	저항 값	저항증가	저항 값	저항측정	볼트메터	주기

표에서 파워팩, Ram, 파이프호스, 쇄정장치 및 위치검지기에 대한 고장을 분석한 결과를 이용하여, 선로전환기의 감시항목을 다음과 같이 도출하였다.

① 구동간 및 스위치 쇄정 시스템 감시

② 텅레일과 기본레일간의 최소 간격 검지

③ 전환력 측정

④ 유압과 동작시간

⑤ 텅레일 동작간 선로전환기의 전환력 감시

⑥ 검지간의 위치 감시

⑦ 파워팩 전류

도출항목을 다시 각각의 서브시스템과 연관하여 재 할당 하였다.

3.5.2 전기식 선로전환기 측정방법

(1) 구동간 및 스위치 쇄정 시스템 감시

① 구동간 상태는 선로전환기 전류나 전환력, 변위계를 이용하여 검지한다.

② 전류나 전환력이 일정수준 이상이면 구동간은 정상이다.

③ 쇄정 상태는 선로전환기 접점이나 구동간의 이동에 의해서 검지한다.

(2) 텅레일과 기본레일간의 최소 간격 검지

① 분기기에서 검지한 방법과 동일한 방법으로 시행한다.

(3) 전환력 측정

① 모터의 전류를 이용하여 검지한다.

② 전철간에 load sensor를 부착하여 검지한다.

③ 전환력은 2500N ~ 6,500N이다.

(4) 동작전류

① 동작전류는 3.7A~ 6.4A이다.

(5) 동작전압

① 삼상 380V을 사용한다.

(6) 동작시간

① 동작시간은 평균 5.4초이다.

(7) 텅레일 동작에 대한 선로전환기의 전환력 감시

① 전환력은 2,500N ~ 6,500N 이다.

② 전환력이 텅레일에 적용되는 시간은 평균 5.4초이다.

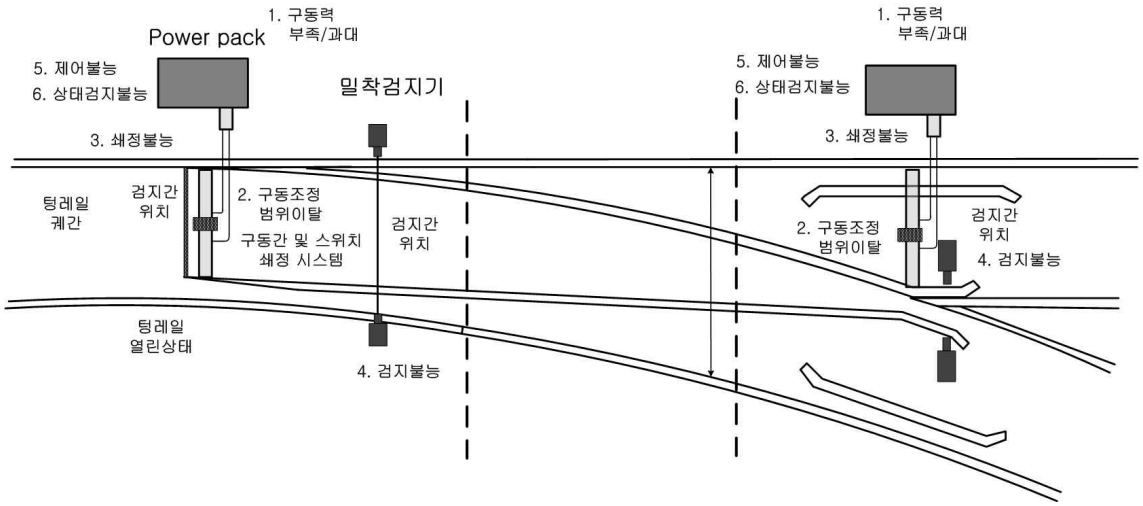
(8) 검지간의 위치 감시

① 검지간의 동작상태를 감시한다.

② 검지간 동작상태는 선로전환기 접점, 밀착검지기 등을 이용하여 검지한다.

[표 2.2.22] 고장모드별 검출방법

	고장모드	원인	직접검측	간접검측	검지항목
	구동력부족			위치검지기 유압 전환력	①②③④
		모터	전류		
		파워팩 불량	입출력값비교		
		압력제어밸브불능	입출력값비교		
		파이프라인 균열/파손	유압측정		
	구동조정범위이탈			변위계 밀착검지	①②③⑥
		구동간 균열/파손	동정검측		
		간류 이완/불안정	동정검측		
		구동장치 좌대	동정검측	위치검지기	
		상판/롤러	전환력		
		검지장치 이상	동정검측		
		레일변형	동정검측		
		잔류응력			
	쇄정불능			밀착간격	①②③⑦
		구동간 조정범위이탈	변위계		
		쇄정장치 이상	밀착간격		
	검지불능			입력/출력비교	①⑥
		제어장치 결함			
	제어불능			입력/출력비교	⑧
		제어장치 결함	입력/출력비교		
	상태검지불능			입력/출력비교	①
		제어장치 결함	입력/출력비교		



[그림 2.2.28] 유압식 선로전환기 고장모드

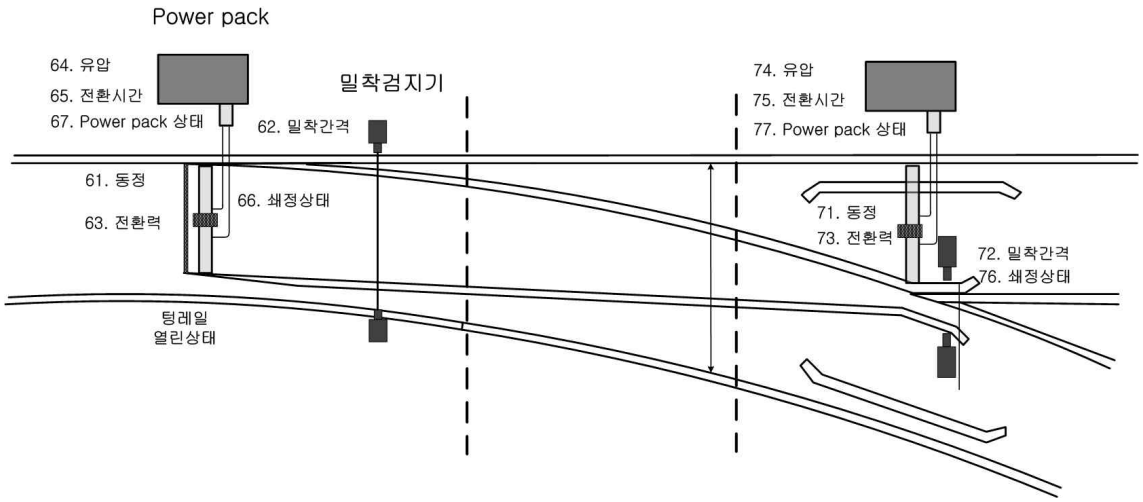
[표 2.2.23] 고장모드별 검출방법

번호	고장모드	검지항목	간접검측
1	구동력부족	①②③④	위치검지기 유압 전환력
2	구동조정범위이탈	①②③⑥	변위계 밀착검지
3	쇄정불능	①②③⑦	밀착간격
4	검지불능	①⑥	입력/출력비교
5	제어불능	⑧	입력/출력비교
6	상태검지불능	①	입력/출력비교

3.6 유압식 검측항목

3.6.1 유압식 선로전환기 검측방법

유압식 선로전환기 시스템의 동작이상을 검지할 수 있는 항목을 선정하였으며, 선정된 항목을 이용하여 선로전환기의 상태를 검측할 수 있다.



[그림 2.2.29] 유압식 선로전환기 검측항목

3.6.2 유압식 선로전환기 검측항목

◎ 운용환경

01. 대기온도

02. 습도

03. 레일온도

04. 장비온도

05. 차량속도

◎ 첨단부 선로전환기

61. 동정

62. 밀착간격

63. 전환력

64. 유압

65. 전환시간

66. 쇄정상태

67. 전류

68. 전압

69. 파워팩 상태

◎ 크로싱

71. 동정

72. 밀착간격

73. 전환력

74. 유압

75. 전환시간

76. 쇄정상태

77. 전류

78. 전압

79. 파워팩 상태

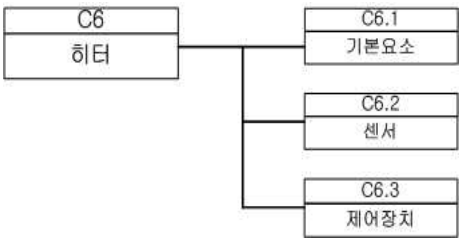
[표 2.2.24] 유압 선로전환기 측정항목

서브 시스템	번호	검측항목	검측방법	단위	sampling time
텅레일	61	동정	변위계	mm	$100Hz$
	62	밀착간격	간격	mm	$100Hz$
	63	전환력	strain gauge	N	$2kHz$
	64	유압	볼트메터	N/mm^2	$2kHz$
	65	전환시간	타이머	sec	$1Hz$
	66	쇄정상태	on/off	-	$100Hz$
	67	전류	A메터	A	$1kHz$
	68	전압	V메터	V	$1kHz$
	68	파워팩 상태	입출력정보	-	$100Hz$
크로싱	71	동정	변위계	mm	$100Hz$
	72	밀착간격	간격	mm	$100Hz$
	73	전환력	strain gauge	N	$2kHz$
	74	유압	볼트메터	N/mm^2	$2kHz$
	75	전환시간	타이머	sec	$1Hz$
	76	쇄정상태	on/off	-	$100Hz$
	77	전류	A메터	A	$1kHz$
	78	전압	V메터	V	$1kHz$
	79	파워 팩 상태	입출력 정보	-	$100Hz$

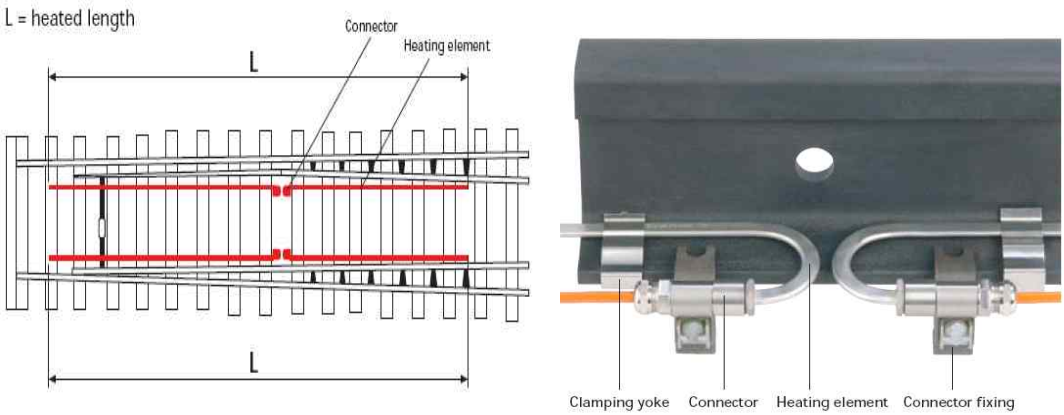
4. Heating components

4.1 히팅 시스템

겨울철에 결빙과 강설은 철도운용에 가장 어려운 환경 중의 하나이다. 분기기는 결빙과 강설에도 불구하고 완벽하게 동작하여야 한다. 최근에는 분기기의 결빙을 방지하기 위해서 분기기 부근에 열선을 설치하여 운용하고 있다.



[그림 2.2.30] 히터 시스템



[그림 2.2.31] 분기기에서 열선 설치방안

4.2 히팅 시스템 점검

① 융설기가 잘 작동되는지 점검되어져야 한다.

② 융설기 고장 시, 경보를 제어하는 전자제어장치가 점검되어져야 한다.

③ 접지는 항시 최적의 상태를 유지해야 한다.

4.3 고장검지

[표 2.2.25] 고장모드별 검출방법

번호	고장모드	검지항목	검측
1	전원차단		저항측정
2	누전		전류측정

제3절 분기기 시스템 DB 시스템 구축

1. 개론

분기기의 성능유지를 위해서 지속적인 유지보수가 필요하다. 유지보수의 목표는 최소의 비용으로 최대의 분기기 성능을 확보하는 것이다. 분기기의 상태와 운용조건을 정확하게 파악하기 위해서 분기기관련 데이터를 지속적으로 수집, 분석하는 것이 필요하다.

2. 일반운용환경

① 레일온도

② 장비온도

③ 대기온도

④ 열차속도

⑤ 외력

⑧ 전압

⑨ 전류

⑩ 시간

⑪ 습도

3. 분기기관련 데이터 수집내용

3.1 DB 구축항목

분기기에 관련된 수집내용은 [표 2.3.1] 와 같다.

[표 2.3.1] 분기기 검사표

분기기 검사						
노선	분기기 ID		검사자			
위치	일자					
일반사항						
스위치가 문제없이 동작하는 가?	YES NO					
레일이 같은 중량과 단면을 갖는가 ?	YES NO					
플렌지통로에 이물질 없는가 ?	YES NO					
선형과 표면은 양호한가 ?	결함 양호 보통 한계 나쁨					
레일버팀쇠가 4개 이상동작되는가 ?						
침목	**침목크기**					
결함						
결함연결부분						
비스듬함						
결함 침목 부분		2	3	4	5	작업 요구
분리되어 있음						
붙어있음						
분리된 연결부분 침목						
연결 침목 집중화						
검측(왼쪽)		**검측(오른쪽)**				
스위치 충격력		스위치 충격력				
첨단부 위치		첨단부 위치				
기본레일 응력		기본레일 응력				
스위치 포인트 간격		스위치 포인트 간격				
스위치 포인트 궤간						
스위치 힐 궤간						
리드구간 궤간 1						
리드구간 궤간 2						
크로싱 충격량		크로싱 충격량				
크로싱 레일 응력		크로싱 레일 응력				
크로싱 첨단부 궤간		크로싱 첨단부 궤간				
크로싱 포인트 궤간		크로싱 포인트 궤간				
크로싱 힐 궤간		크로싱 힐 궤간				
크로싱 플렌지통로 폭		크로싱 플렌지통로 폭				
크로싱 플렌지통로 깊이		크로싱 플렌지통로 깊이				
가드레일 플렌지통로 폭		가드레일 플렌지통로 폭				
가드레일 체크 궤간		가드레일 체크궤간				
가드레일 페이스 궤간		가드레일 페이스 궤간				

[표 2.3.2] 분기기 부품의 점검 항목 1

부품	결함 없음	사이즈 부적절	형식 부적절	헐거움	위치 부적절	손상	마모	손실	기타	작업 요구
스위치 받침대							■		■	
쇄정너트							■		■	
연결 바							■		■	
스위치 간							■		■	
스위치 크립							■			
연결 로드 볼트							■		■	
스위치 로드 볼트							■		■	
클립볼트							■		■	
쐐기				■	■	■	■		■	
스위치 포인트(좌측)		■	■	■	■			■		
스위치 포인트(우측)		■	■	■	■			■		
포인트레일(좌측)									■	
포인트레일(우측)									■	
포인트정지(좌측)							■		■	
포인트정지(우측)							■		■	
강화 바(좌측)							■		■	
강화 바(우측)							■		■	
강화 볼트/리벳							■		■	
곡선기본레일		■	■	■	■			■		
직선기본레일		■	■	■	■			■		
궤간 플레이트		■					■		■	
레일 버팀쇠(좌측)							■			
레일 버팀쇠(조정가능)(L)							■			
레일 버팀쇠(우측)							■			
레일 버팀쇠(조정가능)(R)							■			
상판									■	
분기기 플레이트							■		■	
2중 침목 플레이트							■		■	
힐 충전제(좌측)							■		■	
힐 충전제(우측)							■		■	
힐 조인트 볼트(좌측)							■		■	
힐 조인트 볼트(우측)							■		■	
힐 조인트 바(좌측)							■		■	
힐 조인트 바(우측)							■		■	

[표 2.3.3] 분기기 부품의 점검 항목 2

부품	결함 없음	사이즈 부적절	형식 부적절	헐거움	위치 부적절	손상	마모	손실	기타	작업 요구
프로그(일반)							■		■	
프로그 전면		■	■	■	■					
프로그 두부		■	■	■	■		■			
프로그 볼트							■		■	
프로그 플레이트									■	
가드레일(좌측)									■	
가드레일(우측)									■	
가드레일 볼트(좌측)							■		■	
가드레일 볼트(우측)							■		■	
가드레일 클램프(좌측)							■		■	
가드레일 클램프(우측)							■		■	
가드레일 플레이트(좌측)							■		■	
가드레일 플레이트(우측)							■		■	

3.2 분기기 MMI

분기기 시스템 관련 MMI는 각 운영기관에 따라 현시항목을 조건에 따라 표시한다.

4. 선로전환기 진단항목

선로전환기 진단항목은 전기식 선로전환기와 유압식 선로전환기로 구분을 하였다. 전기식 선로전환기는 구동력을 모터와 기어를 이용하여 텅레일을 전환하며, 유압식 선로전환기는 파워팩에 의해서 유압이 생성되고 Ram에 의해서 텅레일을 전환하도록 되어 있다.

4.1 전기식 선로전환기 진단항목

전기식 선로전환기 진단항목은 [표 2.3.4]에 나타내었다.

4.1.1 전기식 선로전환기 DB 구축항목

가) 운용환경

① 레일온도

② 장비온도

③ 대기온도

④ 열차속도

⑤ 외력

⑧ 전압

⑨ 전류

⑩ 시간

⑪ 습도

나) 일반

[표 2.3.4] 전기 분기기 검사표

전기 분기기 검사			
노선	선로전환기 ID	검사자	
위치	일자		
일반사항			
모터가 문제없이 동작하는 가?		YES	NO
기어와 클러치가 원활하게 동작하는 가?		YES	NO
선로전환기 이동과 쇄정이 원활하게 동작하는 가?		YES	NO
선로전환기 위치검지가 문제없이 동작되는 가?		YES	NO
제어기가 원활하게 동작되는가 ?		YES	NO
선로전환기 전기접점이 원활이 동작되는 가?		YES	NO
모터보호장치는 문제없이 동작하는 가?		YES	NO
수동으로 전환을 할 수 있는 가?		YES	NO

[표 2.3.5] 전기 분기기 부품의 점검 항목 1

부품	결함 없음	사이즈 부적절	형식 부적절	헐거움	위치 부적절	손상	마모	손실	기타	작업 요구
구동기										
로드 균열/볼트										
접지										
기어의 마모/균열										
위치표시기										
스위치 블레이드 위치 검지기										
좌대										
감지기 내부										
볼트/나사										
내부 배선										
씰(Seals)										
검지 로드										
전기접점/스위치										
접지										
위치 감지기/커버										
구동시스템										
Flangeway										
핀/안전판(Plates)										
나사/나사너트										
로드/볼트										
감지 로드/볼트										
스위치 레일(Switch rail)										
백드라이브 로드 조인트										
Throw resistance										
구동장치의 좌대										
쇄정장치										
잠금장치/프로브										
구동 로드										
잠금장치 구성요소										
볼트/나사/핀										

[표 2.3.6] 전기 분기기 부품의 점검 항목 2

부품	결함 없음	사이즈 부적절	형식 부적절	헐거움	위치 부적절	손상	마모	손실	기타	작업 요구
선로전환기										
좌대										
구동로드										
구동기										
구동기 내부 기어										
볼트/나사										
검지 로드										
Throwing force										
내부 와이어										
전기접점										
방수 부분										
커버(Cover)										
상판 및 블레이드 롤러										
상판/롤러										
롤러 잠금장치										
유지보수										
로드/Actuation system										
백드라이브로드의 조인트										
잠금장치 구성요소										

4.2 유압 선로전환기 DB 구축항목

4.2.1 DB 구축항목

[표 2.3.7] 유압식 분기기 검사표

Hydraulic 분기기 검사			
노선	선로전환기 ID	검사자	
위치	일자		
일반사항			
유압구동장치가 문제없이 동작하는 가?		YES	NO
선단 쇄정장치 원활하게 동작하는 가?		YES	NO
선로전환기 이동과 쇄정이 원활하게 동작하는 가?		YES	NO
선로전환기 위치검지가 문제없이 동작되는 가?		YES	NO
제어기가 원활하게 동작되는가 ?		YES	NO
선로전환기 전기접점이 원활이 동작되는 가?		YES	NO
모터보호장치는 문제없이 동작하는 가?		YES	NO
수동으로 전환을 할 수 있는 가?		YES	NO
누유가 있는 가?		YES	NO

[표 2.3.8] 유압식 분기기 부품의 점검 항목 1

부품	결함 없음	사이즈 부적절	형식 부적절	헐거움	위치 부적절	손상	마모	손실	기타	작업 요구
파워팩										
모터										
ram										
밸브										
제어										
호스 및 파이프										
쇄정실린더										
Flangeway										
핀/안전판(Plates)										
나사/나사너트										
로드/볼트										
감지 로드/볼트										
스위치 레일(Switch rail)										
백드라이브 로드 조인트										
Throw resistance										
스위치 블레이드 위치 검지기										
좌대										
감지기 내부										
볼트/나사										
내부 배선										
씰(Seals)										
검지 로드										
전기접점/스위치										
접지										
위치 감지기/커버										
쇄정장치										
잠금장치/프로브										
구동 로드										
잠금장치 구성요소										
볼트/나사/핀										

[표 2.3.9] 유압식 분기기 부품의 점검 항목 2

부품	결함 없음	사이즈 부적절	형식 부적절	헐거움	위치 부적절	손상	마모	손실	기타	작업 요구
상판 및 블레이드 롤러										
상판/롤러										
롤러 잠금장치										
유지보수										
로드/Actuation system										
백드라이브로드의 조인트										
잠금장치 구성요소										

4.3 선로전환기 MMI

선로전환기 MMI는 각 운영기관에 따라 현시항목을 조건에 따라 표시한다.

제4절 분기기 시스템 고장판단 시스템

1. 개론

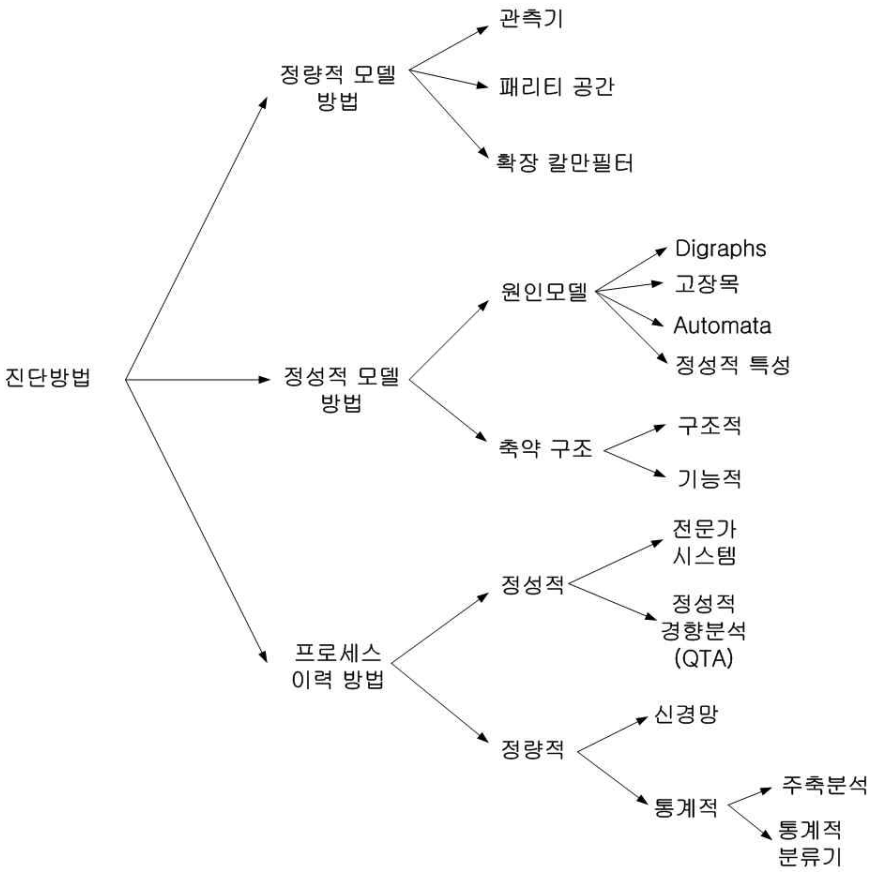
자동화된 결함진단 시스템은 수십년 간 연구가 집중된 분야이다. 이 분야에서 연구의 대부분은 화학산업, 제조업, 원자력 발전소 분야 등의 장치산업에 집중되어 왔다. 장치산업의 대부분은 수십 ~ 수백 개의 변수를 갖고 있으며, 대규모 투자가 필요한 공장은 보통 일괄적으로 설치한다. 운영자에게는 상대적으로 작은 비용이지만 향상된 신뢰성으로 상당한 효과가 있었으므로, 결함진단에 투자하는 비용이 증가되어 왔다.

구동장치들의 진단은 상대적으로 연구 주제는 아니였다. 대규모 프로세스 환경에서, 하나의 구동기 고장은 프로세서의 중단을 초래하지 않도록 대부분 이중화가 되어 있다. 그러한 플랜트 진단 시스템은 문제를 발생시키는 하나의 구동기로 인식하며, 더 이상 자세하게 진단하지는 안는다.

철도시스템에서는 구동기 고장은 그 고장을 해결할 때까지 시스템을 정지시킬 수 있다. 차량 출입문 고장은 사전에 설정된 안전 절차에 의해서 열차를 정지 시킬 수 있다. 예를 들어서 고속열차와 같은 경우는 출입문 고장은 열차를 운행할 수 없다. 고장이 발생된 스위치 구동기는 스위치를 전환할 수 없으며, 해당되는 진로를 설정할 수 없다. 또한 스위치가 밀착이 되지 않으면, 수동으로 스위치를 한 위치에 고정시키기 전에는 사용할 수 없다.

2. 결함진단을 위한 방법

[그림 2.4.1] 은 진단을 위한 방법을 나타낸다. 이 도표는 정성적인 원인 모델에 Automata를 추가한 것이다. 결함진단 방법에는 정성적 방법을 이용한 모델, 정량적 방법을 이용한 모델, 프로세스 모델을 이용한 이력모델 등의 3가지 분류가 있다.



[그림 2.4.1] 결함진단 방법 그룹

2.1 모델을 이용한 결함 진단 방법

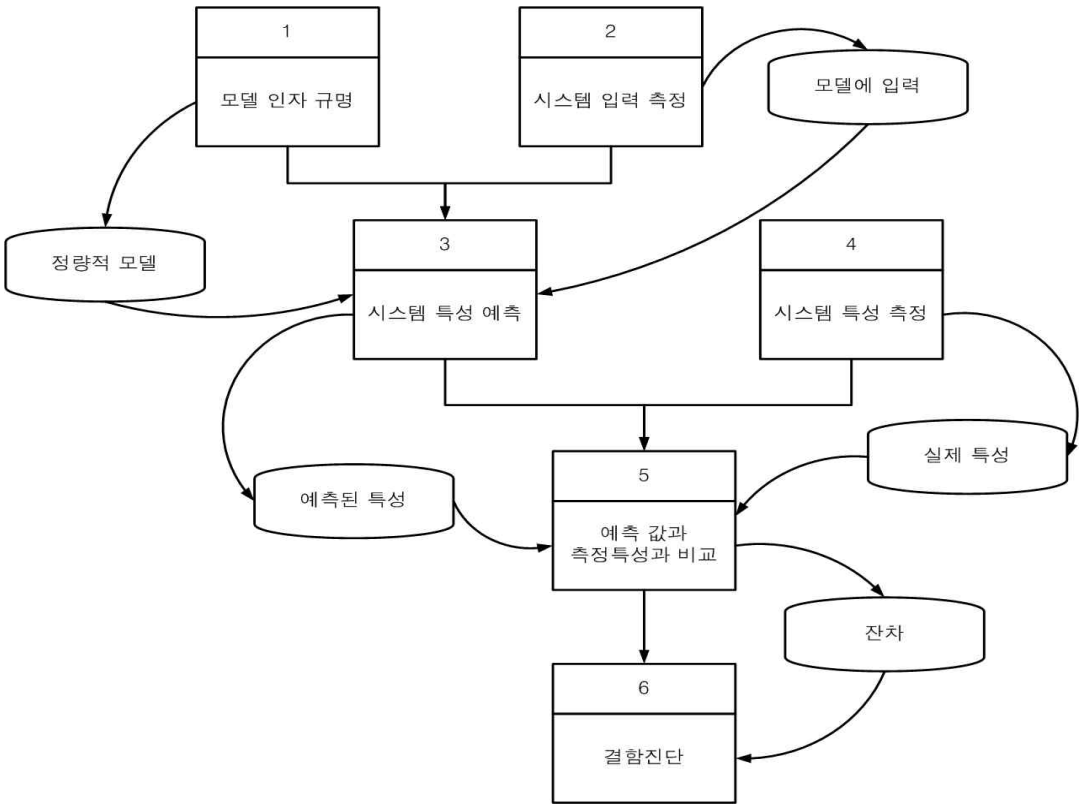
결함진단에 대해서 이러한 방법의 기본적인 착상은 진단하려고 하는 시스템의 수학적 모델을 만드는 것이다. 이 모델로 플랜트의 측정 가능한 값을 예측하는 것이다. 잔차 값으로 나타나는 신호는 플랜트 자체로부터 측정된 값과 예측된 값을 비교함으로써 생성된다. 그 차이 값들은 어떠한 결함이 있는지와 어떤 상태가 될 수 있는 지를 결정하는데 사용된다. 그 차이 값들의 생성에 대한 공통함수는 측정된 값에서 모델 신호 값의 차감(부가적인 결함을 검지) 및 나누는 것(곱으로 나타나는 결함을 검지하기 위해서)이다.

다양한 방법으로 동적 시스템의 성능을 모델링을 할 수 있다. 그러나 고장진단 분야에서 가장 두드러지는 방법은 상태식(State-space) 입출력 모델이며, 통상 샘플링을 이용하여

측정하기 때문에 이산형태이다.

이 모델의 장점중 하나는 대규모 공장의 제어기에서 많이 사용되어 지고 있다는 점이다. 상태식 모델은 어떤 시스템을 직접적으로 찾아낼 수 없을 때, 상태변수를 평가하는 것이다. 이 모델을 관측기(Observer)라 하며, 시스템 운용 내용을 관측할 수 있도록 하고, 시스템을 원활하게 제어할 수 있도록 한다. 상태식을 이용한 수학적 모델은 다양한 분야의 제어에 사용한다. 패리티식(Parity equation)은 잔차(Residual)를 구하는데 광범위하게 사용된다. 패리티 식은 상태식 입출력모델을 재구성한 것이며, 결함이 없을 때에는 패리티 벡터의 값이 "0"이 된다. 패리티 벡터가 검지되면 결함이 발생한 것이다. 이 방법으로 시스템에 발생된 결함과 연관이 되도록 하며, 시스템 상태와는 연관이 되지 않도록 한다.

Hofling과 Lsermann은 감시대상 시스템의 인자들을 추적하는 결함검지 시스템에 사용되는 패리티 식을 구축하였다. 패리티 식은 인자추정에 사용된다. 인자변화를 추적함으로써 결함들을 검지한다.



[그림 2.4.2] 일반적 모델을 이용한 결함진단 시스템에 대한 기능 흐름 불럭도

Gertler와 Monajemy는 직접적인 잔차를 생성하기 위한 동적 패리티 관계를 사용하였다. 직접적인 잔차는 어떤 특정 결함 생성이 잔차가 패리티 공간(벡터공간은 잔차신호로 구성된다.)을 통하여 직선상으로 이동한다. 그런 시스템의 바람직한 특성은 잔차이동이 각기 다른 결함에 대해서 1차 독립(직교성)을 갖는 것이며, 그러면 진단은 간단해 진다. 이 방법은 출력에서 관측기 혹은 각 결함에 따라 조정된 Extended Kalman filter의 활용과 비슷하며, Gertler와 Monajemy는 이 방법이 설계 절차를 보다 간단하게 한다고 주장하였다.

Balle 및 Fussel은 비선형 시스템 모델링 문제를 작은 부분으로 나누어 선형화(LOLIMOT : LOcal LInear MOdel Tree)하여 해를 구하는 방법을 제시하였다. 이것은 시스템 운용에서 일부 부분에만 유효한 선형모델 구조이다. 이 방법을 화학 프로세스에서 사용하는 밸브제어 구동에 시험하였다.

Demetriou와 Polycarpou에 의해서 다른 비선형 모델링 해결 방법을 제시하였는데, 이 방법은 정교한 수학적 모델로써 비선형시스템의 특성을 모델링하기 위해서 실시간 예측기를 사용하였다. 실시간 예측기의 출력이 “0”이 아니면 그때에는 결함이 검지된 것이다.

2.2 정성적 모델을 이용한 방법

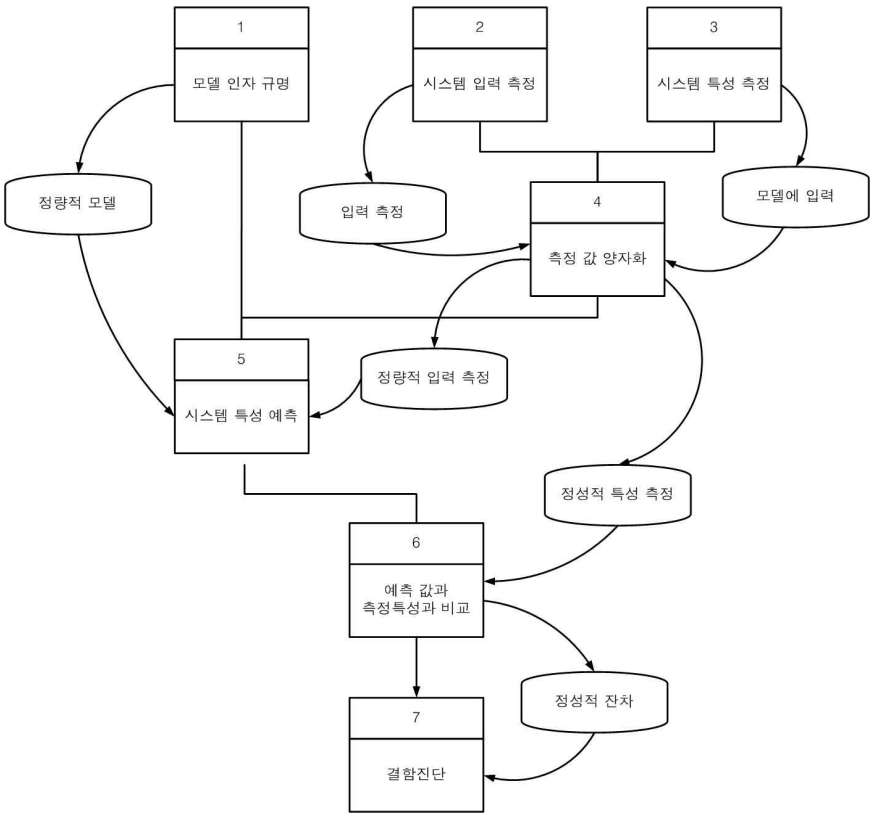
정성적 모델을 사용하는데, 기존에 발표된 논문을 인용하는 3가지 이유가 있다. 첫 번째는 정성적 모델링은 정확한 수치 모델링에 의존하지 않기 때문에 모델링의 부정확성은 문제가 되지 않는다. 두 번째로 정성적 모델은 정량적 관측이 불가능한 곳에서 사용할 수 있다. 세 번째로 운용모델에서 어떤 시스템과 관련된 경험적인 지식과 결합하는 것이 가능하다.

독일 보쿰대학의 Jan Lunze은 정성적인 모델링과 그 응용에 관련된 많은 논문을 발표되었다. 실제적인 프로세스에 대해서 모델링 수단으로 Stochastic automata에 특히 초점이 맞추어져 있다. 오토마타는 상태머신으로 알려져 있다. 스토캐스틱 오토마타는 정성적 상태의 관측과 천이 결함의 진단에 사용된다. 어떤 유효한 확정적 자동화 모델이 존재해야하는 조건에 대한 연구가 진행되었으며, 양자화된 사건의 연속체의 시간을 나타내는 세미 마르코프의 활용에 대한 연구가 진행되었다.

Ramakur에 의해서도 상태머신을 정성적 모델로 사용하였다.

이 논문들은 변수 값을 직접적으로 측정할 수 없는 곳에서의 상태를 취급하고 있고, 정성적 모델은 변수의 값을 처리 하는 데에 사용해야 한다. 정성적인 방법들은 측정 공간의 일부분 혹은 양자화를 포함하며, 그것으로 이산 사건을 구성할 수 있다.

다양한 확률적인 방법들을 이용하여 상태들 간의 천이를 모델링 할 수 있으며, 진단 출력 값을 생성할 수 있다. 확률 값을 각 가능한 결함에 대해서 계산할 수 있으며, 확률 값은 시간에 걸쳐서 어떤 결함의 발현 확률이 증가하는 것을 관측자에게 제공할 수 있어 매우 유용하다.



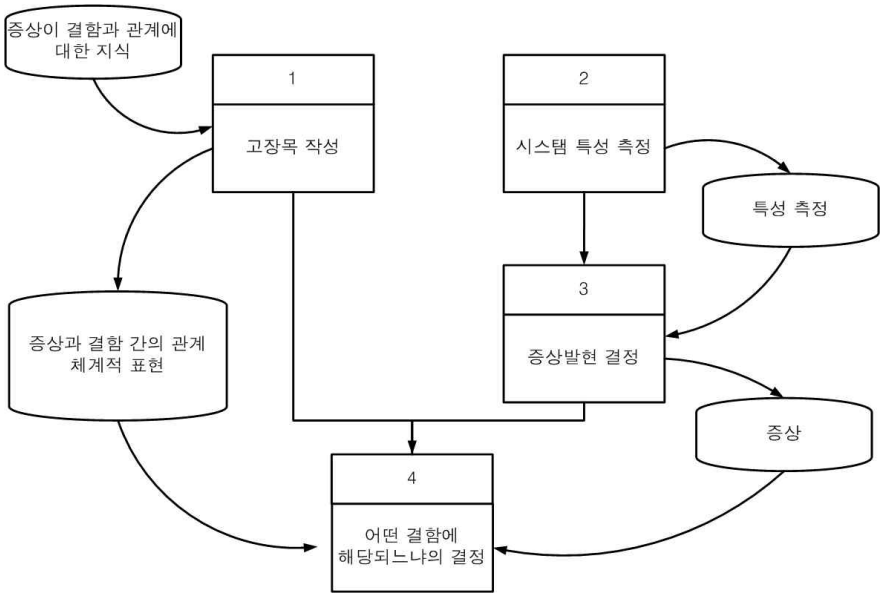
[그림 2.4.3] 정성적 모델을 이용한 기능 흐름 블록도

이러한 방법은 효과적이나, 양자화된 데이터를 모델의 입력 값으로 사용할 때에는 항상 조정이 필요하다. 확률적 진단 알고리즘은 이러한 데이터 사용의 모호성을

처리하는데 사용한다. 양자화는 측정된 데이터에서의 작은 변화는 바로 검지할 수 없다는 것을 의미한다. 이것은 초기 결함을 바로 검지할 수 없다는 것을 의미하기도 한다.

Iri는 원인-결과 그래프 혹은 부호가 표시된 그래프로 알려진, Digraph를 물리적인 시스템의 특성으로 정성적 묘사하는 방법을 사용하였다. 어떤 시스템을 수학적으로 나타내는 미분 방정식을 각 값의 부호(양수, 음수 및 “0”)를 고려하여 정성적인 그래프로 변환하였다. 가스터빈 시스템에서 결함을 예측하는 시스템의 일부로서 Digraph를 정성적인 원인 모델을 표시하는데 사용된 일례가 있다. 이 시스템의 사용자들은 가공되지 않은 데이터와 표준 정량적 식을 이용하여 모델 특성을 볼 수 있으며, Digraph 결과에 처리한 결과로부터의 정성적인 정보를 추가하였다. Tarifa와 Scennia는 Digraph를 이용하여, 프로판가스 증류기를 화학프로세스에 적용하였다. 결함 시뮬레이션 동안에 구축된 Knowledge base를 이용하여 Fuzzy 규칙을 적용하여 결함을 진단하였다.

정성적인 분석은 표준 수학적 거동 모델과 더불어 인간 형태의 추론을 이용하여 실제 세계에 대한 추론결정을 하는 인공지능 시스템에 대한 수단으로 사용된다. 기본적 정성적 분석은, Kleer와 Brown이 섭동분석을 위해 제안하였다.

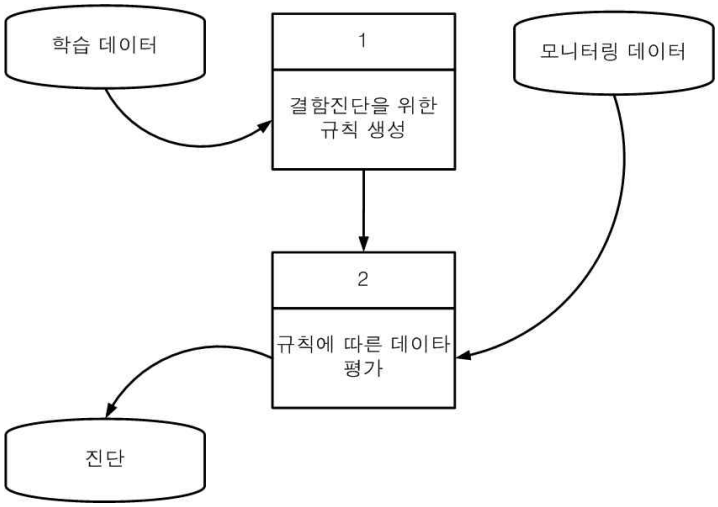


[그림 2.4.4] 개량된 기능흐름 블록도에 의한 고장목 분석 절차를 나타냄

고장목 분석은 증상을 특정 결함조건에 연관시킨 Knowledge-based 모델이다. 고장목은 고장모드 상태에서 장치의 유사한 거동을 결정하는데 사용한다. 경험적 지식과 인간추론은 관측된 증상을 결함조건에 연결하는 데 사용된다. 관측할 수 있도록 충분한 증상과 각 결함이 증상에 관련된 유일한 집합이라면, 정확하게 결함을 예측하는 것이 가능하다.

말단결과의 부품 혹은 기능적 결함진단에 대한 그림이 축약구조(Abstraction hierarchy)이다. 이것은 결함 부품 혹은 서브 시스템을 서로 분리할 수 있도록 하는 정성적으로 추론한 시스템 상태이다.

2.3 프로세스 이력을 이용한 방법



[그림 2.4.5] 일반적인 프로세스 이력을 이용한
결함진단 알고리즘

이력이용방법은 사전에 모니터링할 시스템에 대한 정보를 필요로 하지 않기 때문에 모델을 이용한 진단방법과는 근본적으로 다르다. 시스템으로부터 사전에 검측된 데이터를 이용하여, 결함을 진단하기 위해 사용할 지식을 생성하고 분석한다. 이 기능을 특성 추출이라 한다. 지식응용을 위한 방법은 모델을 이용한 방법과 많이 동일하다.

특성추출 방법에는 여러 가지 분류가 있다. [그림 2.4.5]에서 프로세스 이력 분기를 나타낸다. 정량적 특성 추출은 통계적 혹은 비통계적 방법이 있다. 통계적 방법은 데이터에서 함축적 수학적 표현에서 형태를 찾는 것과 관련이 있다.

주축 분석(PCA : Principal Component Analysis)은 이러한 표현 방법 중 최근 것이며, 얼굴인식과 아랫면의 균열검지를 위한 비파괴 검사에 사용된다. PCA는 데이터의 차원을 축소하는 행렬 혹은 벡터의 수학적 변환이다.

웨이브렛 변환은 신호를 주파수와 시간영역을 나타내는 수학식으로 표시하는 것이다. 결함예측을 포함해서 여러 분야에서 특성추출에 웨이브렛 변환을 사용한다.

웨이브렛 변환은 2개의 축척변수 "a", "b"의 함수이며, 모 웨이브렛은 평균 “0”과

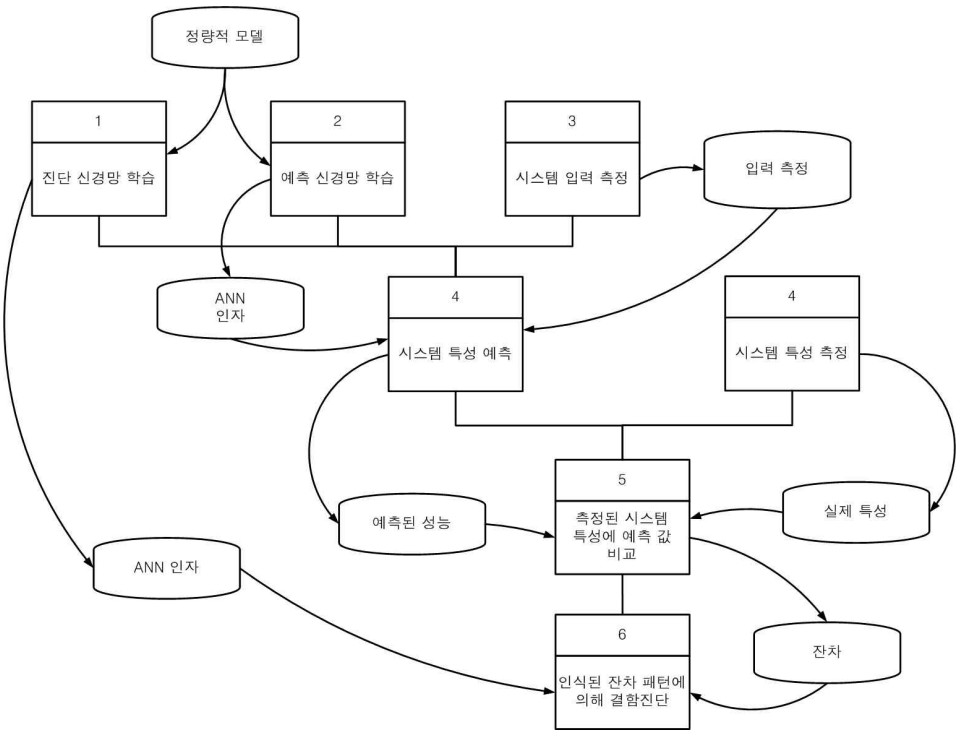
한정된 길이를 가지고 있다. 축척 변수는 다양한 축척으로 웨이브렛 변환을 할 수 있도록 하며, 신호의 다중 해상도 분석이 가능하다.

주파수-시간 분석은 진단신호의 형상을 추출하기 위해서 오랫동안 사용되어 왔다. 퓨리에 변환은 특정 주파수를 추적하기 위해서 사용한다.

모든 통계적 방법은 복잡한 수학적 기능에 의존하고, 자세한 해석이 요구되는 함축된 데이터를 생성하며, 그 후에 그 결과를 사용할 수 있다. 기능의 복잡성은 진단분야 사용에 제한요소이며, 그 시스템을 사용하는 사용자 이해할 수 있도록 다른 방법이 필요하다.

초기의 연구는 공동분야에서 각기 다른 구동기에서 얻은 파형을 나타내는 수단으로서 웨이브렛 변환의 사용가능성에 대해 연구하였다. 그러나 각 구동기의 특성은 신뢰 있는 정성적인 방법을 도출하기가 어려운 것으로 판명되었다.

인공 신경망(ANN : Artificial Neural Network)은 공학 분야에 두루 적용되는 일반적인 계산 방법이다. 인공 신경망의 기본은 인체의 뉴런을 모델로 하였으며, 입력과 출력의 성분을 가지고 있으며, 방대한 양의 상호 연결망을 가지고 있다.



[그림 2.4.6] 진단시스템과 패턴을 통하여 결함을 인식하는 예

인공신경망은 입력데이터로부터 학습기능과 데이터 형태를 모델링하는 기능과 같은 수행기능과 패턴분류 기능(모델에 의해서 생성된 관측된 잔차의 초기 집합으로부터 결함진단 일 수 있다)을 가지고 있다.

인공 신경망의 응용 다양성으로 인하여, 다양한 형태의 인공신경망이 최근에 결함진단 연구에 응용되고 있다. 인공 신경망에서 시스템을 모델링하고 결함을 진단하기 위해, 학습 데이터 한 묶음이 필요한 전부이며, 상당히 잘 동작한다. 적용의 예로서 변압기 및 로봇 팔 조작기 등에 적용하였다.

인공 신경망은 실용적인 측면에서 모니터링하는 시스템을 자세한 분석하지 않고, 단지 학습데이터만을(상세한 분석을 학습절차에 도움이 되어 설계에 반영할 수 있지만) 가지고 사용할 수 있는 장점이 있다. 인공 신경망의 특성은 블랙박스이며, 인공 신경망이 어떻게 결론에 도달하는지는 관측하기 어렵다. 결함진단 시스템에 의한 결정을 정확하게 원인 추적할 수 있어야 하며, 그것에 의해 사용자들은 시스템을 완벽하게 알아야 하며, 그 출력으로부터 사용자의 결론을 도출해야 한다. 인공신경망을 가지고 이것이 가능하나, 진단 시스템에서 생성된 측정된 데이터에서 결

함증상을 논리적 추적하는 것이 쉽지 않을 수도 있어, 철도 진단시스템에서 최적의 선택이 되지 않을 수도 있다.

정성적 프로세스 이력이용 방법은 비 수치적 방법으로 문제를 해결하는 방법으로 시도되었다. 프로세스 이력을 이용한 정성적 방법은 정성적 경향분석(QTA : Qualitative Trend Analysis)과 전문가 시스템 등 2가지 방법이 있다.

경향분석 방법은 관측으로부터 관련 정보를 정성적으로 추출하는 프로세스이며, 감시하는 시스템의 상태에 대한 결론을 도출하기 위해서 사용된다. Cheung, Bakshi 및 Stephanopoulos는 센서 데이터에서 경향분석을 위한 광범위한 도표를 개발하였다. 기본 방법은 분석에 필요한 데이터축척으로 신호를 필터링을 하는 것이다. 필터링은 고주파 정보를 제거하고, 신호를 표준화된 곡선 계열로 나타내는 것이다.

이 방법은 센서 데이터를 각 증상발현 계열로 나눌 수 있도록 하며 각 증상은 특이한 형태를 가지게 된다. 이 증상은 곡선 형태를 알파벳으로 나타낸다. 알파벳 표현 문제는 데이터 표현에서 분류문제가 발생하며, 분류방법으로 신경망 혹은 기타 복잡한 방법을 사용 한다.

제3장 모니터링 시스템의 기능

제1절 모니터링 시스템의 개관

1. 모니터링 시스템

1.1 모니터링 기능 특성

모니터링 시스템들의 기능들에 대해 이해하기에 앞서, 모니터링 시스템의 기능특성(functional context)을 설명하는 것이 필요하다. 기능특성은 모니터링 시스템이 설치된 곳의 시스템의 기능을 나타내는 것을 의미한다. 이는 시스템 전체적인 기능과 그 시스템과 관련되어 상호작용하는 기능들로 크게 분류된다. 그것은 사용자, 그 시스템과 연관되는 외부시스템을 고려해야하며, 또한 외부 환경적인 요소들(예를 들어, 충격, 진동, EMI, 오디오 노이즈, 물, 먼지 그리고 의도적인 파괴행위 등등에 노출되는 철도 설비들) 등을 포함한다.

1.2 기능적 동작흐름 블록도

시스템은 기능 동작흐름도를 사용하여 그 시스템의 기능의 전후관계를 도식화 할 수 있다. 또한, 다른 외부소스들의 기능들은 다른 외부 소스들이 표현하는 그 시스템의 이름으로 명명화(labelling)된 별도의 라인으로 표현할 수 있다.

고려 대상인 시스템의 입력과 출력들은 기능동작도에서 입·출력 항목(items)으로 나타낸다. 입·출력 항목들은 입력과 출력의 관계를 표현한 형태이며, 항목들은 사용자가 필요한 각각의 입력과 출력들을 별도로 나타내기 위하여, 초기단계에서 분류한다.

대상 시스템의 동작흐름은 각 기능들이 운영되는 순서대로 표시되며, 이 동작도들의 Flow(흐름)방향은 왼쪽에서 오른쪽 순으로 표시한다. 또한, 분기노드(Branches)들은 동시에 수행되는 기능들을 의미한다.

2. S&C 상태 모니터링을 위한 기능흐름

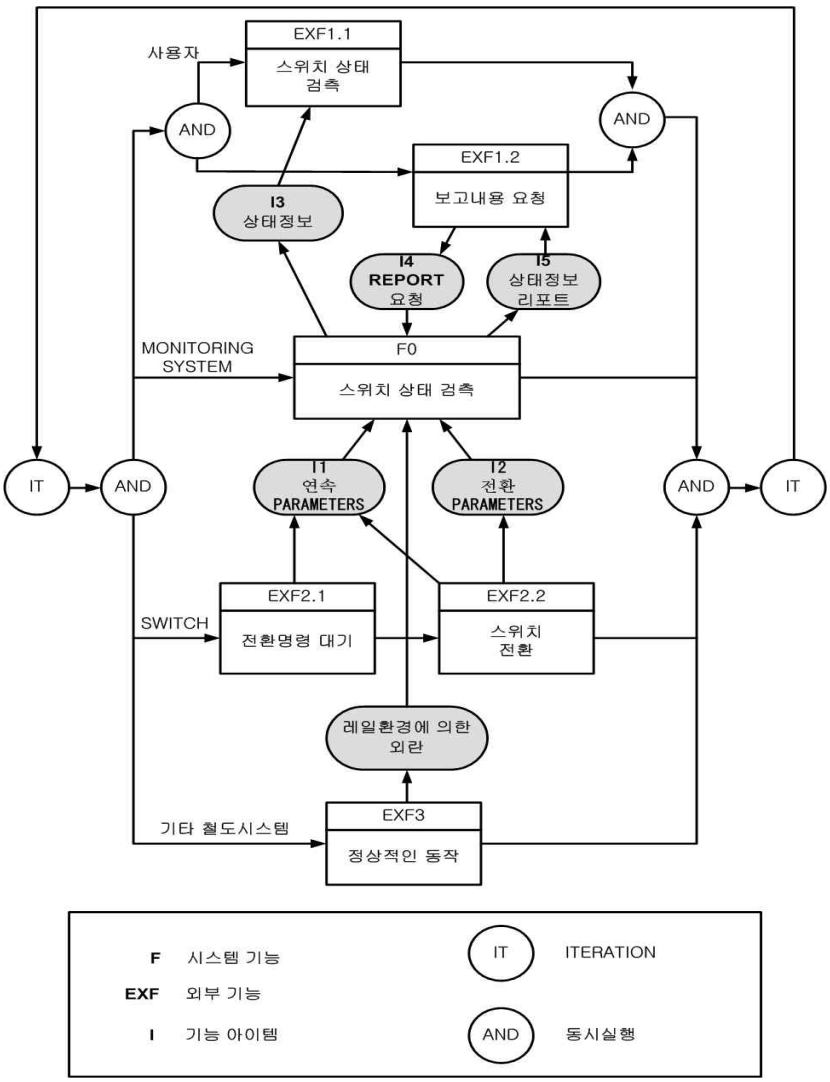
[그림 3.1.1] 는 일반화된 S&C 상태 모니터링 시스템의 기능흐름을 나타낸다. 고려 대상이 되는 외부 사항들은 사용자, 스위치 그리고 그 밖의 기타사항 들이다. 이것은 정상 상태에서 고려해야하는 철도의 모든 외부적 변수들을 정확하게 시스템에 반영하기 위해 필요하다.

사용자는 크게 2가지 기능들을 수행할 수 있다. 첫째(EXT1.1)는, 모니터링 시스템의 정상적인 출력을 관찰하는 것이다 (예를 들어, 고장이나 필요한 유지관리를 위한 알람 기능), 둘째(EXT1.2)는 모니터링 시스템에 저장된 데이터 리포트를 요청하는 것이다. 이러한 형태로 요청된 리포트의 예로써, 최근 5번의 스위치 작동기간 동안 측정된 힘 파형을 사용자가 요청하는 것이 그 한 예가 될 수 있다.

스위치는 크게 2가지 기능으로 모델링 된다. 첫째로, 작동 명령을 기다리는 것이다 (예를 들어, 모니터링 시스템의 정상상태에서 온도, 습도, 지나가는 차량으로 부터 발생되는 진동 그리고 검지 신호 등과 같은 인자(parameters)들을 연속적으로 모니터링하는 것이다.) 둘째로, 스위치를 작동하는 것이다(앞서 언급한 연속 인자 모니터링 외에도, 선로전환기에서의 전류나 힘과 같은 동작 인자들을 기록하는 기능도 고려한다.)

우리가 알고 있는 필요사항들과 외부환경적인 요소들을 고려하여, [그림3.1.1]에서의 'items'는 좀 더 자세하게 세분화 될 수 있다. 각 item 들은 레벨1에서 레벨2로 분류되었고, 그 결과는 계측을 위해 열거된 모든 신호와 인자들의 유용한 표현이다.

더 세분화할 수 있는 이 item들은 초기 검사를 통해 얻은 분명한 결과이지만, 이는 시스템 설계자의 몫이며, 이 과제에서 더 구체화 하지는 않는다.



[그림 3.1.1] 일반화된 S&C 모니터링 시스템의 기능흐름도

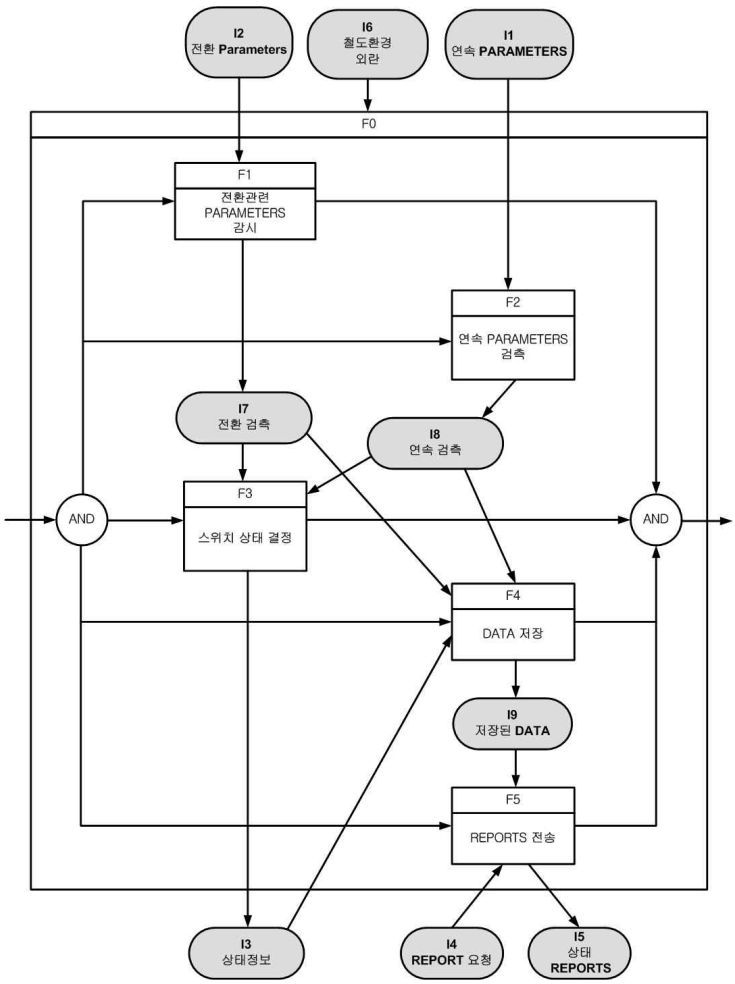
3. 모니터링 시스템의 1단계 분해

모니터링 시스템에 필요한 사항들과 기능흐름에 대한 이해는 사용자에게 시스템 기능의 1차 분류 구축을 위한 충분한 정보를 제공할 수 있어야 한다.

분류작업을 위한 동작 흐름도를 도면화해야 하기 때문에, 위에 언급된 단계는 어떻게 시스템을 운영해야 되는지에 대한 모니터링 시스템 설계자의 이해를 도울 필요가 있고, 모니터링 설계자는 각 기능들의 정확한 이해를 필요로 한다. 불분명한 것에 대해서 질문을 할 수 있도록 해야 하며, 그렇지 않으면 수정하기에 너무 늦어지기 전에 몇몇 중요한 이슈들을 놓칠 수가 있다.

[그림 3.1.1]은 시스템 기능들의 1단계로 분해한 “기능동작흐름도” 이다. 이는 [그림 3.1.2]의 F5박스까지 나타내어, 좀 더 자세하게 나타내었다. 여기서 다양한 모니터링 수행방식과 데이터 저장 방식을 알 수 있도록 하였다. 또한 참고로, 리포트를 구축할 때 사용된, 변수들의 측정과 저장된 데이터 기능들 내에 포함된, 새로운 3가지 기능이 있다.

이 그림은 시스템구조에 관한 의논의 최초 의제로 논의될 수 있으며, 시스템 설계 과정에서 좀 더 세분화할 수 있다.



[그림 3.1.2] 일반화된 S&C 모니터링 시스템의
상세기능흐름도

4. 물리적 시스템의 하드웨어 구성

시스템이 기능적 특성으로 모델링 되는 것처럼, 물리적 구조로 표현이 가능하다. 그림4(Figure4)는 S&C 모니터링 시스템의 인터페이스(interface)를 보여준다. 외부 요소들은 XCy로 넘버링(Numbering) 되었고, 모니터링 시스템들 세부요소들은 Cx로 넘버링(Numbering) 및 회색으로 하이라이트 되어있다.

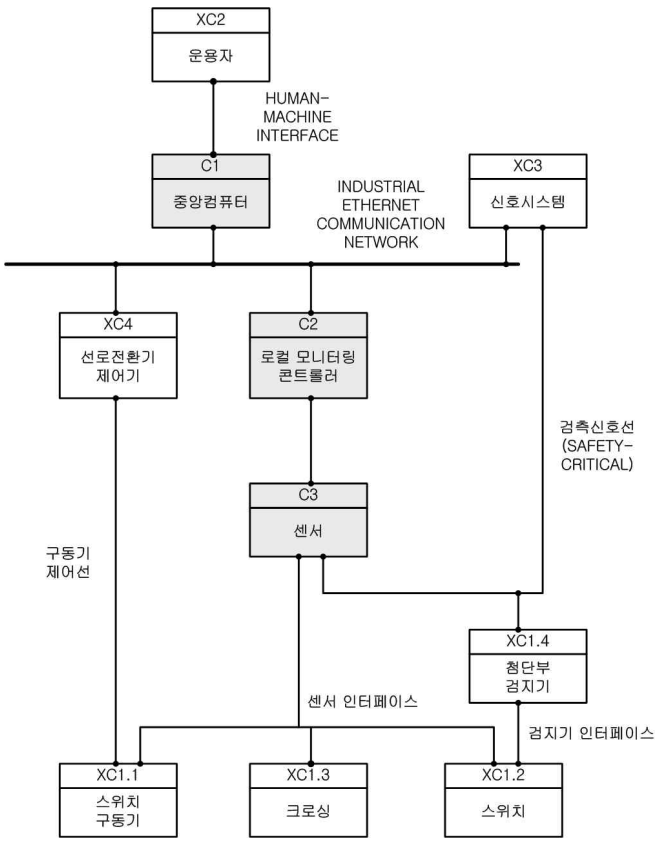
[그림 3.1.3]은 신호정보시스템으로 모니터링 시스템이 어떻게 표시되었나를 나타내고, 이 망은 안전관련 메시지(Safety-critical message)가 트래픽 우선권을 갖도록 허용하는 것을 나타내고 있다. 산업용 이더넷 인터페이스(Industrial Ethernet

interface)는 이러한 기능을 가지고 있으며, 이 문서의 모니터링 시스템을 위해 소개된다.

몇몇 센서들은 안전 무결성(Safety integrity)을 유지하기 위해 강건(non-invasive)해야 한다는 사실을 인지하는 것이 매우 중요하다. 가장 분명한 예로써, 검지 신호선들은 신호시스템에서 그 신호라인들의 기능에 어떠한 소손 없이 검측 되어져야만 한다. 센서를 선정할 때, 이는 꼭 고려해야 하는 사항이다.

주의 : 이 다이어그램(Diagram)은 신호시스템의 전류 구조에 대한 고려는 포함되지 않으며, 이는 미래 잠재적인 토폴로지(Topology)의 한 형태를 나타내는 지표이다. 모니터링 기능들은 크게 2가지 요소로 구분되었다.

[그림 3.1.3]은 S&C 모니터링 시스템과 스위치상 이들과 관련된 위치에 통합될 수 있는 센서들의 예를 보여준다.



[그림 3.1.3] S&C 모니터링 시스템의 물리적 구조

제2절 SCADA 시스템

1. SCADA 시스템

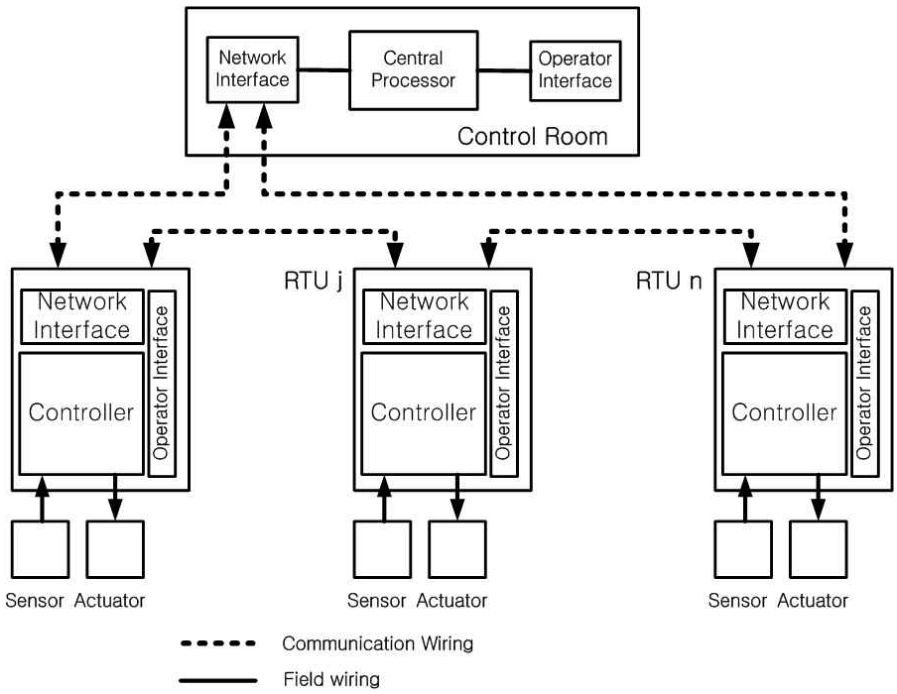
SCADA 시스템은 다음과 같이 구성된다

- 하나 혹은 다수의 필드데이터 인터페이스 장치
- 통신장치
- 중앙컴퓨터
- 표준 혹은 사용자 전용 소프트웨어

현장데이터 인터페이스 장치

현장데이터 인터페이스 장치는 SCADA시스템의 눈과 귀의 역할을 한다.

- 통신망
- 운용자 단말기 및 소프트웨어 부분



[그림 3.2.1] SCADA 시스템의 구조

2. SCADA 구조

SCADA 시스템은 새로운 컴퓨터 기술이 발전함과 더불어 개선되어가고 있다. SCADA 시스템은 일체형, 분산형 및 네트워크 등의 3세대에 걸치어서 발전하고 있다.

2.1 일체형 SCADA 시스템

SCADA 시스템이 처음 개발되었을 때, 일반적으로 프로세스 처리개념은 메인프레임이었다, 네트워크는 존재하지 않았으며, 메인프레임이 모든 것을 담당하였다. 그 결과 SCADA 시스템은 다른 시스템과 연결되지 않는 단독 시스템 이었다.

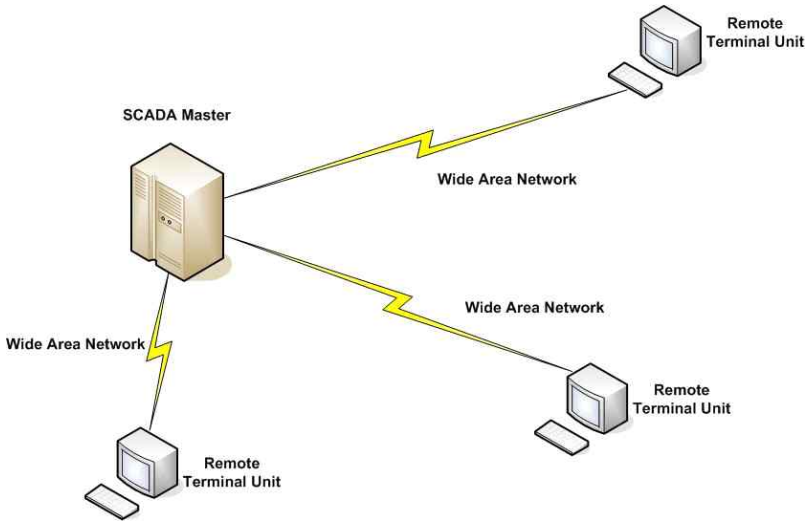
RTU와 통신하기 위해서 설치된 WAN(Wide Area Networks)은 RTU와 단순히 통신을 하기 위한 목적으로 설계되었다. 오늘날 쓰이는 WAN 프로토콜은 그 당시에는 알려지지 않았다.

SCADA 시스템 망에 사용되는 통신 프로토콜은 RTU장치의 개발자에 의해서 개

발되었으며, 사유재산 이었다. 더욱이 그 프로토콜은 원격장치를 스캐닝 및 제어 등 이외는 다른 기능을 지원하지 않아 아주 빈약하였다. 망에 연결되어 있는 RTU와 다른 데이터형태와 혼합하여 사용할 수 없었다.

SCADA 중앙제어시스템에 연결은 판매자 시스템만을 연결할 수 있도록 제한되어 있었다. 중앙제어시스템에 연결은 각각의 어댑터 혹은 컨트롤러를 CPU 백본에 끼워 넣어 버스와 연결하는 방식이었다.

제1세대의 이중화는 같은 시스템이 설치된 2대의 메인프레임을 사용 하였고, 하나는 주 컴퓨터 다른 하나는 백업용으로 사용되었으며, 2대를 버스레벨에서 연결되었다. 백업 컴퓨터의 주 임무는 주컴퓨터를 감시하고, 고장 발생하였을 경우에 그 역할을 대신하도록 되어 있다. 이러한 경우는 백업 컴퓨터는 거의 하는 일이 없었다.



[그림 3.2.2] 제1세대 SCADA 시스템

2.2 분산형 SCADA 시스템

다음세대의 SCADA 시스템은 시스템의 소형화 및 여러 시스템에서 프로세스를 분산할 수 있는 LAN 시스템을 이용하였다. 여러 대의 스테이션은 각각의 기능을 갖고 있으며, LAN에 연결되어 있으며, 실시간으로 다른 컴퓨터의 정보를 공유할 수 있다.

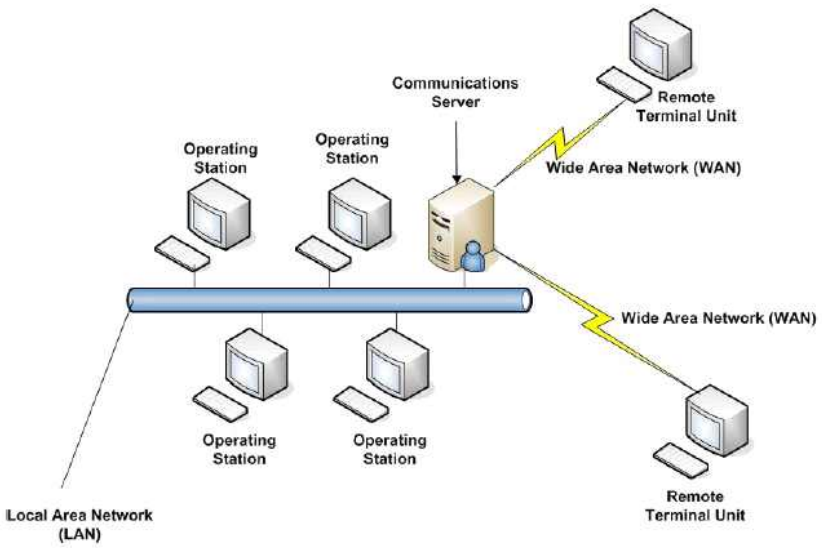
이러한 분산형 시스템은 일부는 RTU와 같은 현장장치와 통신을 하는 통신프로

세서로 사용하였다. 운용자 인터페이스로 사용되는 일부는 운용자에게 HMI를 제공하는 것으로 사용하였으며, 다른 컴퓨터는 계산처리나 DB용으로 사용하였다. 여러 대 시스템에 각각의 SCADA 시스템 기능의 분산은 하나의 프로세서에 의해서 수행되는 것보다 처리능력이 월등하다. 각각의 컴퓨터를 연결하는 네트워크는 일반적으로 LAN 프로토콜을 기반으로 하고 있으며, 그 지역을 넘을 수가 없다.

LAN 프로토콜 중의 일부는 특허를 가지고 있으며, 일반 상용 보다는 LAN 개발자 고유의 망 프로토콜을 사용한다. 이것은 실시간 트래픽에 대한 LAN 프로토콜을 최적화하도록 하지만, 다른 시스템의 망과는 연결할 수 없다.

망간에 연결된 시스템을 이용한 시스템 기능의 분산은 전체적으로 프로세싱 능력을 향상시킬 뿐만 아니라, 시스템의 이중화와 신뢰성을 향상 시킨다. 분산형 시스템은 모든 시간에 LAN 망에 항상 접속해 있는 상태가 된다. 예를 들어서 운용자 단말기가 고장이 발생하였을 경우에 다른 컴퓨터에서 그 기능을 할 수 있다.

제1세대 시스템과 같이, 제2세대 SCADA 시스템은 판매자에 의해서 선정된 시스템에 의해서 하드웨어, 소프트웨어 및 주변기기 들이 선정된다.



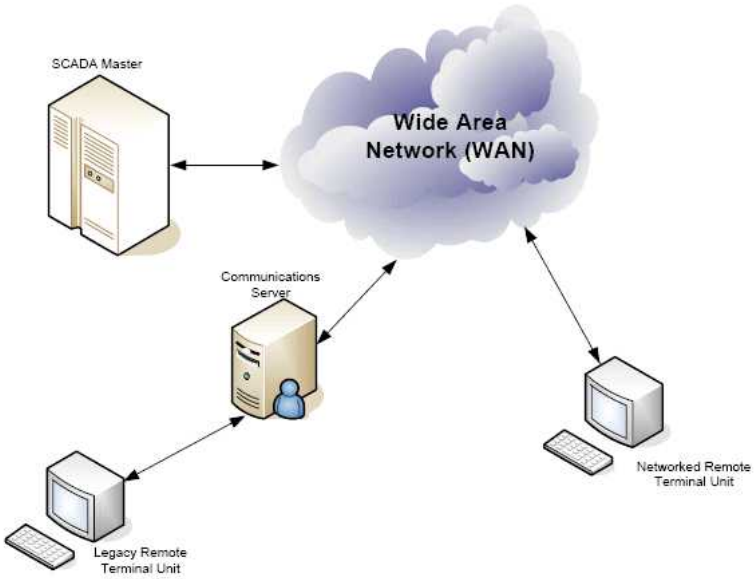
[그림 3.2.3] 제2세대 SCADA 시스템

2.3 네트워크 SCADA 시스템

현재 사용하고 있는 SCADA 마스터 시스템의 구조는 제2세대의 하드웨어와 동일하며, 첫 번째 차이는 판매자에 결정되고, 특정업체의 고유기술 보다는 개방형 시스템이다. 아직 마스터 컴퓨터가 기능을 공유하고 있는 많은 네트워크가 있고, 특정업체 고유 프로토콜을 사용하는 RTU도 있다. 제3세대의 중요 개선사항은 표준규격과 프로토콜을 이용한 개방형 시스템이며, LAN 뿐만 아니고 WAN의 기능을 갖는 분산형 SCADA이다. 표준규격은 전세대의 SCADA의 많은 제약조건을 없애버렸다. 상용제품의 사용은 사용자에게 3자 제품(모니터, 프린터, 디스크드라이브)의 시스템이나 망 연결을 쉽게 한다.

제3세대의 주요개선 사항은 마스터 스테이션과 통신장치간의 통신을 위해서 IP프로토콜과 같은 WAN 프로토콜을 사용하는 것이다. 이것은 현장장치와 통신을 책임을 져야 하는 중앙컴퓨터장치의 역할을 분리할 수 있도록 한다. 새로 생산되는 RTU는 Ethernet 연결을 통하여 중앙컴퓨터 장치와 통신할 수 있다.

WAN을 이용하여 SCADA기능을 분산함으로 부수되는 또 다른 장점은 재해로부터 생존능력이 향상된다. LAN을 이용한 SCADA 처리의 분산은 신뢰성을 향상시키지만, SCADA 마스터가 설치된 시설이 완전히 손상될 경우에는 전체시스템의 기능을 잃어버릴 수 있다. 물리적으로 분리된 분산 처리 시스템을 구축함으로서, 한 곳의 SCADA 시스템 기능이 완전히 잃을 경우에도 기능 동작할 수 있는 시스템 구성이 가능하다.



[그림 3.2.4] 제3세대 SCADA 시스템

3. 중앙제어 컴퓨터

중앙 제어 컴퓨터는 하나 혹은 여러 개의 단말기를 갖는다.

중앙제어 컴퓨터는 다음과 같은 기능을 갖는다.

3.1 중앙제어 컴퓨터 기능

(1) 통신개통

- 각각의 RTU 배열
- 입력과 출력 변수를 가지고 각각의 RTU 초기화
- 제어 및 데이터 수집 크로싱램을 RTU에 다운로드

(2) 통신링크의 운용

- 마스터 슬래이브 관계가 설정되면, 각각 RTU 데이터를 RTU에 기록
- 경보 및 사건을 하드디스크에 기록(필요하다면 운용자에게 현시)
- 자동적으로 각기 다른 RTU에 입력 및 출력 연결

(3) 진단

- RTU의 고장정보와 가능성 있는 문제에 대한 정확한 진단정보 제공
- 데이터 저장 초과와 같은 잠재적인 문제의 예측

(4) 시스템 응답시간

- 중앙 컴퓨터 운용자 현시에 아날로그 혹은 디지털 현시(최대 1~2초)
- 운용자가 RTU로 제어 요청(중요정보 : 1초, 일반 3초)
- 이력 경향 검색 및 운용자 디스플레이에 현시(2초)
- 중요 사건의 사건 기록(1ms)

3.2 중앙컴퓨터 소프트웨어

중앙컴퓨터의 소프트웨어는 3가지 요소로 구성된다.

- 운용시스템 소프트웨어
- 시스템 SCADA 소프트웨어
- 스카다 시스템 소프트웨어

3.2.1 시스템 SCADA 소프트웨어

소프트웨어는 일반적으로 4개의 모듈로 구성된다.

- 데이터 수집
- 제어
- 데이터 및 데이터베이스 저장
- MMI(man-machine interface)

3.2.2 SCADA 주요 사양

(1) 사용자 인터페이스

- 키보드
- 마우스
- 볼마우스
- 터치스크린

(2) 그래픽 현시

- 사용자 조정 가능한 현시
- 무한 페이지
- 해상도

(3) 경보

- 클라이언트-서버 구조
- 시각이 표시된 경보
- 단독 연결 승인 및 경보내용 제어
- 경보내용을 모든 관련자와 공유
- 시간순서별로 경보현시
- 경보 페이지의 동적 할당
- 사용자 지정 형식 및 색깔
- 각 경보에 대한 처리
- 아날로그 경보에 대한 변화 모니터링에 대한 편향 및 비율
- 이력별 경보 및 사건 목록

- 분류별 경보의 선택적 현시
- 상황별 도움창
- 실시간 경보 차단 및 경계 값 수정
- 사건에 의한 경보
- 경보발령 보고서
- 경보에 대한 운용자 의견 첨부

(4) 경향

- 사용자 서버구조
- 스크린 투매 식이 아닌 실제 경향 인쇄
- 자유확대 방식의 경향 확대
- 데이터 송출
- X/Y축 그리기 기능
- 사건에 근거한 경향
- 팝업 경향 현시
- 경향의 눈금 및 단면
- 실시간 멀티펜 경향
- 단기 및 장기 경향 현시
- 데이터 저장 길이 및 감시 빈도 설정
- 이력에 따른 경향 데이터 수집저장
- 데이터 손실 없이 실시간 변경
- 수집된 이력 경향 데이터의 실시간 검색
- 정확한 값과 시간 현시

▪ 실시간 경향 데이터 현시

(5) RTU 인터페이스

▪ 표준규격이 포함된 가능한 호환 가능한 프로토콜

▪ DDE(Dynamic Data Exchange) 드라이버 지원

▪ RTU, 루프 콘트롤러, 바코드리더 및 기타 기기에 대한 인터페이스

▪ 드라이버 툴키드

▪ 기존에 설정된 스캔 방법이외의 요구에 대한 운용

▪ PLC 등과 같은 블록 데이터 요구에 대한 최적화

▪ 망 사용자 데이터 요구에 대한 조정

▪ RTU 전송로 대역 폭의 최대화

(6) 확장성

▪ 기존장비의 변경 없이 하드웨어 교환 및 추가 가능

▪ RTU구조에 의해서 제한 됨

(7) 데이터 처리

▪ 임의의 망사용자에 의한 직접 및 실시간 데이터 검색

▪ 실시간 데이터의 제3자(Excel...) 적용가능

▪ DDE 호환성 : 읽기, 쓰기 및 실행

▪ 모든 IO 장치 단자에 대한 DDE

▪ 게시판(Clipboard)

(8) 데이터베이스

- OBDC(Open Database Connectivity) 드라이버 지원
- 직접적인 SQL 명령 혹은 하이레벨 리포팅

(9) 네트워킹

- NetWare, LAN 관리자, Window for Workgroup, Window XT 등과 같은 모든 NetBIOS 호환 가능한 망 지원
- NetBEUI, IPX/SPX, TCP/IP 등과 같은 프로토콜 지원
- 망 내에서 집중화된 경보, 경향 및 보고서 처리 등을 위한 데이터 접근 가능
- 완전한 LAN 다중화를 위한 이중망
- 망 구성 불필요(투명)
- 단순한 체크 박스를 통한 기동(구성노력 불필요)
- 망의 노드 수와 상관없이 망을 사용하는 사용자 수에 의한 LAN 접근허가
- 파일 서버 불필요
- 운용자간에 완벽한 통신이 가능한 multi-user 시스템
- 고성능의 RAS(Remote Access Service) 및 WAN(Wide Area Network)
- PSTN(Public Switched Telephone Network) 통신지원

(10) 결함허용 및 다중화

- 완전한 LAN 다중화를 위한 이중망
- 특이한 하드웨어 적용 가능한 이중망
- 1차(동작) 및 2차(대기) 구성 지원
- 프로세싱 부하를 분산할 수 있는 지능적인 이중화
- 자동절체 및 회복

- 특별한 구성없이 이중적으로 PLC에 기록
- 이중화 I/O 장치
- 이중화 경보 서버
- 이중화 경향 서버
- 파일 서버 이중화
- 특별한 조치없이 단순 체크 박스를 통하여 구성

(11) 클라이언트/서버 처리

- 개방형 구조설계
- 실시간 멀티태스킹
- 사용 구성노력 없이 지원되는 사용자/서버
- 분산되어 추진되는 프로젝트 지원
- 다중 디스플레이 노드에 동시지원
- 임의의 노드에서 임의의 전자장치 접근
- 임의의 노드에서 임의의 데이터(경향, 경보, 보고서) 접근

4. SCADA 프로토콜

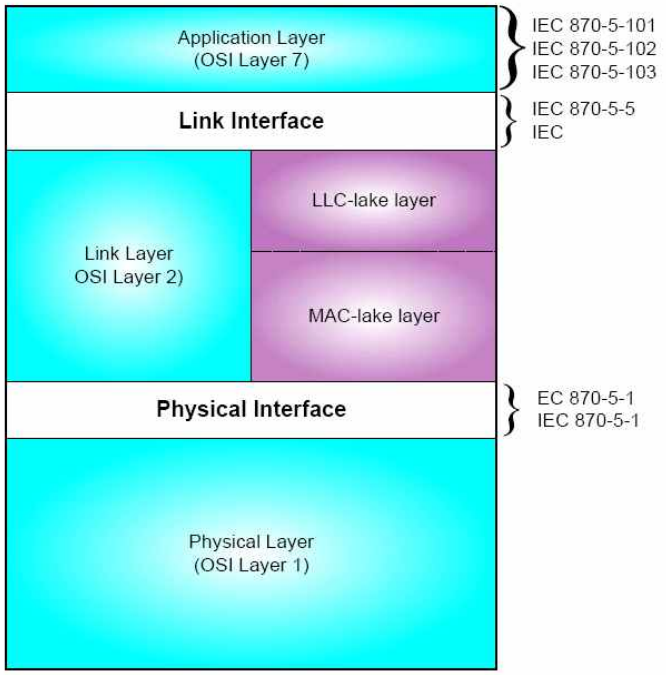
SCADA 통신과 특별히 프로세스 제어를 하기 위해서 설계된 2개의 중요 프로토콜이 있다. 그림 3.25에 기술된 IEC 60870이다. IEC 60870은 전기 시스템과 제어정보를 통신하기 위해서 정의되었다. 특히 part-5는 SCADA 환경에 적당하도록 OSI reference Model를 재 정의하였다. IEC60870-5와 부록은 물리적, 링크 및 응용층에 대해서 정의를 하였다.

4.1 IEC 60870-5-101

IEC 60870-5는 각기 다른 층에서 사용할 수 있는 프레임 형식과 서비스를 명시한다. IEC 60870-5는 3개 층 개량된 성능 구조 참조 모델을 근거로 하고 있으며, RTU, 계량기, 릴레이, 기타 지능화된 전자장치(IED: Intelligent Electronic Device)에 효과적으로 쓰인다. 부가적으로 IEC 60870-5는 OSI application층과 응용 크로싱 램 사이에 위치한 사용자를 위한 기본 응용 기능을 정의한다. 이 사용자층은 시간 동기와 파일전송과 같은 기능에 대한 호환성을 제공한다.

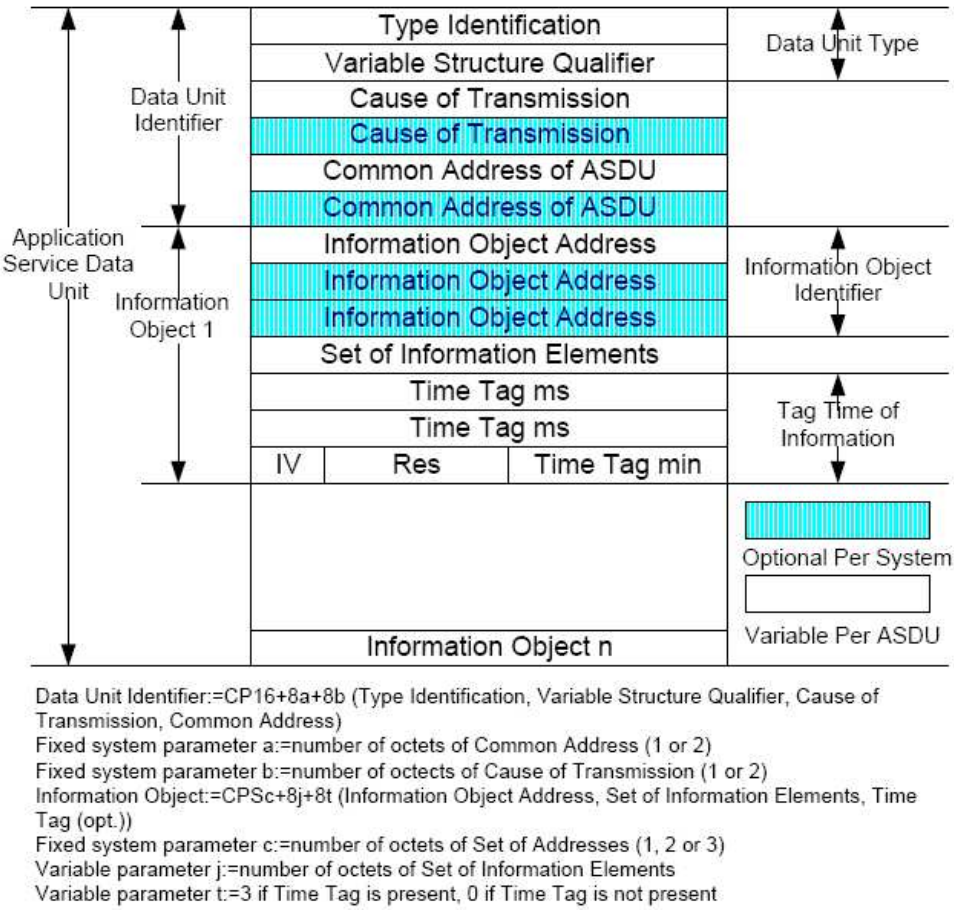
- IEC 60870-5-1는 원격제어 응용을 위한 데이터 링크와 물리적 링크에 의해서 제공되는 서비스에 대한 기본 요구사양을 명시한다.
- IEC 60870-5-2는 콘트롤 필드와 선택적인 어드레스 필드를 사용하여 링크전송 절차를 제공한다.
- IEC 60870-5-3는 원격제어 시스템의 전송프레임에서 응용데이터 유니트에 대한 규칙을 명시한다.
- IEC 60870-5-4는 정보데이터 요소와 정보요소의 공통그룹을 정의하는 규칙을 명시한다.
- IEC 60870-5-5는 원격제어 시스템의 표준적인 절차를 수행하는 기본 응용기능을 정의한다.

표준 101 프로파일은 사용자 층에서 IEC 60870-5-5에서 정의된 다음에 오는 응용기능을 사용한다.



[그림 3.2.5] 개량된 성능 구조

- 스테이션 초기화
- 반복 데이터 전송
- 일반 질문
- 명령전송
- 정기적 데이터 획득
- 사건 수집
- 변수 로딩
- 파일전송
- 시간동기
- 일괄전송
- 시험절차



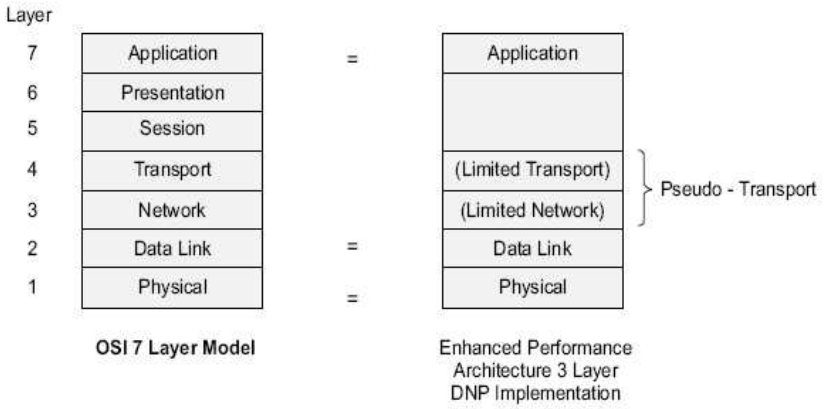
Data Unit Identifier:=CP16+8a+8b (Type Identification, Variable Structure Qualifier, Cause of Transmission, Common Address)
Fixed system parameter a:=number of octets of Common Address (1 or 2)
Fixed system parameter b:=number of octects of Cause of Transmission (1 or 2)
Information Object:=CPSc+8j+8t (Information Object Address, Set of Information Elements, Time Tag (opt.))
Fixed system parameter c:=number of octets of Set of Addresses (1, 2 or 3)
Variable parameter j:=number of octets of Set of Information Elements
Variable parameter t:=3 if Time Tag is present, 0 if Time Tag is not present

[그림 3.2.6] IEC 60870-5-101에서 ADSU(Application Data Servie Unit) 구조

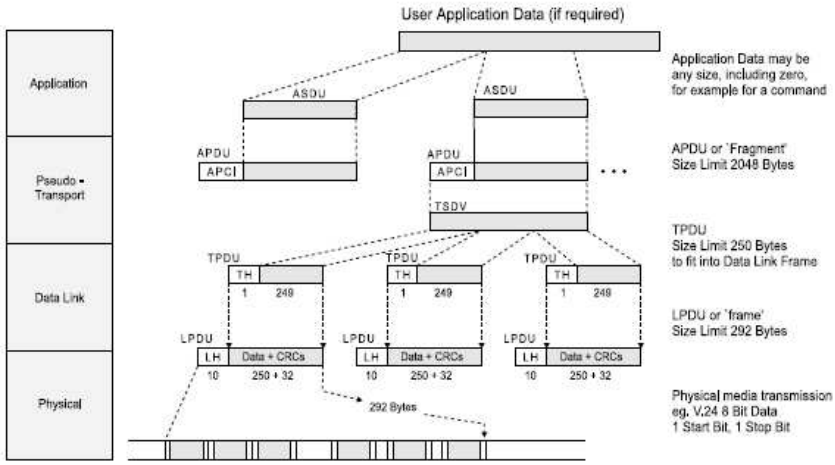
4.2 DNP3

프로토콜은 각 장치들 간에 대화를 할 수 있는 규칙을 정의한다. DNP3는 시리얼 통신으로 점 "A"과 점"B"간의 데이터 전송을 위한 프로토콜이다.

DNP3는 SCADA와 RTU를 포함하는 장치간 통신과 RTU와 IED, 마스터와 RTU/IED을 위해 개발되었다. DNP3는 IEC 60870-5 표준에 포함된 3층 개량된 성능구조(EPA : Enhanced Performance Architecture)를 근거로 하고 있으며, 전기산업분야에 사용하기 위해서는 부가적인 요구사양을 만족하는 약간의 변경이 필요하다.



[그림 3.2.7] OSI7과 EPA 모델과의 관계



[그림 3.2.8] DNP3 메시지 buildup

4.3 HDLC

다른 종류의 SCADA 표준이 있으며, 주로 HDLC(High Level Data Link)와 Modbus이다. HDLC는 point-to-point와 멀티포인트 연결을 위한 것이며, SDLC(Synchronous Data Link Control)과 ADCCP(Advanced Data Communication Control Procedure) 등으로 알려져 있다. 이것은 비트를 이용한 프로토콜이며, 이더넷에 선구자였고, 이제는 DNP3, 산업용 인터넷과 TCP/IP로 급속하게 대체되고 있다.

4.4 Modbus

Modbus는 저속도 프로토콜이며 인터페이스를 정의하지 않아, 사용은 EIA-232, EIA-422, EIA-485 혹은 20mA current loop 중에서 선택을 한다. 저속도인 반면에, 산업분야의 40%가 Modbus를 사용하고 있어 사실상 표준으로 받아들여지고 있다.

4.5 Profilbus

Profilbus는 독일규격으로서, 데이터 수집을 위해서 FMS(Field Message Specification), 고속통신이 필요한 곳에는 DP(Decentralized Peripherals), 높은 신뢰성과 안전성이 요구되는 통신에는 PA(Process Automation)이 정의되어 있다. Profilbus는 물리층, 데이터링크 층 및 응용층의 3개 층을 사용한다.

4.5.1 Foundation Fieldbus

Foundation Fieldbus는 디지털기술의 장점을 이용하는 4~20mA의 확장형이다. 이것은 3+1계층(물리층, 데이터링크층, 응용층 및 사용자)을 사용한다.

4.6 UCA

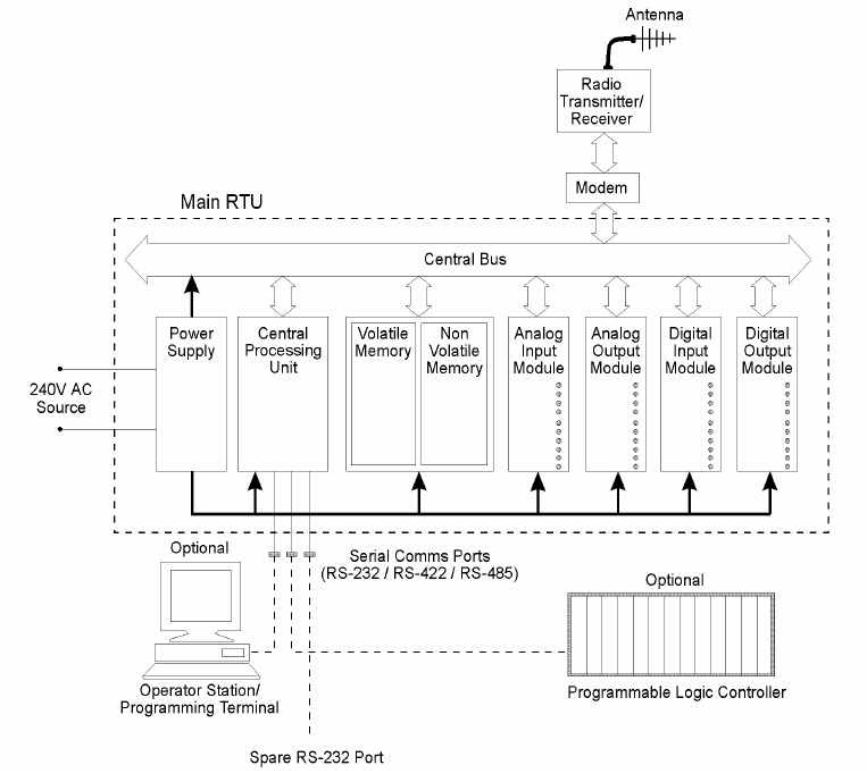
UCA(Utility Communication Architecture)는 전기산업을 위해서 EPRI(Electric Power Research Institute)에서 개발한 것이다. 이것은 프로토콜 이상의 것이 정의되어 있고, 시스템에 “plug and play”가 되어있어, 생산자들이 상용제품을 설계할 수 있도록 하였다.

5. RTU (Remote Terminal Unit)

RTU는 단독으로 데이터 수집과 제어를 하며, 일반적으로 마이크로 프로세스를 기반으로 하는 시스템이고, 중앙컴퓨터와 분리되어 원격에서 현장장치에 대한 데이터 수집과 제어를 한다. RTU의 일차적인 기능은 원격에서 대상 시스템에 대한 데이터 수집과 제어를 하고, 이 데이터를 중앙컴퓨터 장치에 전송을 한다. RTU는 일

반적으로 자체 구성과 중앙컴퓨터 장치로부터 동적으로 다운로드된 제어 크로싱램을 갖는다. RTU 자체 크로싱램에 의해서 독립적으로 재구성되는 것도 있다. RTU는 중앙컴퓨터와 통신을 하지만, RTU 간에도 통신을 할 수 있으며, 중앙컴퓨터 장치에서 다른 RTU를 중계하는 역할도 할 수 있다.

보통의 RTU는 그림과 같은 구성을 갖는다.



[그림 3.2.9] RTU 구성

RTU는 일반적으로 다음과 같은 H/W 구성을 갖는다.

- 제어프로세서와 관련 메모리
- 아날로그 입력
- 아날로그 출력
- 디지털 입력
- 디지털 출력

- 통신 인터페이스
- 파워모듈
- RTU 랙 및 함체

5.1 아날로그 입력

아날로그 입력 장치에는 다음과 5개의 주요 구성이 있다.

- 입력 멀티플렉서
- 입력 신호 증폭기
- 샘플 및 유지 회로
- A/D 컨버터
- 버스 인터페이스 및 보드 타이밍 시스템

5.2 RTU 시스템 요구사양

(1) H/W 요구사양

- 각각의 RTU의 확장성(일반적으로 200점의 아날로그 및 디지털)
- 상용화 제품
- RTU의 최대 개수 255
- 모듈 - 설치 시 순서 및 위치에 관계없이 동작
- 강건기능 - 한 모듈의 고장이 다른 모듈의 성능에 영향을 미치지 않음
- 최소 전원소비
- 운용온도 -40℃~ 60℃
- 발열 최소

- 강건한 물리적 구조
- 내습성
- 90% 정도의 상대습도
- 진단결과 표시
- 상태표시 LED
- 원격진단기능
- 각각 I/O모듈과 채널 상태(크로싱램 가동/실패, 통신 중/실패)
- 모든 모듈을 하나의 버스에 연결
- 한 버스에 모듈들의 물리적 연결은 열악한 환경에 운용에 적합해야 함
- 현장장치와 전선포설이 용이성
- 모듈 교환의 용이성
- 배선 탈부착이 쉬운 나사형 단자

(2) 환경

- 온도 -30~60℃
- 보관온도 -20~70℃
- 진동
- 0~95% 상대 습도에서 결로 방지
- 150ohm 소스 임피던스를 갖는 2.5kV, 1Mhz에서 2초간 견딜 수 있는 내 서지 능력
- 장치에서 30cm의 거리에서 1.5cm 스파크를 방전하는 정전기 시험
- 먼지, 강우, 염기 및 안개보호 등을 포함하는 기타 요구사양

(3)소프트웨어 요구사양

- 실제 사용가능한 하드웨어에 대한 소프트웨어의 호환성 검사
- 외부 사건 및 내부 결함에서 기인되어 시스템에서 발생한 모든 오류의 기록저장
- 모든 오류 데이터 및 상태 레지스터의 원격접근
- 전원장치 혹은 기타의 결함에 의해서 시스템의 전원이 차단될 경우에서 소프트웨어의 지속적인 동작
- 모든 아날로그 채널에서 하드웨어 필터링
- 응용크로싱램은 비 휘발성 RAM에 저장
- 각 센서에 대한 구성 및 진단 도구
  - 시스템 설정
  - 하드웨어 및 소프트웨어 설정
  - 응용 크로싱램의 개발/관리/운영
  - 오류 목록
  - 원격 및 현장 운용

(4) 네트워킹

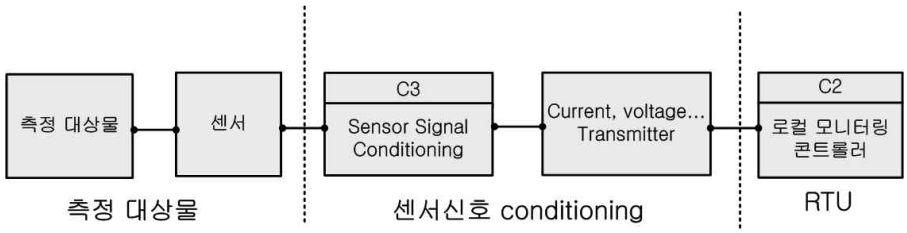
- NetWare, LAN 관리자, Window for Workgroup, Window XT 등과 같은 모든 NetBIOS 호환가능한 망 지원
- NetBEUI, IPX/SPX, TCP/IP 등과 같은 프로토콜 지원
- 망 내에서 집중화된 경보, 경향 및 보고서 처리 등을 위한 데이터 접근 가능
- 완전한 LAN 다중화를 위한 이중망
- 망 구성 불필요(투명)
- 단순한 체크 박스를 통한 기동(구성노력 불필요)

- 망의 노드 수와 상관없이 망을 사용하는 사용자 수에 의한 LAN 접근허가
- 운용자간에 완벽한 통신이 가능한 multi-user 시스템
- 고성능의 RAS(Remote Access Service) 및 WAN(Wide Area Network)

6. RTU와 Sensors 연결

6.1 센서

[그림 3.2.10]의 빗금친 부분은 센서와 RTU와의 관계를 나타낸다.



[그림 3.2.10] RTU 와 센서와의 관계

센서는 수동형과 능동형이 있다. 능동형은 외부의 전원을 필요로 한다. 저항 값을 이용하는 센서인 서미스터, 저항형 온도검지기 및 스트레인 게이지는 능동형 센서들이다. 저항 값을 측정하기 위해 센서에 전류를 센서를 통과시켜 전압 값을 측정한다. 수동형은 외부 전원 없이 센서자체에서 전력을 생산한다. 외부회로와는 상관없이, 수동형의 센서는 서모커플과 포토다이오드 등이 있으며, 각각 열전상 전압과 광전류를 생성한다.

6.2 센서특징

[표 3.2.1] 센서 특징

특성	센서	Active/Passive	출력
온도	Thermocouple	Passive	Voltage
	Silicon	Active	Voltage/Current
	RTD	Active	Resistance
	Thermistor	Active	Resistance
힘/압력	Strain Guage	Active	Resistance
	Piezoelectric	Passive	Voltage
가속도	Accelerometer	Active	Capacitance
위치	LVDT	Active	AC Voltage
습도	Capacitor	Active	Voltage
전류	CT	Passive	Current
전압	voltmeter	Passive	Voltage

7. SCADA 시스템 포설

SCADA 시스템을 연결하는 방법에는 광케이블부터 위성시스템의 사용까지 범위가 넓다. 아래 부분에 SCADA 시스템을 배치하는 보통의 방법들과 각각의 장점, 단점들이 제시되어 있다.

7.1 Twisted-Pair Metallic Cable

- 수십년 전부터 지금까지 가장 많이 사용됨
- 전화 서비스에 주로 사용
- 기존에 분포된 많은 수의 기둥(전봇대)들이 있기 때문에 가공 케이블을 이 지역에 설치 하는게 적절하다.
- 가장 작은 가공 케이블은 독립적으로 쓰일 수 있지만 큰 가공 케이블은 다른 지지 와이어(lashing wire)로 지지를 해줘야 한다.

[표 3.2.2] Twisted-Pair 의 장/단점

장점	단점
- 라이센스가 없어 보다 적은 승인을 필요로 함 - 이미 존재하는 기둥(전봇대) 인프라 - 짧은 거리에 경제적임 - 짧은 거리의 비교적 높은 채널 용량(1.54[MHz]) 이상	- 매몰하기 위해서는 승인(Right of way clearance)이 필요함 - 파손 문제 - 수분 침투 문제 - 전력사고와 번개로 인한 접지전위 상승 문제 - 고장지점을 정확히 찾아내기가 어려움 - 고정된 네트워크 구성(Inflexible network configuration)

7.2 Coaxial Metallic Cable

- 중앙의 동선, PVC(polyvinyl chloride) 절연, 중앙 conductor와 PVC 절연을 감싸는 땋거나 압축된 동 쉴드(copper shield), 플라스틱 커버로 구성
- twisted pair wire에 비해 낮은 감쇠도로 MHz 이상의 높은 주파수의 신호를 전송할 수 있음
- 설치 방법들에는 지하, 매설, overhead 그리고 이미 존재하는 전력선 구조물을 이용하는 것들이 있다.
- 보통 음성, 데이터 그리고 국간 중계선(inter-offcing trucking)을 서비스 한다.

[표 3.2.3] Coaxial 케이블의 장/단점

장점	단점
- 라이센스가 없어 보다 적은 승인을 필요로 함 - 이미 존재하는 기둥(전봇대) 인프라 - 짧은 거리에 경제적임 - Twisted-Pair보다 높은 채널 용량 - 가청주파수(Radio Frequency) 잡음 간섭에 Twisted-Pair보다 영향을 덜 받음	- 매몰하기 위해서는 승인(Right of way clearance)이 필요함 - 파손 문제 - 수분침투 문제 - 전력사고와 번개로 인한 접지전위 상승 문제 - 고장지점을 정확히 찾아내기가 어려움 - 융통성 없는 네트워크 구성(Inflexible network configuration)

7.3 광 케이블(Fiber Optic Cable)

- 광섬유 기술은 1970년을 시작으로 상당히 향상
- 상업적으로 이용 가능한 손실인 0.3[dB/km]보다 작음
- 레이저와 광 검파기의 개발, 140[km]나 그 이상 떨어진 시스템에 적용가능
- 광섬유는 내부 코어(inner core)과 석영유리의 피복, 그리고 물리적으로 광섬유를

보호하는 플라스틱 피복으로 구성

- 광섬유에는 보통 multi-mode 굴절형(graded index) 섬유와 single-mode step index 섬유의 두 가지 타입이 있다.
- Single-mode 섬유는 작은 지름과 빛 전달 모드(mode of light propagation) 때문에 multi-mode 섬유보다 빠른 신호 속도를 지원
- 보통 음성, 데이터(낮은 속도), SCADA, 보호계전기, 원격측정, 영상회의, 높은 속도의 데이터 그리고 telephone switched tie trunks 등이 있다.
- 알루미늄 테잎이나 steel-wire armors 그리고 폴리에틸렌 피복으로 보호, twisted-pair 통신과 비슷한 특성을 가짐.
- 섬유는 기계적 스트레스는 받는 반 강체 튜브에 느슨하게 위치
- Optical Power Ground Wire(OPGW) : 접지선이나 보호 wire에 매달림
- All-Dielectric Self-Supporting(ADSS)이다.
- 광섬유 케이블은 전력선의 배전 전주에 포설할 수 있다

[표 3.2.4] 광섬유 케이블의 장/단점

장점	단점
- 전자파 간섭에 강함 - 대지전위 상승에 대한 영향에 강함 - 높은 채널 용량 - 낮은 운영 비용 - 라이센싱 요구사항이 없음.	- 새로운 기술을 습득해야 함. - 테스트 장비들이 고가. - 고정 네트워크 구성(Inflexible network configuration) - 파손 및 수분유입에 대한 문제

- 광섬유의 비용은 지속적으로 낮아질 것으로 예상, Single-mode 광섬유 케이블의 수요증가로 multi-mode 광섬유 케이블의 비용보다 낮다.
- 광섬유 단말 장치(terminal equipment)는 일반적으로 마이크로웨이브 장비보다 간단하고, 비싸지 않음.

- 광 송신기는 LED(Light Emitting Diodes)나 레이저 다이오드로 구성
- 광 송신기는 850, 1310이나 1550[nm]의 파장으로 동작
- Overhead 케이블 : OPGW, ADDS, WOC
- 지하 케이블은 배관설치로 설치할 수 있다. ADDS는 배관 안에서 사용될 수 있고, 보호 피복을 입혀 직접 매설할 수도 있다.

7.4 전력선(Power Line Carrier)

- 전력선(PLC)는 전기시설에 이용 가능한 첫 번째의 신뢰할만한 통신 미디어들 중 하나였다.
- PLC는 30[kHz]~500[kHz]사이의 가청주파수(Radio Frequency)를 전송하기위해 전력 전송 라인을 사용한다.
- 음성, 원격측정, SCADA, 그리고 220/230[kV], 110/115[kV], 66[kV]의 전력 전송 네트워크로 상호 연결된 부분의 계전 통신 부분에서 이용
- 통신을 위해 전력선을 사용하는 것에 가장 큰 두 가지 문제점은 과도한 잡음 레벨과 케이블이 쉽게 약화된다는 것이다.
- PLC의 비용은 감소하는 수요 때문에 물가상승률보다 더 크게 증가할 것이다.
- SSB(Single Side Band) PLC의 통신 전송용량은 PLC RF 채널의 구입 없이는 증가될 수 없다.
- 비용은 dual frequency Trap과 Line Tuning Unit, 그리고 coupling 장비들의 공유로 절약될 수 있다.

[표 3.2.5] PLC의 장/단점

장점	단점
- 회로가 요구되는 장소에 위치 - 소유지나 소유하고 있는 구조물에 설치된 장비 - 작은 수의 채널을 긴 거리로 확장하는데 경제적으로 이점 - 디지털 PLC는 3, 4 개의 채널을 가짐(예 : 두 개의 음성 채널, 한 개의 고속 데이터 채널) - 아날로그 PLC는 두 개의 채널을 가짐(한 개의 음성채널, 한 개의 저속 데이터 채널)	- 전력 배전시스템에서 독립적이지 않음 - Carrier 주파수가 종종 보호되지 않음 - 적은 채널만 이용가능함 - 마이크로웨이브와 비교해서 채널당 비용이 비쌈 - 종종 연결이 끊겨 정보가 전달되지 않음

7.5 위성(Satellites)

- 지구의 적도위에 정지궤도로 위치, 특별한 지역을 넘는 범위로 지속적으로 제공
- 지구 표면의 지상 수신 범위(footprint)내의 station에 주파수를 수신하고 재송신하는 많은 수의 radio transponder들을 포함
- 지상 네트워크 시설은 Satellites를 추적하고 제어
- 지상 station은 Satellites에서의 안테나 포인팅(antenna pointing), 낮은 잡음의 증폭기가 달린 radio 전송기, baseband 장비들로 구성
- C-band와 Ku-band 사용한다.
- VSAT(Very Small Aperture Terminal)는 Ku-band를 위해 사용되는 작은 안테나(1m 보다 작은)기술. 보통의(그다지 대단하지 않은) 통신 요구사항을 필요로 한다는 점에서 선호되는 결과를 가져왔다.
- VSAT 기술은 꾸준히 진보하고 있고, 투자비용은 대체적으로 떨어졌다.

[표 3.2.6] satellites 의 장/단점

장점	단점
- 넓은 범위의 coverage - 원격 현장의 쉬운 접속 - 비용이 거리에 종속적이지 않음 - 낮은 에러율 - 네트워크 패턴의 변화에 적응성이 큼 - 지상station의위치를 전제로 right-of-way가 필요하지 않음	- 원격 시설에 완전히 의존함 - 전송에 대한 더 적은 제어 - 전송시간 딜레이 - solar equinox 동안 전송이 감소함 - 지속적인 임대비용

7.6. Leased Telephone Lines

- Leased telephone circuit은 오랫동안 사용되어 옴
- 지국간 통신을 위한 PSN(Public Switched Network)에 연결된 표준 telephones를 사용
- 텔레메트리와 SCADA같은 dedicated 통신 requirements를 위해 사용
- Wideband 채널은 높은 속도의 데이터 신호를 위해 사용가능
- Circuit의 특성들은 음성과 다양한 타입, 그리고 낮은, 또는 보통의 전송속도와 같은 다른 용도들에 영향을 미칠 수 있다.

[표 3.2.7] Leased Circuits의 장/단점

장점	단점
- 작은 소요 경비 - circuit의 질이 유지됨 - 통신에 대한 전문지식이 요구되지 않음 - 트래픽 패턴의 변화에 적응성이 좋음	- 수정과 유지보수가 임차인에 의해 제어되지 않음 - Circuit은 어떤 지역에서는 이용가능하지 못함 - 금속성의 링크는 대지전위 상승에 대한 보호가 필요함 - 지속적인 임대비용

7.7 Very High Frequency Radio

- VHF(Very High Frequency) 대역은 30[MHz]부터 300[MHz]까지이며, 보통 mobile radio에서 사용된다.
- 택시와 경찰 dispatching 시스템과 같은 음성과 데이터부분에서 사용
- 이러한 시스템들은 유지보수 차량 dispatching과 같은 것을 위해 사용될 수 있다.
- SCADA 시스템은 VHF radio를 사용할 수 있으나 주파수를 독점적으로 사용할 필요가 있다. 하지만 이 대역의 주파수는 보통 mobile service에 배정되어 있다.

[표 3.2.8] VHF Radio의 장/단점

장점	단점
- 이용가능한 주파수 배정 - non-line-of-sight paths - 마이크로웨이브에 비해 낮은 비용 - 도파관과 안테나 요구가 덜 엄정함 - 전력선과 보통의 carrier에 종속적이지 않음 - UHF 대역보다 field strength coverage 패턴이 큼	- 낮은 채널 용량 - 낮은 디지털 데이터 비트율 - 제한된 전송 기술

7.8 초고주파 라디오

- 초고주파(UHF:Ultra High Frequency) 대역은 300 ~ 3000 MHz 까지 이지만, 일반적으로 400 ~ 900 MHz 범위.
- 미국의 SCADA 어플리케이션들은 대부분은 900 MHz 대역에서 운영
- 미국의 경우 데이터통신 어플리케이션을 위한 유틸리티 주파수는 928 ~ 952 MHz 의 특정 대역으로 설계
- PTP(Point-To-Point), PTM(Point-To-Multipoint), 주파수 공용 모바일 라디오(Trunked Mobile Radio), 대역확산 시스템(Spread spectrum systems) 방식으로 운용가능.
- PTM 시스템들은 MARS(Multiple Address Radio Systems)로서 연동 가능
- 대역확산 시스템(Spread spectrum systems)은 802.11 a/b/g 네트워크를 포함하는 다수의 무선 어플리케이션의 기초

7.8.1 PTP : Point-To-Point

- PTP 통신은 SCADA 통신을 위해 일반적으로 사용
- UHF 대역중에서 대역에서 운영하는 고정된 PTP 링크 방식의 회선성능에 관한 연구는 거의 실행되지 않았다.
- 회선분석은 중요한 데이터 결과를 제공해줄 수 있다. 전파손을 결정하는데 있어 최적의 방법은 적합한 테스트 장비나 수정된 라디오들을 가지고 실제 회선 측정하는 것이다.

[표 3.2.9] Point-To-Point UHF 라디오 시스템의 장단점

장점	단점
- 주파수 지정이 가능 - 비 송수신 직결 회선의 전파 가능 - 마이크로웨이브에 비해 저렴한 라디오 단가 - 도파관 & 안테나 필요사항들의 경감 - 전력선과 일반 반송파의 의존도 감소	- 채널 용량의 감소 - 디지털 데이터 비트율의 감소 - 이용 가능한 전송 기술의 제한

7.8.2 Multiple Address Radio Systems

- MARS(Multiple Address Radio Systems) 라디오 시스템은 상위 스테이션(보통 Hot Standby, Full duplex), 고정 스테이션 remotes, slaves(보통 Non standby, half duplex), 이득 안테나로 구성
- 400/900 MHz MARS 라디오는 Remotes나 Slaves 등과 같은 수신기들 각각과 통신하는 단독 채널 시스템.
- 일반적으로 SCADA, Telemetry/Data Reporting 그리고 음성신호(제한된 Basis) 서비스
- 스테이션 사이의 보안수준은 높으나, 안테나와 터미널 RF 송신 라인에 관련된 터미널 시스템들에서는 취약한 편
- MARS 시스템의 구성요소들은 기본적으로 MTBF(Mean Time Between Failure)와 유지관리 기능들을 가짐
- MARS 시스템들은 일반적으로 300~9600 대역의 데이터전송으로 구성되며, 음성신호가 송신되는 동안에 데이터 신호 송신을 제한함으로써, 음성신호 송신이 가

능토록 한다.

- FCC에 의해 허용되는 채널 대역폭은 12.5 KHz 이며, 이는 MARS 시스템의 용량을 확장하거나 업그레이드하는데 있어 제한요소가 된다.

[표 3.2.10] MARS UHF 라디오 시스템의 장단점 [8]

장점	단점
- 주파수 지정이 가능 - 비 송수신 직결 회선의 전파 가능 - 마이크로웨이브에 비해 저렴한 라디오 단가 - 도파관 & 안테나 필요사항들의 경감 - 전력선과 일반 반송파의 의존도 감소 - PTP 방식에 비해 저렴한 단가	- 채널 용량의 감소 - 디지털 데이터 비트율의 감소 - 이용 가능한 전송 기술의 제한 - PTP UHF 나 스테이션 간의 전용회선 방식과 비교해볼 때, 다중포인트 방식은 데이터 속도를 제한한다.

7.8.3 Spread Spectrum Radio

- 저전력 대역확산 라디오는 902~928 MHz 대역에서 운용 가능하며, 2.4 및 GHz 대역에서 라이센스 없이 운용 가능

- 배전자동화같은 DMS(Digital Multiples System) 어플리케이션 개발의 시초가 되었고, 많은 제조사들이 450~470 MHz 채택하여 적용

[표 3.2.11] 대역확산 라디오 시스템의 장단점

장점	단점
- 라디오 주파수 라이센스의 불필요 - 저렴한 장비 단가	- 협조채널 송신기로부터 방해전파를 탈 가능성 - 주요 라이센스 불필요 - 라디오 주파수 전력출력의 제한에 의한 제한된 회선 길이

7.9 Microwave Radio

마이크로웨이브 라디오는 1GHz 아래의 주파수에서 운용되는 다중채널 라디오시스템에서의 마이크로웨이브 시스템으로 통용되고 있지만, 실제로는 1GHz 위의 주파수 대역에서 운영되는 UHF 라디오 시스템을 정의하는데 사용되는 용어이다.

- 높은 채널 용량 과 데이터 전송율을 가지고 있으며, 아날로그와 디지털 어디에서도 사용가능
- 아날로그측면에서는 Multiplexer 장비들의 채널추가를 용이하게 하였으며, 채널변경의 복잡성을 줄여주는데 기여하였다.
- 디지털측면에서는 디지털 교차연결 그리고 융통적인 운영을 가능토록 하고, 비용을 절감시켜 초고속 데이터 전송 회로의 수요가 급증해왔다.
- 새로운 프로토콜과 표준들은 공공시설(Utility) 데이터 통신 분야에서 도입되고 있다.
- 음성신호, 저속 & 고속 데이터, SCADA, 고밀도 영상신호, 보호계전기, 원격계측기, 프레임 중계기, 광대역 통합 서비스 디지털 네트워크(B-ISDN : Broadband Integrated Services Digital Network) 그리고 부분적인 T1 서비스 등에 적용 가능
- 저주파 대역에서PTP 그리고 PTM 구성에서 일부 사용

- PTP 라디오 시스템은 각 링크 끝단에 전용 트랜스시버(Transceiver) 와 지향성 안테나로 구성되고 고정된 다수의 채널들을 지속적으로 이용
- PTM 라디오 시스템은 라디오 링크의 허브에 혼용 상위 트랜스시버와 비지향성 안테나로 구성
- PTM 라디오는 LAN 과 유사하게 운영한다. PTM 라디오는 아래의 몇 가지 모드에서 운영 가능하다.

  : FDMA (Frequency Division Multiple Access)

  : TDMA (Time Division Multiple Access)

  : CDMA (Code Division Multiple Access)
- FDMA 는 대역폭이 좁은 편이기 때문에 아날로그 라디오에 적합
- TDMA 와 CDMA 는 디지털 라디오에 더 적합
- 네트워크 토폴로지(Topology)가 스타 혹은 트리 구조라면, PTM 라디오가 더 적합
- 선형 구성과 연속 트래픽이나 장거리 벌크(Bulk) 전송의 경우, PTP 라디오가 더 적합

[표 3.2.12] 마이크로웨이브 라디오 시스템의 장단점

장점	단점
- 채널용량이 높다. - 고속데이터 전송 - 저렴한 단가에 회로 추가 가능 - 전력선과 일반 선로로부터의 독립 운영 - 미래지향적 초고속 표준화 네트워크 - “Backhoe fading”에 강함 - 저렴한 우선전송 비용 - 케이블 기술에 비해 간단한 설치	- 송수신 직결연결이 필요 - 특수 테스트장비 및 교육이 필요 - 도심지역에서는 주파수 지정이 불가 - 설치비용이 고가 - 제한된 용량

- 디지털 장비들은 아날로그 시스템에 비해 유지보수 비용이 거의 발생하지 않음

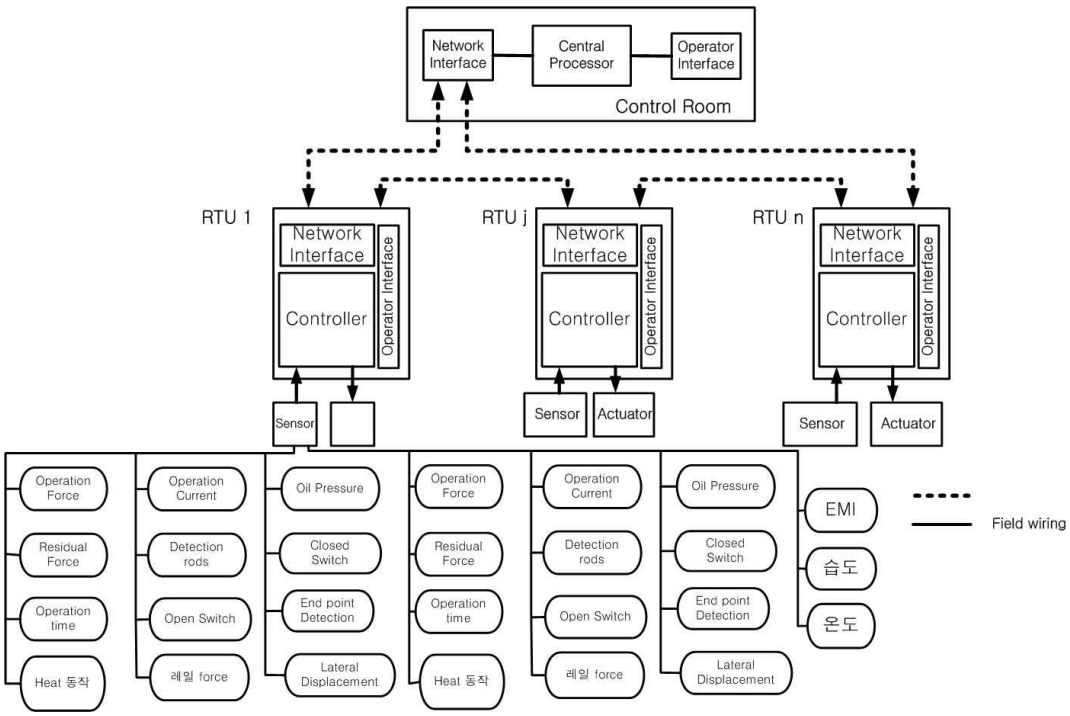
- 대다수의 시스템들이 광통신 케이블이나 디지털 마이크로웨이브 장비들을 채택
- 마이크로웨이브 통신은 물리적으로 매우 견고한 시스템 방식

제3절 망구성

1. 분기기 모니터링 시스템 구성안

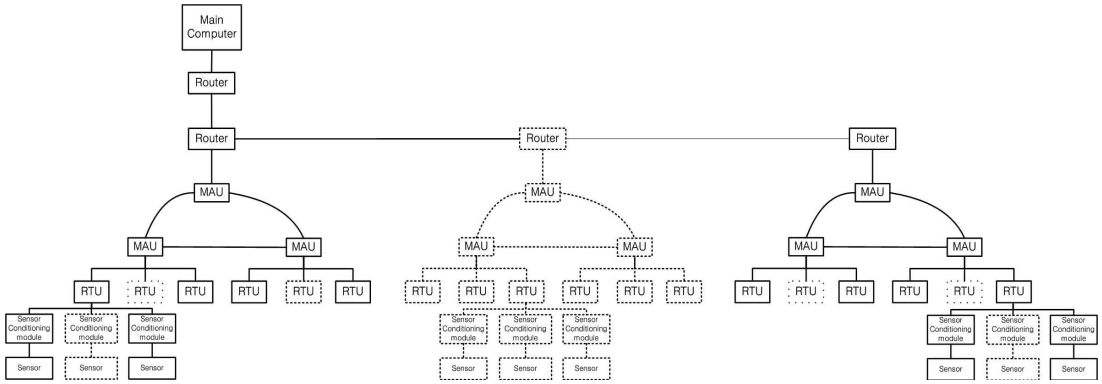
분기기 시스템의 모니터링 시스템의 망 구성은 중앙제어장치와 분기기 장치의 센서와 물리적인 연결을 나타낸다. 망의 기본개념은 네트웍을 이용하여 시스템을 구성한다. 기본적으로 내부망을 사용할 수 있는 경우에는 내부망을 사용하고, 내부망이 없을 경우에는 공중망을 이용하여 구성한다.

[그림 3.3.1]은 기본적인 연결 방안을 나타내고 있다.



[그림 3.3.1] S&C 모니터링 시스템(안)

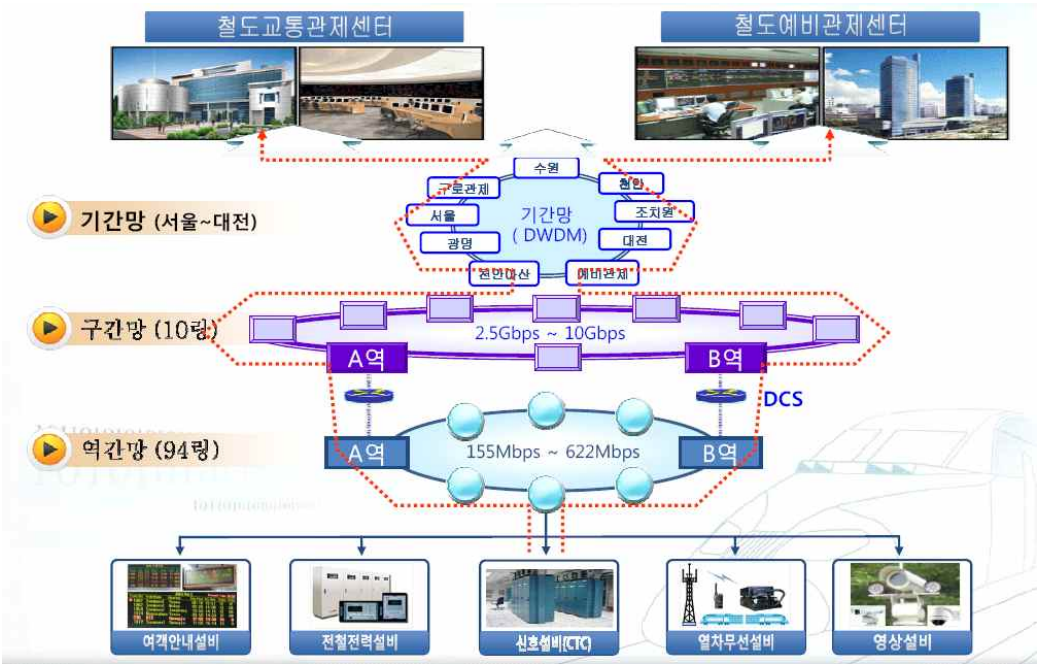
[그림 3.3.2]는 IP를 이용한 망을 나타내고 있다.



[그림 3.3.2] 분기기 관리시스템 망구성 방안

2. 철도망

2.1 철도전송망 구성도



[그림 3.3.3] 철도전송망 구성도



[그림 3.3.4] 국내 철도전송망

철도 광 전송망을 각 역의 통신실까지 설치되어 있으며, 분기기 관리시스템과의 연결을 할 수 있다.

제4장 모니터링 시스템 개발(안)

제1절 S & C 검측시스템 일반 요구사양

R1 M 통신 인터페이스

요구사양 시스템은 표준 통신 인터페이스를 가진다.

근거 서로 다른 제조사나 다른 시기에 설치된 시스템들 사이에 상호작용을 촉진 시킬 것이다.

R1.1 M 통신 인터페이스 – 물리와 data link 계층

요구사양 시스템은 Industrial Ethernet 통신 인터페이스를 가진다.

근거 Industrial Ethernet은 물리 데이터 라인에서 안전과 비안전중심 메시지와 명령의 교환을 할 수 있다. Telecommunication과 신호에서는 가까운 미래에 이 기술을 포함하게 될 것이다. Industrial Ethernet은 선로 구축 비용을 줄일 수 있고, 데이터로의 접근은 향상될 수 있다. 더 자세한 사항은 D3.2.3에 주어져 있다.

R1.2 M 통신 인터페이스 – 메시지 포맷

요구사양 시스템은 표준 파일 포맷의 표준 인터페이스로 메시지를 주고받는다.

근거 이것은 다른 제조사들에 의해 만들어진 컴포넌트들로부터 모니터링시스템이 구성되는 것을 허용할 것이다.

R1.3 M 통신 인터페이스 – 외부 시스템과의 통신

요구사양 모니터링 시스템은 표준 XML 파일 포맷을 이용하여 외부시스템과 통신한다.

근거 이것은 다른 기반 시스템이 S&C 모니터링 시스템에 의해 수집된 데이터에 접근하는 것을 허용하고, 장비와 수고의 중복을 줄일 것이다. 예를 들면, 만약 switch 주위의 온도가 다른 모니터링 시스템을 위해 사용될 수 있다면, 이것은 다른 온도센서의 설치 없이 또 다른 시스템에 이용될 수 있다는 말이 된다.

R2 M 상태 평가

요구사양 시스템은 switch 현장의 센서들로부터 측정한 데이터를 이용해 switch의 상태를 연속적으로 평가한다.

근거 이것은 유지보수 인원들에게 결함을 예측하거나 결함발생시 더욱 효율적으로 응답할 수 있도록 도와준다.

R2.1 M 사용자용 모니터링 규칙

요구사양 시스템은 사용자에 의해 만들어진 사용자 결함 검지 규칙을 허용한다.

근거 여러 나라들과 네트워크 회사들은 데이터 분석을 수행하기위한 서로 다른 능력들을 가지고 있다. 그들은 또한 같은 기능을 하는 서로 다른 장비들을 가지고 있다. 이것은 결함 검지 및 진단을 위한 적용 가능한 접근방법이 요구된다는 것을 의미한다.

R2.2 M 전환력 상승 검지

요구사양 시스템은 사용자에게 switch 전환을 위한 driving force가 증가할 때 그 위치를 나타내준다.

근거 Driving force는 DLD(Drive and Locking Device) 컴포넌트와 switch 자신에게 결함의 시작을 알리는 중요한 지표이다. 이러한 것들의 검지는 시스템 고장과 고장시간이 발생하기 전에 예방하는 유지보수 업무를 할 수 있게 한다. 이 요구사항은 신뢰성의 향상과 운영비용의 감소를 도울 수 있다. Infrastructure 운영자는 흔히 그들이 switch를 설치할 때 작동상태에서 최대의 힘을 적용하도록 한다. 최대 힘의 증가를 알리는 알람들은 유지보수자들에게 매우 적절하며 심각한 문제들을 알릴 수 있다.

R2.3 M 초기결함

요구사양 시스템은 switch의 초기 결함을 검지할 수 있다.

근거 초기결함은 천천히 진전되지만 고장을 야기할 수 있다. 만약 시스템이 발달과정에서 일찍 이것들을 검지할 수 있다면 고장이 일어나기 전에 열차서비스의 중단을 피할 수 있는 유지보수 일정을 스케쥴할 수 있게 된다. 초기결함 유형의 지식은 유지보수 활동의 정확한 계획을 세울 수 있게 한다.

R2.4 M 초기결함의 분리

요구사양 시스템은 초기결함이 검지되었을 때 어떤 컴포넌트가 고장인지 알 수 있다.

근거 Switch는 손상되었거나 조정되어야 하는 많은 컴포넌트들을 포함한다. 대체가 요구되는 부품들은 사전에 얻을 수 있게 되고, 고장수리 시간을 예측할 수 있게 된다.

R2.5 유지보수 간격의 결정

요구사양 시스템은 유지보수 업무의 시행이 요구되는 날짜를 결정할 수 있다.

근거 만약 상태 모니터링 시스템이 신뢰 할 만하다면, 서비스 기간은 확장될 수 있고, 서비스 업무를 안전우선 유지보수 업무와 동시에 진행될 수 있게 한다. 예를 들어 고정된 안전검사는 컴포넌트의 유지보수나 고장부품의 대체와 같은 시간에 수행될 수 있고, 유지보수자들의 현장업무에 들이는 시간을 줄일 수 있다.

R2.6 M 마지막 검사이후 운용상태보고

요구사양 시스템은 지난 검사로부터 switch가 몇 번이나 전환됐는지 보고받을 수 있다.

근거 스위치 사용의 빈도는 부품의 손상, 피해와 상응한다. 이 능력은 기반시설 관리자에게 네트워크에서의 자산 사용을 보다 잘 볼 수 있게 해준다.

R2.7 M 상태변수들의 보고

요구사양 시스템은 데이터 기록에 있어서 어떤 switch 동작(하나의 동작이나 어떤 구역의 동작, 사용자에 의해 명시된 동작)을 위한 사용자의 파라미터 선택을 보여줄 수 있다.

근거 리포트의 유연성은 그들 자신의 확실한 파라미터 지식을 이용하여 진단할 수 있도록, 또한 switch 동작에 대한 더욱 깊은 이해를 얻기 위하여 사용자에게 switch의 개별적인 동작에 대해 그들 스스로 더욱 빨리 익숙해질 수 있는 기회를 제공한다.

custom report는 switch가 바르게 설치되었는지 확인하기 위해 측정된 파라미터를 reference 데이터와 비교하도록 만들어질 수 있는 것처럼 이것은 스위치를 설치하는 staff들을 지원할 수 있다.

R2.7 M 상태 모니터링 결과들의 보고

요구사양 시스템은 데이터 기록에서 어떤 switch의 동작(하나의 동작이나 어떤 구역의 동작, 사용자에 의해 명시된 동작)에 관한 사용자의 상태 모니터링 결과를 위한 선택을 표시하기 위해 custom report를 만들 능력이 있다.

근거 유연한 reporting 시스템은 사용자가 상태 모니터링한 결과가 한번 측정한 파라미터와 일치하도록 한다. 이것은 사용자들의 더 나은 이해를 고취하고, 진단을 위한 새로운 규칙을 만들어내는 것을 가능하게 한다.

이 능력은 스위치의 확인과 commissioning에서 staff들을 도울 수 있다.

R3 M 주요 변수들의 모니터링

요구사양 시스템은 스위치의 성능에 영향을 미치는 주요 변수들을 모니터링 해야만 한다.

근거 주요 변수들은 고장 발생 시 가장 큰 변화를 보이므로, 시스템의 정확한 진단을 위한 최적의 기회를 제공한다.

R3.1 M 히터동작 모니터링

요구사양 히터가 스위치에 설치되어 있다면, 시스템은 필요할 때마다 히터의 정상 동작 여부에 상관없이 모니터링을 해야만 한다.

근거 온도와 히터기능은 구동력에 많은 영향을 주게 되는데, 히터의 비정상 운영은 스위치 고장의 주요 원인이다. 이는 히터의 수동조작에 의해 자주 발생한다.

R3.2 M 가장 좁은 간격의 플랜지통로(Narrowest flangeway)의 모니터링

요구사양 시스템은 가장 좁은 간격의 플랜지통로(Flangeway)를 모니터링 해야만 한다.

근거 최소간격 플랜지웨이가 안전간격에 비해 좁음이 감지된다면, 이 기능을 경보를 울림으로써 스위치 안전을 확보할 수 있다.

R3.3 M 구동력 모니터링

요구사양 시스템은 스위치 동작시마다 구동력을 모니터링 해야한다.

근거 이는 장기간의 트렌드와 최초 결함감지 분석을 위하여 필요하다.

R3.4 M 유압 모니터링

요구사양 수압식 혹은 유압식 구동기(Actuator)가 스위치 동작에 사용된다면, 엑튜에이터 내의 공기압은 스위치 동작시마다 모니터링 되어야만 한다.

근거 각각의 구동점(Drive point) 압력의 변화는 최초 문제를 나타낼 수 있다.

R3.5 M 모터전류의 모니터링

요구사양 스위치 액튜에이터로서 전기모터를 사용한다면, 모터전류는 스위치 동작시마다 모니터링 되어야만 한다.

근거 D3.3.1.에서 주요 변수로서 모터 전류가 결정되었다. 이는 모든 종류의 전기모터식 스위치 구동기와 연관된다. AC기기의 경우에는 실효 전류값이 측정되어져야만 한다.

R3.6 M 변위(Displacement) 모니터링

요구사양 시스템은 구동봉(Drive rod)의 수평변위를 모니터링 해야 한다.

근거 변위는 동작시간 측정치 하나보다 더 많은 정보를 담당한다. 변위력(Force-displacement) 곡선은 DLD 구성요소(ex.잠금장치)와 연관될지도 모르는 최초 문제를 나타낸다.

운행봉(Drive rod)의 변위 측정치는 그 지점에서의 조정치에 관한 정보를 제공하며, 운행봉의 가장 최적의 조정치는 이 측정치에 의해 주어지게 된다.

R3.7 M 끝단(End position)의 모니터링

요구사양 시스템은 각각의 끝단 감지기(End position detector)의 상태를 지속적으로 모니터링 해야만 한다.

근거 각각의 감지기를 별도로 모니터링함으로써, 감지기 결함은 다른 시스템과 빠른 시간 안에 격리될 수 있으며, 엔지니어가 이를 수리하는데 드는 시간을 단축시키는 효과를 가져온다.

R3.8 M 가속단계(Acceleration levels)의 모니터링

요구사양 시스템은 스위치상의 적절한 위치에서 가속단계를 지속적으로 모니터링 할 필요가 있다.

근거 진동이 주는 영향을 완전히 분석하기는 어려우나, 스위치 결함의 주요 요인일 가능성이 높다. 주어진 데이터가 더 풍부하다면, 진동이 어떻게 스위치 동작에 영향을 주는지에 대하여, 유용한 결론을 도출할 수 있을 것이다.

R3.9 M 스위치블레이드(Switch blade) 온도의 모니터링

요구사양 시스템은 스위치상의 스위치 블레이드의 온도를 지속적으로 모니터링 할 필요가 있다.

근거 스위치 주변의 온도는 스위치 동작에 큰 영향을 미치는데, 그 온도의 모니터링은 사용자가 스위치상의 기계적 결함과 극온에 의한 뒤쳐진 성능과의 차이를 설명해주는데 도움을 줄 수 있다.

궤도온도의 측정은 유지보수 관리팀이 블레이드의 길이가 얼마나 변하였는지를 알 수 있도록 도움을 준다.

어떤 인프라(Infrastructure) 환경에서는 분기기의 부품(ex.잠금장치)을 조정해줘야 할 필요가 있음을 암시하기도 한다.

R3.10 M 대기온도의 모니터링

요구사양 시스템은 스위치 주변의 공기온도를 지속적으로 모니터링 해야만 한다.

근거 공기온도와 습도의 측정은 신호처리에 있어 중요하다. 그 예로, 전환력(Throwing force)이 이 값들과 관련이 깊다.

R3.11 M 크로싱노즈(Crossing nose)에서의 충격 모니터링

요구사양 시스템은 3축상에 있는 크로싱노즈에서의 가속을 지속적으로 모니터링 해야만 한다.

근거 크로싱노즈 주변의 측정치는 교체시기를 추정하는데 유용하게 사용될 수 있다. 침목(frog)상의 충격량 측정은 가드궤간(Check Gauge)(가드레일(Check Rail)과 크로싱의 침목(Frog) 사이의 거리)의 상태를 평가하는데 도움을 줄 수 있다.

이 안전치는 보통 매년 3~4번 정도 측정되며, 가드레일(Check Rail)은 교체될 필요가 있는 부품이다. 가드레일(Check Rail)의 교체는 열차통행량과 연관되며, 어떤 인프라(Infrastructure) 환경에서는 매년 교체되곤 한다.

R4 M 데이터 측정 및 저장

요구사양 시스템은 모든 모니터링되는 변수들의 안전하고 영구적인 기록을 하게되며, 사용자가 접근 가능한 형태로 만들게 된다.

근거 과거 데이터들은 자동결함진단을 위한 새로운 알고리즘을 만들 때 유용하게 사용될 수 있으며, 사용자의 스위치 동작 이해를 돕기도 한다.

R4.1 M 원격 데이터 접속

요구사양 시스템은 데이터 기록을 위해 원격 접속을 가능하도록 한다.

근거 이는 데이터베이스 서버를 이용함으로써 사용자가 동일한 위치에서 반복적인 작업을 피하게 해준다.

R4.2 M 원격 알림

요구사양 시스템은 스위치 상태에 중요한 변화가 발생하였을 경우, 자동적으로 지정된 사용자에게 이를 전달한다.

근거 이는 융통성을 높임을 의미하며, 유지보수를 담당하는 직원들이 그들의 직무를 다양한 장소에서 수행할 수 있도록 해주는 동시에 결함이 발생하였을 때, 마찬가지로 이를 지정된 사용자에게 전달한다.

R4.3 M 데이터 전송 포맷

요구사양 시스템은 측정된 데이터와 상태 모니터링 결과를 표준 파일 포맷으로 보낼 수 있다.

근거 표준 파일 포맷은 다른 개발자, 다양한 목적의 크로싱램에 의한 데이터가 운영되어지는 것을 가능하게 할 수 있다.

R4.4 M 데이터 전송 사양

요구사양 시스템의 출력 인터페이스는 다른 파일 포맷으로 보내질 수 있도록 변경 가능하다.

근거 이는 이미 존재하는 크로싱램들의 사용을 위해 데이터를 보낼 수 있도록 하며, 데이터의 유용성을 증가시킨다. 예를 들어, 데이터는 MS Access나 비즈니스 메니지먼트 시스템인 SAP와 같은 데이터베이스에 보내질 수 있다. 현존하는 IT 시스템들은 모니터링 시스템의 표준 출력과 항상 호환되지는 않을 것이다. 따라서 딱 맞는 출력이 바람직하다

R4.5 M 센서들의 0점 조정

요구사양 시스템은 switch 현장의 유지보수자에 의해 전기적 휴대용 장치를 이용하여 센서를 재조정 한다.

근거 결함 있는 센서의 대체는 새로운 조정이나 적어도 의무적인 시험을 해야 한다. 이 요구사항은 반드시 모니터링 시스템에 포함되어야 한다.

R4.6 M 확장성

요구사양 시스템은 성능의 저하 없이 추가적인 센서를 다룰 능력이 있다.

근거 다른 센서들은 가까운 미래에 사용할 수 있을 것이다.(예를 들어 영상처리 센서)

R5 M 하드웨어 설치 및 전선포설

요구사양 모든 시스템 컴포넌트들은 규격의 요구사항에 따라 철길이나 그 근처에 설치되어야 한다.

근거 이 표준의 요구사항들은 시스템이 철도환경에 이겨낼 수 있도록 보장한다.

제2절 S & C 검측시스템(안)

1. 분기기 시스템 일반(안)

1.1 운용환경

분기기 시스템 운용환경에서 온도와 진동이 결정적인 영향을 미치기 때문에 2가지 요소만을 고려하였다. 모든 분기기 센서 및 관련장치 들은 설치된 위치에서 접할 수 있는 모든 온도와 진동에 견딜 수 있어야 한다.

1.1.1 온도

[표 4.2.1] 운용 환경 정의 (단위 : ℃)

위치	동작중				설치(동작중은 아닌 경우)			
	범위				범위			
	1	2	3	**4**	1	2	3	**4**
차량외부								
언더프레임	+70 −25	+50 −25	+50 −40	**+70 −40**	+70 −25	+50 −25	+50 −40	**+70 −40**
차량내부								
기기실	+70 −25	+70 −40	+70 −40	**+70 −40**	+70 −25	+70 −25	+70 −40	**+70 −40**
Driver's Cab	+70 −25	+70 −25	+70 −25	**+70 −40**	+70 −25	+55 −25	+70 −25	**+70 −40**
선로변								
외부 노출된 장치	+70 −25	+50 −25	+70 −25	**+70 −40**	+70 −25	+50 −25	+70 −25	**+70 −45**
제어가 되지 않는 장치 기기실	+70 −25	+50 −25	+70 −25	**+70 −40**	+70 −25	+50 −25	+70 −25	**+70 −40**
제어되는 장치 기기실	+70 −25	+50 −25	+50 −25	**+70 −40**	+70 −25	+50 −25	+50 −25	**+70 −40**
제어실	+70 −25	+50 −00	+40 −00	**+70 −40**	+70 −25	+50 −00	+40 −00	**+70 −40**

※ 선로변 주변온도를 감안하며 계절적 온도특성을 감안하여 신호함에 겨울철에는 히팅장치, 여름철에는 에어컨을 설치하여 원활한 정상기능을 확보하여야 함.

1.1.2 진동

(1) 진동 운용조건

① 불규칙 진동

모든 분기기 센서 및 관련장치들은 설치된 위치에서 접할 수 있는 모든 진동에 견딜 수 있어야 한다.

② 진동 및 충격

각 장치들은 현장에서 만날 수 있는 진동 및 충격에 견딜 수 있어야 한다.

③ 기계적인 충격

각 장치는 다음 그림과 같은 모양의 펄스 충격에도 견디어야 한다. 각 장치는 20g 레벨의 충격 최소 20,000회 이상에도 견디어야 한다.

1.2 시스템 요구사양

1.2.1 시스템 기능

(1) 선로전환기 전환명령이나 차량이 순방향 혹은 역방향으로 분기기 측정구역에 진입을 하면은 차량검지 모듈은 차량을 검지한다.

(2) 분기기에 설치된 센서와 모듈은 각각의 물리량을 측정한다.

(3) 측정된 물리량은 RTU를 통하여 중앙관리 시스템으로 전송한다.

① 위험경보 : 분기기가 바로 위험상태로 된다.

② 단순경보 : 분기기가 중기간 위험할 가능성이 있다.

③ 검사허용오차 : 분기기가 장기간 위험할 가능성 있다.

(4) 분기기 관리시스템 기능은 다음과 같다.

① 분기기 감시

② 선로전환기 감시

③ 검측된 데이터관리

④ 운영자에게 경보

⑤ 분기기 관리시스템의 원격 시험

1.2.2 시스템 동작(안)

(1) 선로전환기 전환명령 혹은 차량이 분기기 측정구역에 진입을 하면은 분기기 관리 시스템이 동작을 한다.

(2) 선로전환기 전환명령 혹은 차량검지가 확인된 후에 분기기 관리 시스템은 관련된 센서로부터 정보를 수집하고 저장 및 전송을 한다.

(3) 선로전환기 전환명령 종료 혹은 차량이 통과까지 분기기관리 시스템은 관련 정보를 획득한다.

(4) 측정된 데이터는 이중화된 전자랙을 통하여 중앙관리센터에 전송한다.

(5) 중앙관리센터는 수집된 데이터를 모니터에 현시한다.

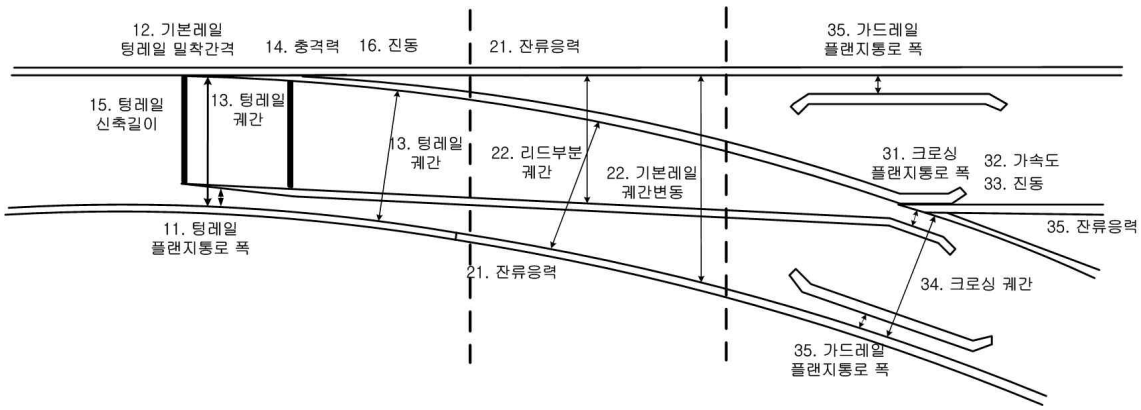
(6) 측정된 데이터들이 임계값 이상이면 알람을 발생한다.

(7) 알람에 따라 감시센터는 적정한 조치를 취한다.

1.2.3 시스템 검측장치

(1) 분기기 감시장치

분기기 감시기능은 다음과 같은 configuration을 가지며, 시스템에 따라 확장을 해야 한다.



[그림 4.2.1] 분기기 시스템 측정항목

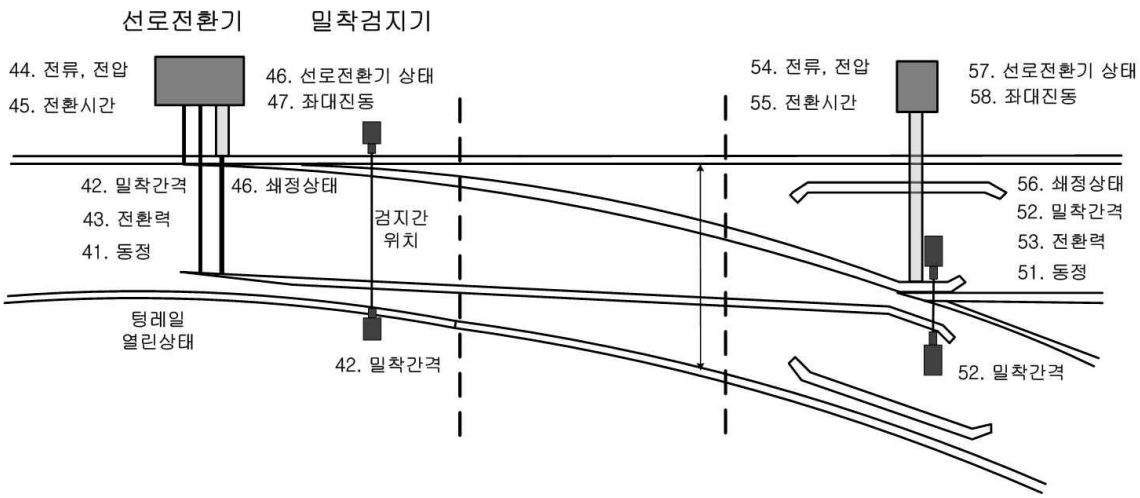
[표 4.2.2] 분기기 측정항목

서브 시스템	번호	검측항목	검측방법	단위	범위	해상도	sampling time	데이터량 (baud)
운용 환경	01	대기온도	온도계	℃	−100~100	0.1	minute	
	02	습도	습도계	%	0~100	1	minute	
	03	레일온도	온도계	℃	−100~100	0.1	minute	
	04	장비온도	온도계	℃	−100~100	0.1	minute	
	05	차량속도	통과시간측정	sec	0~500km	0.1	동작 시 1회	
텅레일	11	플랜지통로 깊이 및 넓이	변위계	mm	80	0.5	$100Hz$	
	12	스위치 첨단부 밀착검지	밀착검지기	mm	30	0.5	$100Hz$	
	13	텅레일 궤간	변위계	mm	30	0.5	$100Hz$	
	14	충격력	load cell	N	80kN	400N	$4kHz$	
	15	텅레일 신축길이	변위계	mm	30	0.5	$0.01Hz$	
	16	진동	가속도계	mm,Hz	30	0.1	$2kHz$	
기본 레일	21	잔류응력	응력센서	N/mm^2	72(압축)	1N	$100Hz$	
					92(인장)	1N		
	22	리드부분 궤간	변위계	mm	30	0.5	$100Hz$	
크로싱	31	플랜지 통로 깊이 및 넓이	변위계	mm	80	0.5	$100Hz$	
	32	충격력	load cell	N	200kN(결선부)	400	$4kHz$	
					100kN(노즈가동)	200	$4kHz$	
	33	진동	가속도계	mm,Hz	30	0.1	$1kHz$	
	34	가드레일 궤간	변위계	mm	80	0.5	$100Hz$	
	35	백게이지	변위계	mm	30	0.5	$100Hz$	
	36	잔류응력	응력센서	N/mm^2	100(압축)	1N	$1kHz$	
					100(인장)	1N		

(2) 선로전환기 감시장치

선로전환기 감시기능은 다음과 같은 configuration을 갖고 있으며, 시스템 따라 확장을 해야 한다.

◎ 전기식 선로전환기

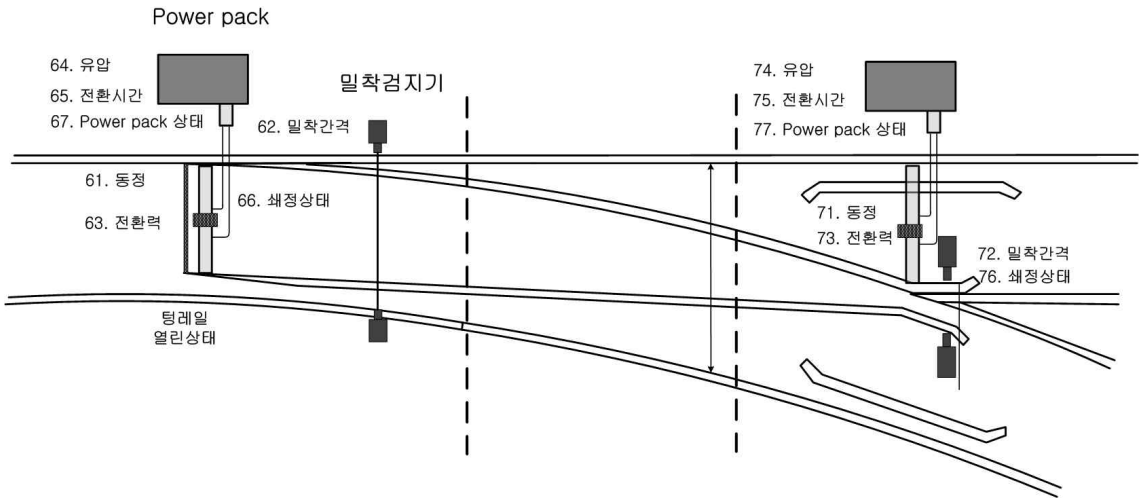


[그림 4.2.2] 전기식 선로전환기 검측항목

[표 4.2.3] 전기식 선로전환기 측정항목

서브 시스템	번호	검측항목	검측방법	단위	범위	해상도	sampling time	Data (baud)
텅레일	41	동정	변위계	mm	0 ~ 120	0.5	$100Hz$	
	42	밀착간격	간격	mm	0~5	0.5	$100Hz$	
	43	전환력	load cell	N	2,000~6,500	50	$100Hz$	
	44	전류	A메터	A	10A	0.1	$100Hz$	
	45	전압	V메터	V	500	5	$100Hz$	
	46	전환시간	타이머	sec	5~8	0.1	$100Hz$	
	47	쇄정상태	on/off	-	on/off	-	$1Hz$	
	48	선로전환기 상태	입출력 정보	-	-	-	$1Hz$	
	49	선로전환기 좌대 진동	가속도계	mm,Hz	30	0.1	$2kHz$	
크로싱	51	동정	변위계	mm	75~118	0.5	$100Hz$	
	52	밀착간격	간격	mm	30	0.5	$100Hz$	
	53	전환력	load cell	N	2,000~6,500	25	$100Hz$	
	54	전류	A메터	A	0~10A	0.1	$1kHz$	
	55	전압	V메터	V	0 ~500V	1	$1kHz$	
	56	전환시간	타이머	sec	5~8	0.1	$100Hz$	
	57	쇄정상태	on/off	-	on/off	-	$100Hz$	
	58	선로전환기 상태	입출력 정보	-	-	-	$100Hz$	
	59	선로전환기 좌대 진동	가속도계	mm,Hz	30	0.1	$2kHz$	

◎ 유압식 선로전환기



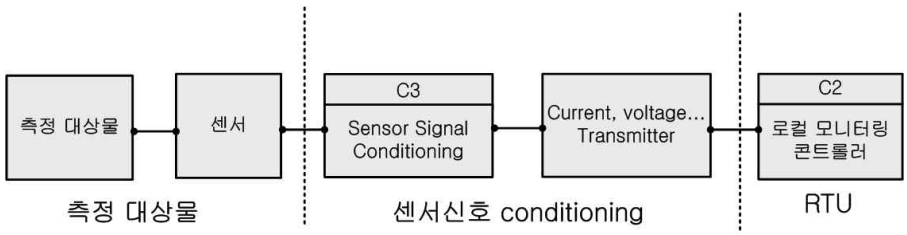
[그림 4.2.3] 유압식 선로전환기 검측항목

[표 4.2.4] 유압식 선로전환기 측정항목

서브 시스템	번호	검측항목	검측방법	단위	범위	해상도	sampling time	Data (baud)
텅레일	61	동정	변위계	mm	0 ~ 120	0.5	$100Hz$	
	62	밀착간격	간격	mm	0~5	0.5	$100Hz$	
	63	전환력	load cell	N	2,000~6,500	50	$100Hz$	
	64	유압	압력게이지	N/mm^2	30	0.5	$100Hz$	
	65	전환시간	타이머	sec	5~8	0.1	$100Hz$	
	66	쇄정상태	on/off	-	on/off	-	$1Hz$	
	67	전류	A메터	A	10A	0.1	$1kHz$	
	68	전압	V메터	V	500	1	$1kHz$	
	69	파워팩 상태	입출력 정보	-	-	-	$1Hz$	
크로싱	71	동정	변위계	mm	0 ~ 120	0.5	$100Hz$	
	72	밀착간격	간격	mm	0~5	0.5	$100Hz$	
	73	전환력	load cell	N	2,000~6,500	50	$100Hz$	
	74	유압	압력게이지	N/mm^2	30	1	$100Hz$	
	75	전환시간	타이머	sec	5~8	0.1	$100Hz$	
	76	쇄정상태	on/off	-	on/off	-	$1Hz$	
	77	전류	A메터	A	10A	0.1	$1kHz$	
	78	전압	V메터	V	500	1	$1kHz$	
	79	파워팩 상태	입출력 정보	-	-	-	$1Hz$	

(3) 센서 및 설치(안)

센서의 종류는 passive와 active가 있으며, passive 및 active와 관계없이 적용할 수 있다. 센서와 센서신호 Conditioning 모듈은 센서의 조정을 자동적으로 수행하여야 하며, 센서모듈에 이상이 발생하였을 경우 검지를 할 수 있도록 하여야 한다.



[그림 4.2.4] 센서와 RTU 연결방안

[표 4.2.5] 센서 종류

특성	센서	Active/Passive	출력
온도	Thermocouple Silicon RTD Thermistor	Passive Active Active Active	Voltage Voltage/Current Resistance Resistance
힘/압력	Strain Guage Piezoelectric	Active Passive	Resistance Voltage
가속도	Accelerometer	Active	Capacitance
위치	LVDT	Active	AC Voltage
습도	Capacitor	Active	Voltage
전류	CT	Passive	Current
전압	voltmeter	Passive	Voltage

① 각 센서설치하는 곳은 센서와 센서 conditioning 모듈을 설치하고, 수집된 데이터는 RS-422 혹은 LAN을 이용하여 RTU와 통신을 한다.

② 특별한 조치 없이 단순 체크 박스를 통하여 구성

(4) 센서운용환경

1.1 절의 규정에 따른다.

(5) 센서분류

[표 4.2.6] 센서 분류

번호	센서종류	측정항목	설치 갯수	기존설치
1	온도	대기온도	1	
2	습도	대기습도	1	
3	레일온도	레일온도	1	
4	속도	열차속도	1	
5	변위	텅레일 동정	2	○
		윤선로 폭	2	○
		첨단부 밀착검지	2	○
		텅레일밀착검지	2	○
		텅레일궤간	2×n	○
		리드부 궤간	2×n	○
		크로싱 동정	1	○
		크로싱 윤선로 통로 폭	2×n	○
		크로싱 궤간	2×n	○
		백게이지	2	○
		텅레일 신축길이	1	

번호	센서종류	측정항목	설치갯수	기존설치
6	load	텅레일 전환력	1	
		크로싱 전환력	1	
		텅레일 충격력	1	
		크로싱 충격력	1	
7	가속도계	텅레일부 진동	1	
		크로싱 진동	1	
		선로전환기 좌대	1	
8	응력	텅레일부 잔류응력	2	
		기본레일잔류응력	2	
		텅레일잔류응력	2	
9	전류	전기식 선로전환기	1	
		유압식 선로전환기	1	
10	전압	전기식 선로전환기	1	
		유압식 선로전환기	1	
11	유압	유압식 선로전환기	1	
12	접점	전기식 선로전환기	1	
		유압식 선로전환기	1	
13	시간			

2. RTU(안)

2.1 H/W 요구사양

① 각각의 RTU의 확장성(일반적으로 200점의 아날로그 및 디지털)

② 상용화 제품

③ RTU의 최대 개수 개수 255

④ 모듈 - 설치 시 순서 및 위치에 관계없이 동작

⑤ 강건기능 - 한 모듈의 고장이 다른 모듈의 성능에 영향을 미치지 않음

⑥ 최소 전원소비

⑦ 운용온도 : -40℃~ 60℃

⑧ 발열 최소

⑨ 강건한 물리적 구조

⑩ 내습성

⑪ 90% 정도의 상대습도

⑫ 진단결과 표시

- 상태표시 LED
- 원격결함진단기능
- 각각 I/O모듈과 채널 상태(크로싱램 가동/실패, 통신 중/실패)

⑬ 모든 모듈을 하나의 버스에 연결

⑭ 한 버스에 모듈들의 물리적 연결은 열악한 환경에 운용에 적합해야 함

⑮ 현장장치와 전선포설이 용이성

⑯ 모듈 교환의 용이성

⑰ 배선 탈부착이 쉬운 나사형 단자

2.2 환경

① 온도 : -30~60℃

② 보관온도 : -20~70℃

③ 진동 :

④ 0~95% 상대 습도에서 결로 방지

⑤ 150ohm 소스 임피던스를 갖는 2.5kV, 1Mhz에서 2초가 견딜 수 있는 내 서지 능력

⑥ 장치에서 30cm의 거리에서 1.5cm 스파크를 방전하는 정전기 시험

⑦ 먼지, 강우, 염기 및 안개보호 등을 포함하는 기타 요구사양

2.3 소프트웨어 요구사양

① 실제 사용가능한 하드웨어에 대한 소프트웨어의 호환성 검사

② 외부 사건 및 내부 결함에서 기인되어 시스템에서 발생한 모든 오류의 기록 저장

③ 모든 오류 데이터 및 상태 레지스터의 원격접근

④ 전원장치 혹은 기타의 결함에 의해서 시스템의 전원이 차단될 경우에서 소프트웨어의 지속적인 동작

⑤ 모든 아날로그 채널에서 하드웨어 필터링

⑥ 응용크로싱램은 비 휘발성 RAM에 저장

⑦ 각 센서에 대한 구성 및 진단 도구

- 시스템 설정
- 하드웨어 및 소프트웨어 설정
- 응용 크로싱램의 개발/관리/운영
- 오류 목록

- 원격 및 현장 운용

2.4 네트워킹

① NetWare, LAN 관리자, Window for Workgroup, Window XT 등과 같은 모든 것

② NetBIOS 호환가능한 망 지원

③ NetBEUI, IPX/SPX, TCP/IP 등과 같은 프로토콜 지원

④ 망 내에서 집중화된 경보, 경향 및 보고서 처리 등을 위한 데이터 접근 가능

⑤ 완전한 LAN 다중화를 위한 이중망

⑥ 망 구성 불필요(투명)

⑦ 단순한 체크 박스를 통한 기동(구성노력 불필요)

⑧ 망의 노드 수와 상관없이 망을 사용하는 사용자 수에 의한 LAN 접근허가

⑨ 운용자간에 완벽한 통신이 가능한 multi-user 시스템

⑩ 고성능의 RAS(Remote Access Service) 및 WAN(Wide Area Network)

⑪ RTU와 Router연결이 여러 개인 경우는 반반씩 유선통신과 무선통신으로 구분하여 연결함

3. 중앙제어장치

3.1 중앙제어 컴퓨터 기능

3.1.1 통신개통

(1) 각각의 RTU 배열

(2) 입력과 출력 변수를 가지고 각각의 RTU 초기화

(3) 제어 및 데이터 수집 크로싱램을 RTU에 다운로드

3.1.2 통신링크의 운용

(1) 마스터 슬래이브 관계가 설정되면, 각각 RTU 데이터를 RTU에 기록

(2) 경보 및 사건을 하드디스크에 기록(필요하다면 운용자에게 현시)

(3) 자동적으로 각기 다른 RTU에 입력 및 출력 연결

3.1.3 진단

(1) RTU의 고장정보와 가능성 있는 문제에 대한 정확한 진단정보 제공

(2) 데이터 저장 초과와 같은 잠재적인 문제의 예측

3.1.4 시스템 응답시간

(1) 중앙 컴퓨터 운용자 현시에 아날로그 혹은 디지털 현시(최대 1~2초)

(2) 운용자가 RTU로 제어 요청(중요정보 : 1초, 일반 3초)

(3) 이력 경향 검색 및 운용자 디스플레이에 현시(2초)

(4) 중요 사건의 사건 기록(1ms)

3.2 중앙컴퓨터 소프트웨어

중앙컴퓨터의 소프트웨어는 3가지 요소로 구성된다.

① 운용시스템 소프트웨어

② 시스템 SCADA 소프트웨어

③ 스카다 시스템 소프트웨어

3.2.1 시스템 SCADA 소프트웨어

소프트웨어는 일반적으로 4개의 모듈로 구성된다.

① 데이터 수집

② 제어

③ 데이터 및 데이터베이스 저장

④ MMI(man-machine interface)

3.2.2 SCADA 주요 사양

(1) 사용자 인터페이스

① 키보드

② 마우스

③ 터치스크린

(2) 그래픽 현시

① 분기기 시스템을 현시한 상태의 인자현시

② 사용자 조정 가능한 현시

③ 무한 페이지

④ 해상도

(3) 경보

① 클라이언트-서버 구조

② 시각이 표시된 경보

③ 단독 연결 승인 및 경보내용 제어

④ 경보내용을 모든 관련자와 공유

⑤ 시간순서별로 경보현시

⑥ 경보 페이지의 동적 할당

⑦ 사용자 지정 형식 및 색깔

⑧ 각 경보에 대한 처리

⑨ 아날로그 경보에 대한 변화 모니터링에 대한 편향 및 비율

⑩ 이력별 경보 및 사건 목록

⑪ 분류별 경보의 선택적 현시

⑫ 상황별 도움창

⑬ 실시간 경보 차단 및 경계 값 수정

⑭ 사건에 의한 경보

⑮ 경보발령 보고서

⑯ 경보에 대한 운용자 의견 첨부

(4) 경향분석도구

① 사용자 서버구조

② 스크린 투매 식이 아닌 실제 경향 인쇄

③ 자유확대 방식의 경향 확대

④ 데이터 송출

⑤ X/Y축 그리기 기능

⑥ 사건에 근거한 경향

⑦ 팝업 경향 현시

⑧ 경향의 눈금 및 단면

⑨ 단기 및 장기 경향 현시

⑩ 데이터 저장 길이 및 감시 빈도 설정

⑪ 이력에 따른 경향 데이터 수집저장

⑫ 데이터 손실 없이 실시간 변경

⑬ 수집된 이력 경향 데이터의 실시간 검색

⑭ 정확한 값과 시간 현시

⑮ 실시간 경향 데이터 현시

(5) RTU 인터페이스

① 표준규격이 포함된 가능한 호환 가능한 프로토콜

② DDE(Dynamic Data Exchange) 드라이버 지원

③ RTU, 루프 콘트롤러 및 기타 기기에 대한 인터페이스

④ 드라이버 툴키드

⑤ 기존에 설정된 스캔 방법이외의 요구에 대한 운용

⑥ PLC 등과 같은 블록 데이터 요구에 대한 최적화

⑦ 망 사용자 데이터 요구에 대한 조정

⑧ RTU 전송로 대역 폭의 최대화

(6) 확장성

① 기존장비의 변경 없이 하드웨어 교환 및 추가 가능

② RTU구조에 의해서 제한 됨

(7) 데이터 처리

① 임의의 망사용자에 의한 직접 및 실시간 데이터 검색

② 실시간 데이터의 제3자(Excel...) 적용가능

③ DDE 호환성 : 읽기, 쓰기 및 실행

④ 모든 IO 장치 단자에 대한 DDE

⑤ 게시판(Clipboard)

(8) 데이터베이스

① OBDC(Open Database Connectivity) 드라이버 지원

② 직접적인 SQL 명령 혹은 하이레벨 리포팅

(9) 네트워킹

① NetWare, LAN 관리자, Window for Workgroup, Window XT 등과 같은 모든 것

② NetBIOS 호환 가능한 망 지원

③ NetBEUI, IPX/SPX, TCP/IP 등과 같은 프로토콜 지원

④ 망 내에서 집중화된 경보, 경향 및 보고서 처리 등을 위한 데이터 접근 가능

⑤ 완전한 LAN 다중화를 위한 이중망

⑥ 망 구성 불필요(투명)

⑦ 단순한 체크 박스를 통한 기동(구성노력 불필요)

⑧ 망의 노드 수와 상관없이 망을 사용하는 사용자 수에 의한 LAN 접근허가

⑨ 파일 서버 불필요

⑩ 운용자간에 완벽한 통신이 가능한 multi-user 시스템

⑪ 고성능의 RAS(Remote Access Service) 및 WAN(Wide Area Network)

(10) 결함허용 및 다중화

① 완전한 LAN 다중화를 위한 이중망

② 특이한 하드웨어 적용 가능한 이중망

③ 1차(동작) 및 2차(대기) 구성 지원

④ 프로세싱 부하를 분산할 수 있는 지능적인 이중화

⑤ 자동절체 및 회복

⑥ 특별한 구성없이 이중적으로 PLC에 기록

⑦ 이중화 I/O 장치

⑧ 이중화 경보 서버

⑨ 이중화 경향 서버

⑩ 파일 서버 이중화

⑪ 특별한 조치없이 단순 체크 박스를 통하여 구성

(11) 클라이언트/서버 처리

① 개방형 구조설계

② 실시간 멀티태스킹

③ 사용 구성노력 없이 지원되는 사용자/서버

④ 분산되어 추진되는 프로젝트 지원

⑤ 다중 디스플레이 노드에 동시지원

⑥ 임의의 노드에서 임의의 전자장치 접근

⑦ 임의의 노드에서 임의의 데이터(경향, 경보, 보고서) 접근

3.3 분기기 시스템 DB 항목

3.3.1 운용환경

① 레일온도

② 장비온도

③ 대기온도

④ 열차속도

⑤ 외력

⑥ 전압

⑦ 전류

⑧ 시간

⑨ 습도

3.3.2 분기기 DB 항목

[표 4.2.7] 분기기 검사

분기기 검사						
노선	분기기 ID	검사자				
위치	일자					
일반사항						
스위치가 문제없이 동작하는 가?	YES NO					
레일이 같은 중량과 단면을 갖는가 ?	YES NO					
플렌지통로에 이물질 없는가 ?	YES NO					
선형과 표면은 양호한가 ?	결함 양호 보통 한계 나쁨					
레일버팀쇠가 4개 이상동작되는가 ?						
침목	**침목크기**					
결함						
결함연결부분						
비스듬함						
결함 침목 부분	2	3	4	5	작업요구	
분리되어 있음						
붙어있음						
분리된 연결부분 침목						
연결 침목 집중화						
검측(왼쪽)	**검측(오른쪽)**					
스위치 충격력	스위치 충격력					
첨단부 위치	첨단부 위치					
기본레일 응력	기본레일 응력					
스위치 포인트 간격	스위치 포인트 간격					
스위치 포인트 궤간						
스위치 힐 궤간						
리드구간 궤간 1						
리드구간 궤간 2						
크로싱 충격량	크로싱 충격량					
크로싱 레일 응력	크로싱 레일 응력					
크로싱 첨단부 궤간	크로싱 첨단부 궤간					
크로싱 포인트 궤간	크로싱 포인트 궤간					
크로싱 힐 궤간	크로싱 힐 궤간					
크로싱 플렌지통로 폭	크로싱 플렌지통로 폭					
크로싱 플렌지통로 깊이	크로싱 플렌지통로 깊이					
가드레일 플렌지통로 폭	가드레일 플렌지통로 폭					
가드레일 체크 궤간	가드레일 체크궤간					
가드레일 페이스 궤간	가드레일 페이스 궤간					

[표 4.2.8] 분기기 검사 항목

부품	결함 없음	사이즈 부적절	형식 부적절	헐거움	위치 부적절	손상	마모	손실	기타	작업 요구
스위치 받침대							■		■	
쇄정너트							■		■	
연결 바							■		■	
스위치 간							■		■	
스위치 크립							■			
연결 로드 볼트							■		■	
스위치 로드 볼트							■		■	
클립볼트							■		■	
쐐기				■	■	■	■		■	
스위치 포인트(좌측)		■	■	■	■			■		
스위치 포인트(우측)		■	■	■	■			■		
포인트레일(좌측)									■	
포인트레일(우측)									■	
포인트정지(좌측)							■		■	
포인트정지(우측)							■		■	
강화 바(좌측)							■		■	
강화 바(우측)							■		■	
강화 볼트/리벳							■		■	
곡선기본레일		■	■	■	■			■		
직선기본레일		■	■	■	■			■		
궤간 플레이트		■					■		■	
레일 버팀쇠(좌측)							■			
레일 버팀쇠(조정가능)(L)							■			
레일 버팀쇠(우측)							■			
레일버팀쇠(조정가능)(R)							■			
상판									■	
분기기 플레이트							■		■	
2중 침목 플레이트							■		■	
힐 충전제(좌측)							■		■	
힐 충전제(우측)							■		■	
힐 조인트 볼트(좌측)							■		■	
힐 조인트 볼트(우측)							■		■	
힐 조인트 바(좌측)							■		■	
힐 조인트 바(우측)							■		■	

부품	결함 없음	사이즈 부적절	형식 부적절	헐거움	위치 부적절	손상	마모	손실	기타	작업 요구
프로그(일반)							■		■	
프로그 전면		■	■	■	■					
프로그 두부		■	■	■	■		■			
프로그 볼트							■		■	
프로그 플레이트									■	
가드레일(좌측)									■	
가드레일(우측)									■	
가드레일 볼트(좌측)							■		■	
가드레일 볼트(우측)							■		■	
가드레일 클램프(좌측)							■		■	
가드레일 클램프(우측)							■		■	
가드레일 플레이트(좌측)							■		■	
가드레일 플레이트(우측)							■		■	

3.3.3 선로전환기 진단항목

(1) 전기식 선로전환기 진단항목

[표 4.2.9] 전기 분기기 검사

전기 분기기 검사		
노선	선로전환기 ID	검사자
위치	일자	
일반사항		
모터가 문제없이 동작하는 가?	YES	NO
기어와 클러치가 원활하게 동작하는 가?	YES	NO
선로전환기 이동과 쇄정이 원활하게 동작하는 가?	YES	NO
선로전환기 위치검지가 문제없이 동작되는 가?	YES	NO
제어기가 원활하게 동작되는가 ?	YES	NO
선로전환기 전기접점이 원활이 동작되는 가?	YES	NO
모터보호장치는 문제없이 동작하는 가?	YES	NO
수동으로 전환을 할 수 있는 가?	YES	NO

[표 4.2.10] 전기 분기기 검사 항목

부품	결함 없음	사이즈 부적절	형식 부적절	헐거움	위치 부적절	손상	마모	손실	기타	작업 요구
구동기										
로드 균열/볼트										
접지										
기어의 마모/균열										
위치표시기										
스위치 블레이드 위치 검지기										
좌대										
감지기 내부										
볼트/나사										
내부 배선										
씰(Seals)										
검지 로드										
전기접점/스위치										
접지										
위치 감지기/커버										
구동시스템										
Flangeway										
핀/안전판(Plates)										
나사/나사너트										
로드/볼트										
감지 로드/볼트										
스위치 레일(Switch rail)										
백드라이브 로드 조인트										
Throw resistance										
구동장치의 좌대										
쇄정장치										
잠금장치/프로브										
구동 로드										
잠금장치 구성요소										
볼트/나사/핀										

부품	결함 없음	사이즈 부적절	형식 부적절	헐거움	위치 부적절	손상	마모	손실	기타	작업 요구
선로전환기										
좌대										
구동로드										
구동기										
구동기 내부 기어										
볼트/나사										
검지 로드										
Throwing force										
내부 와이어										
전기접점										
방수 부분										
커버(Cover)										
상판 및 블레이드 롤러										
상판/롤러										
롤러 잠금장치										
유지보수										
로드/Actuation system										
백드라이브로드의 조인트										
잠금장치 구성요소										

(2) 2 유압 선로전환기 DB 구축항목

[표 4.2.11] Hydraulic 분기기 검사

Hydraulic 분기기 검사			
노선	선로전환기 ID	검사자	
위치	일자		
일반사항			
유압구동장치가 문제없이 동작하는 가?		YES	NO
선단 쇄정장치 원활하게 동작하는 가?		YES	NO
선로전환기 이동과 쇄정이 원활하게 동작하는 가?		YES	NO
선로전환기 위치검지가 문제없이 동작되는 가?		YES	NO
제어기가 원활하게 동작되는가 ?		YES	NO
선로전환기 전기접점이 원활이 동작되는 가?		YES	NO
모터보호장치는 문제없이 동작하는 가?		YES	NO
수동으로 전환을 할 수 있는 가?		YES	NO
누유가 있는 가?		YES	NO

[표 4.2.12] Hydraulic 분기기 검사 항목

부품	결함 없음	사이즈 부적절	형식 부적절	헐거움	위치 부적절	손상	마모	손실	기타	작업 요구
파워팩										
모터										
ram										
밸브										
제어										
호스 및 파이프										
쇄정실린더										
Flangeway										
핀/안전판(Plates)										
나사/나사너트										
로드/볼트										
감지 로드/볼트										
스위치 레일(Switch rail)										
백드라이브 로드 조인트										
Throw resistance										
스위치 블레이드 위치 검지기										
좌대										
감지기 내부										
볼트/나사										
내부 배선										
씰(Seals)										
검지 로드										
전기접점/스위치										
접지										
위치 감지기/커버										
쇄정장치										
잠금장치/프로브										
구동 로드										
잠금장치 구성요소										
볼트/나사/핀										

부품	결함 없음	사이즈 부적절	형식 부적절	헐거움	위치 부적절	손상	마모	손실	기타	작업 요구
상판 및 블레이드 롤러										
상판/롤러										
롤러 잠금장치										
유지보수										
로드/Actuation system										
백드라이브로드의 조인트										
잠금장치 구성요소										

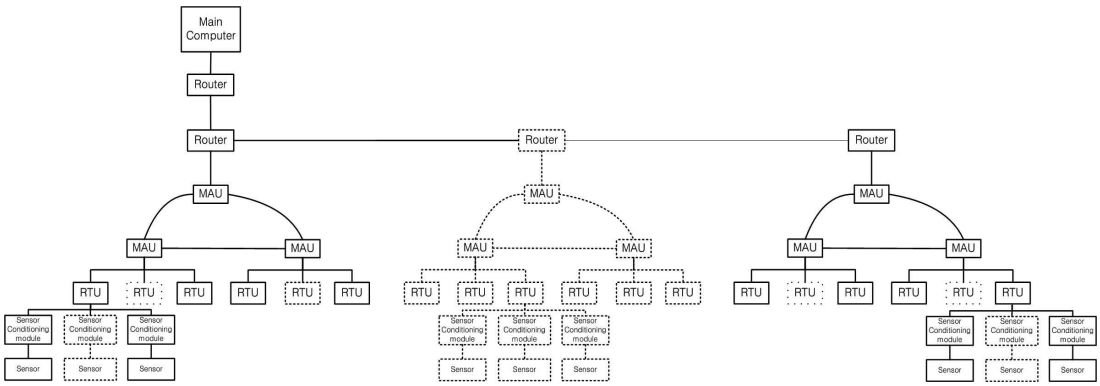
4. 통신장치

4.1 망구성

분기기 관리시스템의 망구성은 중앙제어시스템과 RTU, RTU와 센서 컨디션닝 모듈을 연결하는 것이다. 중앙제어시스템과 RTU은 TCP/IP 기반의 통신을 한다. 망은 내부망을 이용하거나, ISDN을 이용한다. [그림 4.2.5]은 망구성을 나타낸다.

4.2 RTU와 센서 conditioning module

RTU와 센서 conditioning module 간의 통신은 LAN 통신을 하며, 센서 모듈의 수가 작을 경우에는 RS-485 혹은 RS-422 이용하여 통신을 한다.



[그림 4.2.5] 분기기 관리시스템 망구성 방안

제3절 연구개발과제 구성 및 추진전략

1. 비전 및 목표

1.1 비전

차량의 진로를 제어하는 분기기 시스템을 상시 감시하여 분기시스템의 고장을 사전에 예측하여 분기기에서 발생하는 사고를 방지를 하고, 분기기의 열화상태를 예측하여 유지 보수할 수 있도록 하여, 철도시스템의 효율성을 높일 수 있는 분기기 관리 시스템을 개발한다.

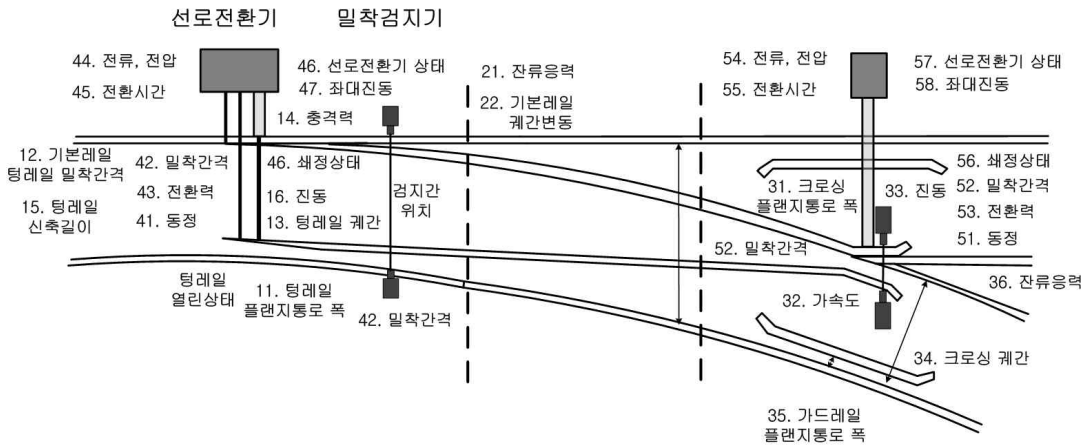
1.2 목표

다음과 같은 기능을 갖는 분기기 관리 시스템을 개발한다.

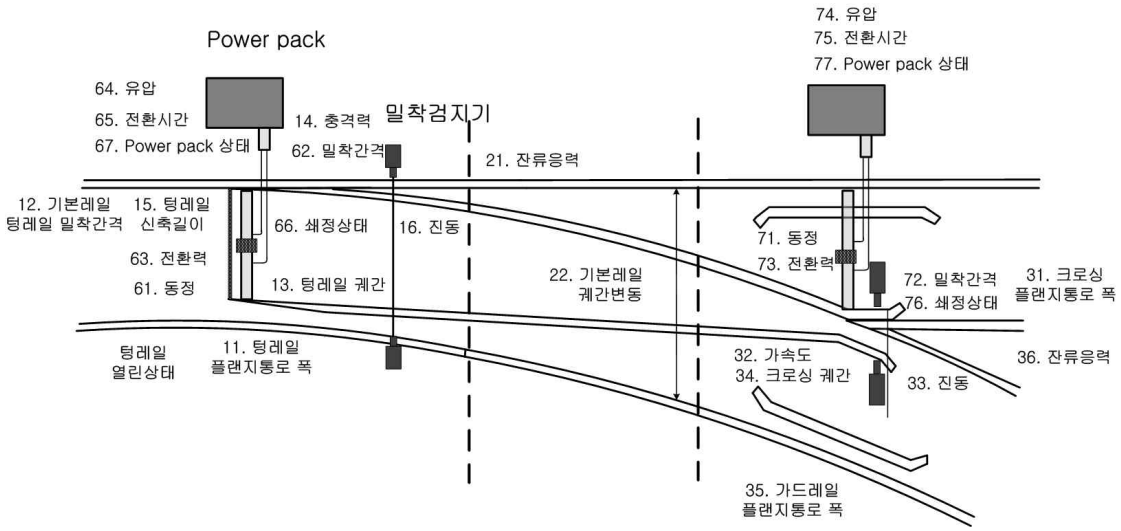
- 텅레일, 기본레일 및 크로싱 상태 검지
- 선로전환기 상태 검지
- 수집된 데이터의 전송, 보관, 분석 및 현시

2. 연구개발과제 구성

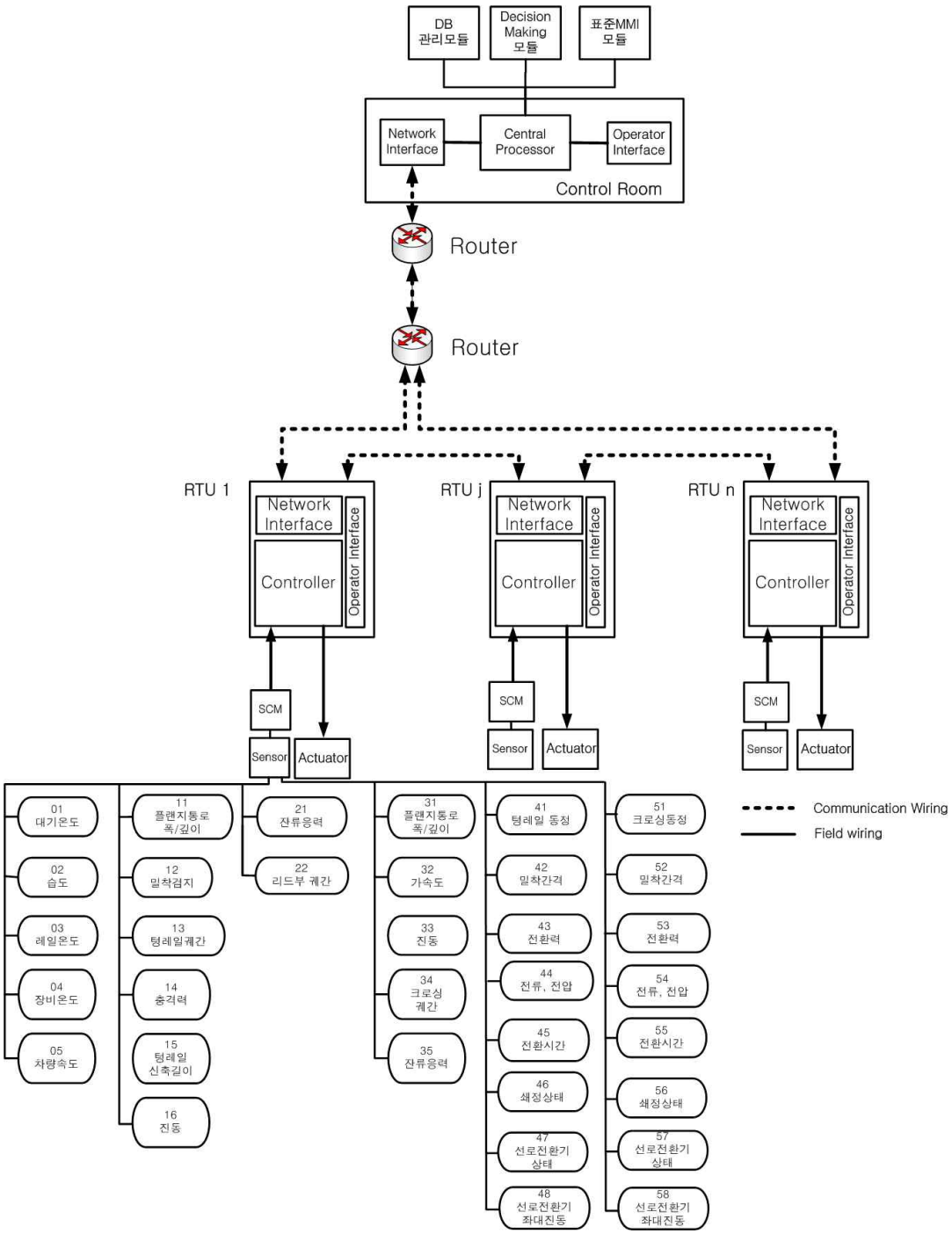
2.1 시스템 구성



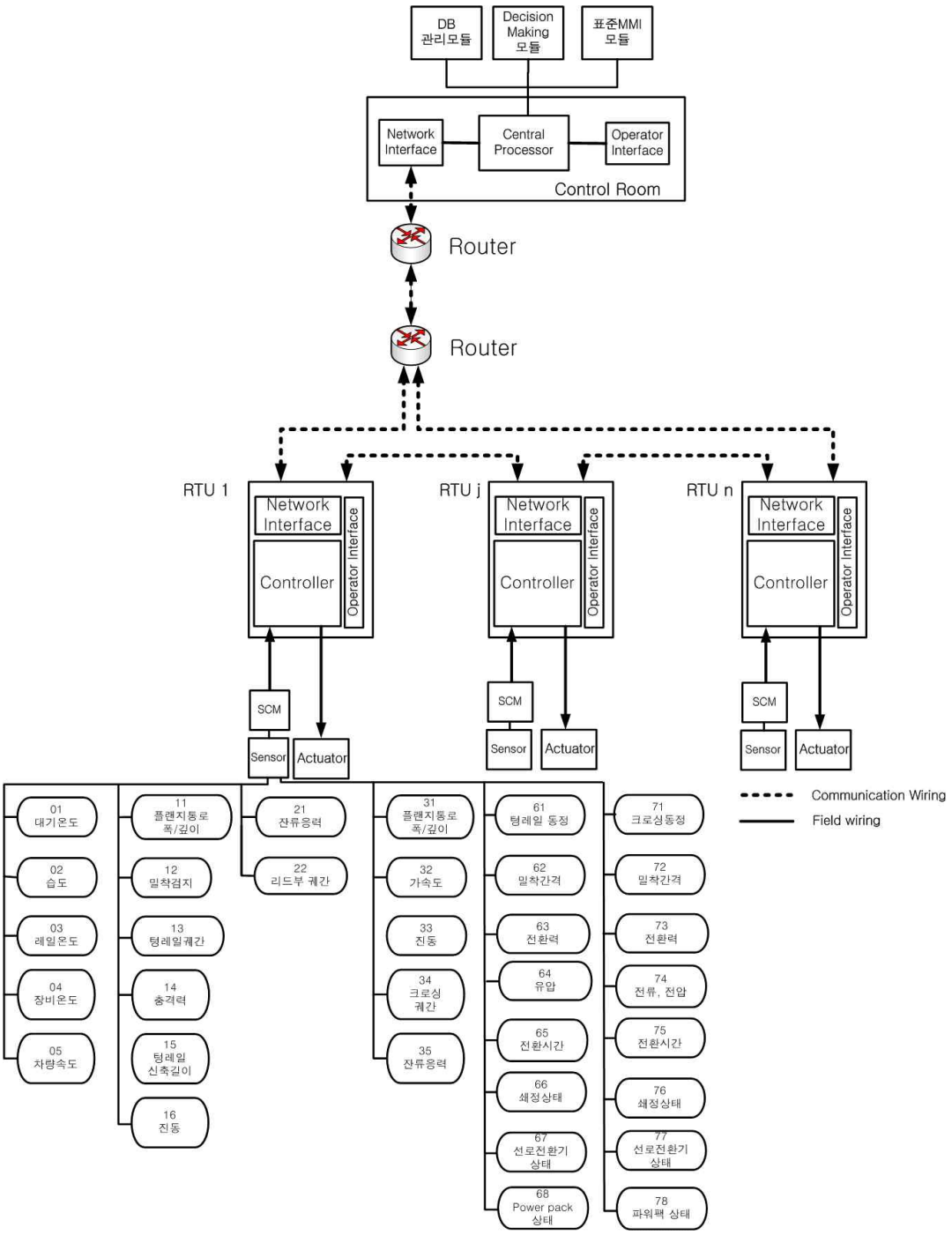
[그림 4.3.1] 전기식 분기시스템 검측항목



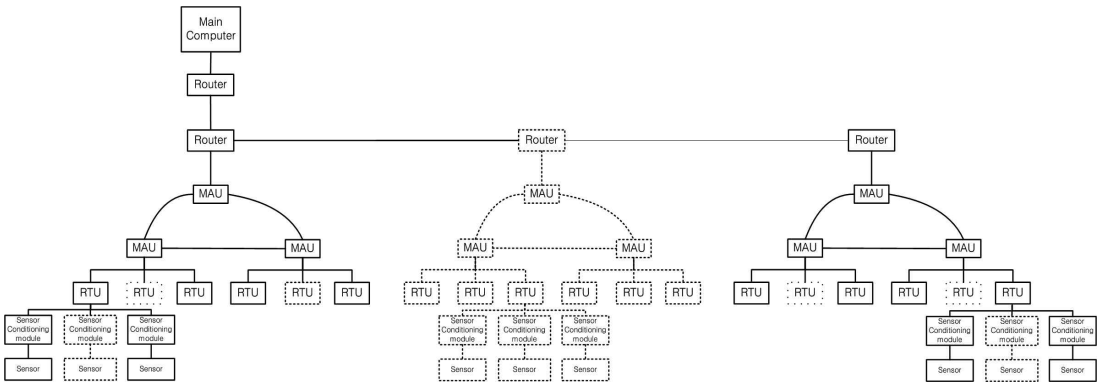
[그림 4.3.2] 유압식 분기시스템 검측항목



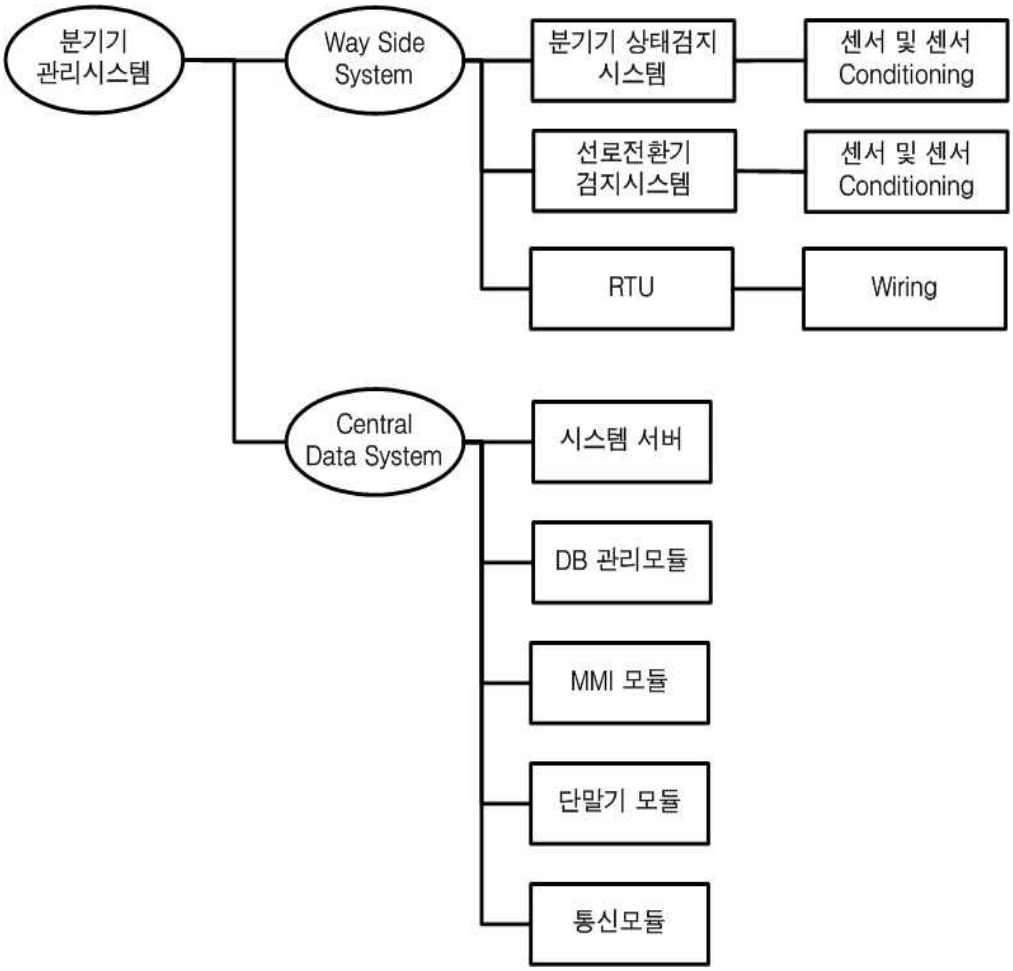
[그림 4.3.3] 전기식 선로전환기 모니터링 시스템(안)



[그림 4.3.4] 유압식 선로전환기 분기기관리 시스템



[그림 4.3.5] 분기기 관리시스템 망구성 방안



[그림 4.3.6] 분기기 시스템 모듈

2.2 시스템 모듈별 기능

[표 4.3.1] 시스템 모듈

대분류	중분류	소분류	세부개발내용
SE	SE	수집Data Decision Making 모듈	-각 물리량의 정상/비정상 판단모듈 -분기기 특성분석 -선로전환기 특성 분석 -분기기/선로전환기 상호작용특성분석
		RAM 및 LCC	-분기기 검지 시스템의 RAM 및 LCC활동 -선로전환기 검지시스템의 RAM 및 LCC 활동 -전자페달의 RAM 및 LCC 활동 -망 RAM 및 LCC 활동 -중앙제어 시스템의 RAM 및 LCC 활동
검측 장치	분기기 검측 시스템	센서 및 SCM	-센서 및 SCM 구입한 후 모듈 구성 -센서 컨디션닝 모듈 입출력의 표준화 -LAN port 및 RS-485
	선로 전환기 검측 시스템	센서 및 SCM	-센서 및 SCM 구입한 후 모듈 구성 -센서 컨디션닝 모듈 입출력의 표준화 -Ethernet port 및 RS-485통신기능
SCADA	현장 장치 망 구성	전자페달검지모듈	-Transducer를 이용한 열차검지
		연동장치 명령획득 모듈	-연동장치 명령획득 장치
		RTU S/W	-분기기 센서 및 선로전환기 SCM에서 데이터 획득
		18GHz무선전송모듈	-현장 RTU에서 역사 Router와 통신
		망 표준화	-Network 연결 -현장장치 -현장 포설용 wire 규격제정
	프로토콜	표준화	-장치별, 센서별 mnemonic 제정 -SCADA protocols 제정
	운용관리 시스템	메인컴퓨터	-일반용 server
		DB관리모듈	-상용 DB package 사용한 모듈개발
		MMI 모듈	-상용 MMI tool을 활용한 모듈개발

3. 시스템 feasibility 분석

시스템을 분석한 결과 기술적인 난제는 없을 것으로 예측되고 있다. 세계적으로 Vossloh의 분기기 검측 시스템, Siemens의 선로전환기 감시 시스템 등이 개발되어 있다. 외국에서도 개발되어 있어 분기기 관리 시스템의 개발은 가능할 것으로 예측된다.

개발을 시행할 경우에 기술적으로 불확실한 것을 피하기 위하여 가능한 월드마켓에서 구입할 수 있는 부품을 최대한 활용하도록 계획을 하였다.

가장 기술적으로 난제로는 분기기 및 선로전환기의 신뢰성 확보와 정확한 판단이 가능하도록 하는 Decision making 모듈으로 예측되고 있다.

센서와 SCM에 대한 RAM활동과 LCC 활동을 통하여 분기기 관리 시스템에 적절한 센서와 SCM을 선정하고, 설치방법을 고려하여 최적으로 방법을 도출할 것이다.

Decision-making 모듈은 정상적인 상태와 비 정상적인 상태를 구분하는 것으로 적절한 판단 알고리즘을 선정 혹은 개발을 하고, 시행착오(trial error)를 거쳐 개발될 것으로 예측하고 있다.

망 구성의 핵심은 world market에서 구입한 제품이 호환성을 갖도록 표준화 작업이 핵심이다. 망 구성은 통신기술이 발달한 우리나라에서 커다란 문제는 없을 것으로 예측되나 표준화 작업은 상당한 연구가 필요하다.

SCADA 시스템의 프로토콜은 IEC 60870, DNP3등 SCADA용이 있으나, 각 장치에 대한 표준화가 필요하다. SCADA와 devices을 제약없이 연결할 수 있도록 하는 표준화에 대한 연구가 필요하다.

전자페달장치는 여러 가지 방법으로 구현할 수 있다. 따라서 개발에 커다란 문제가 없을 것으로 예측된다.

S/W는 우리나라에서 상당한 인프라를 가지고 있어 커다란 어려움 없이 DB관리 S/W를 확보할 것으로 예측된다. S/W 개발에 가장 큰 문제는 작은 예산으로 큰 S/W 개발 할려고 하는 것이 문제점이 될 것이다.

4. 연구개발 인프라 분석

4.1 서론

분기기는 철도시스템의 취약시스템 중의 하나로서 현장 점검 등에 의한 방법으로 집중적으로 관리를 하고 있다. 분기기 관리 방법은 체크리스트를 이용하여 분기기 시스템의 열화를 관리하고 있다.

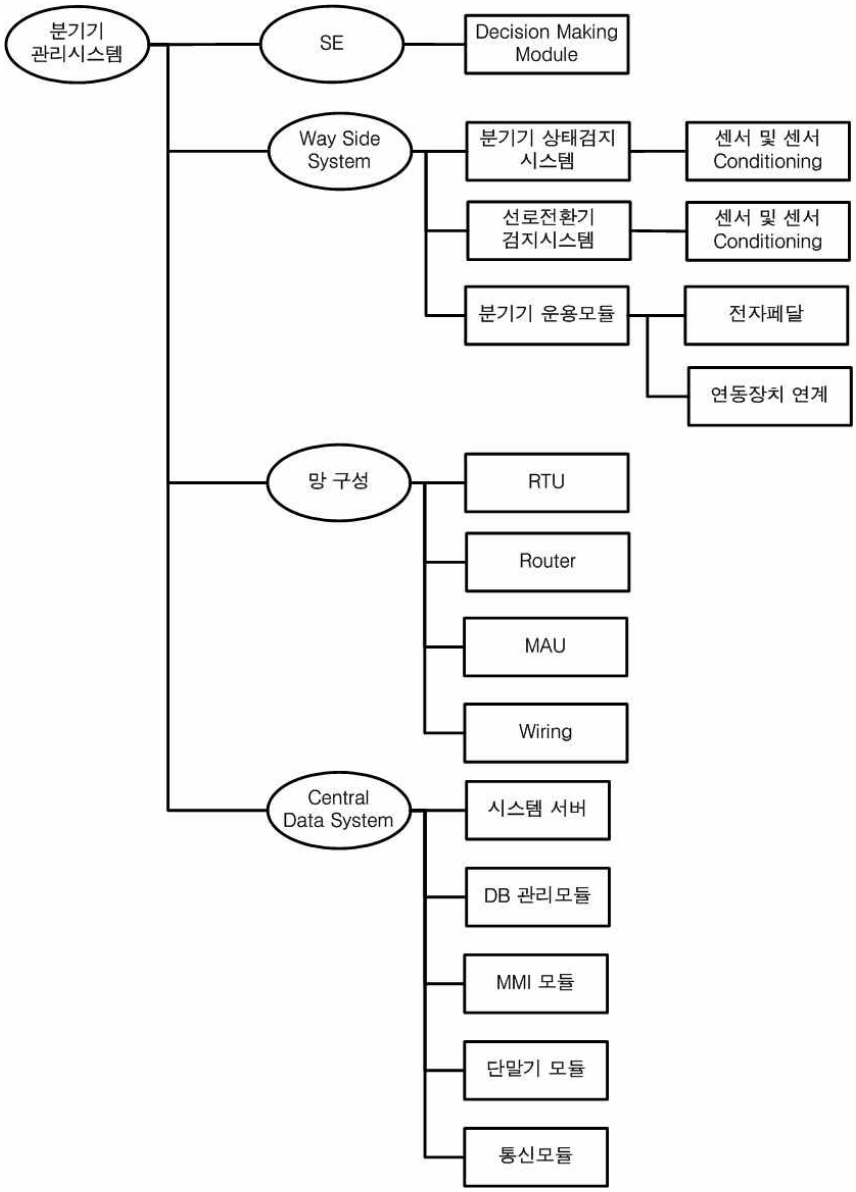
분기기 관리 시스템은 체크리스트를 전산화하고, 검측 시스템을 자동화하여, 분기기 관리기준을 재정립하여 정확한 분기기 관리를 하는 것이다.

4.2 기존 분기기 관리 시스템

기존 분기기 관리 시스템은 선로전환기 동작 상태를 이용하여 분기기 상태를 검지하고 있다. 선로전환기의 동작 상태는 텅레일의 밀착검지, 선로전환기 접점 상태 등을 검지하고 있다. 연동장치에서 밀착검지에서 이상이 발생을 하면은 전환이 실패한 것으로 판단하며, 접점의 상태, 전류 등을 검지한다.

4.3 분기기 관리 시스템

분기기 관리 시스템은 분기기와 선로전환기의 상태를 검지하는 것으로 분기기의 상태와 선로전환기의 상태를 검지하는 것이다. 분기기 검측시스템의 구성은 H/W부분과 S/W시스템으로 나눌 수 있다.



[그림 4.3.7] 분기기 관리시스템 구성

4.3.1 SE

SE는 분기기 시스템의 물리적 특성을 규명하는 것이다. 본 보고서에서 차량 주행과 분기기 시스템 상호 현상을 일부 언급을 하였으며, 다른 고장모드 분석을 통하여 분기기 열화현상을 규명하였다. 정확한 분기기 시스템 상태를 검지하기 위해서는 자세한 동적거동 현상을 분석할 필요가 있다.

(1) 분기기의 동적거동

(2) 선로전환기의 동적거동

(3) 분기기와 선로전환기 상호 상관현상

(4) 분기기와 선로전환기 정상 물리량 값

(5) 분기기와 선로전환기에서 얻어진 물리량 값의 decision making 모듈 개발등이 필요하다.

위에서 언급한 항목은 분기기 및 선로전환기의 설계, 시험 및 운용을 한 경험이 있으므로 정상상태와 비정상 상태를 구분할 수 있고, 분기기와 선로전환기의 상호 관계는 시뮬레이션, 검측을 통하여 규명할 수 있다.

정상/비정상 판단모듈은 정상과 비정상 상태를 비교하거나, 모델링을 통하여 판단할 수 있고, 수집된 데이터를 이용하여 판단모듈을 개발할 수 있다.

4.3.2 선로변 시스템

선로변 시스템은 분기기와 선로전환기 센서를 장착하여, 분기기와 선로전환기의 물리량을 획득하는 것이다. 정확한 물리량을 측정하기 위해서 정확한 센서의 설치위치와 설치방법을 설정하여야 하며, 정확한 값을 얻기 위해서 적정한 입력과 출력을 얻어야 한다. 센서 설치는 센서와 SCM(Sensor Conditioning Module)을 함께 설치하여야 한다. 국내에서 센서와 SCM을 구입할 수 있으며, 센서설치의 전문기관이 있다.

(1) 분기기 검측용 센서

센서를 레일에 직접 설치하여 분기기의 동적거동을 검측하는 것으로, 센서와 SCM을 world market에서 구입하여 설치한다.

(2) 선로전환기 검측용 센서

선로전환기에 센서와 SCM을 설치하는 것과 선로전환기 자체에 제공되는 상태정보, 분기기에서 제공되는 정보를 수집하는 것으로 센서와 SCM을 설치하고, 센서에서 제공되는 정보는 RTU에 직접 연결하거나, SCM을 통하여 RTU에 전송한다. 센

서와 SCM은 world market에서 구입할 수 있다.

4.3.3 망구성

망 구성은 RTU와 SCM, RTU와 중앙 컴퓨터를 연결하는 것이다. 망구성은 RTU, Router, switch 등 구성장비를 world market에서 구입을 하여야 하며, 전송선의 기준을 제정하여야 한다. 각 장치들을 교환이 가능할 수 있도록 하는 표준화 작업이 필요하다.

분기기 관리 시스템의 검측은 에서 차량이 통과를 하거나 혹은 선로전환기가 동작 시 발생한 event의 검측이므로 그 때에만 필요하다. 시스템 운용모듈은 분기기 지역에 차량 진입검지와 진입과 선로전환기 동작을 검지하는 것으로 전자페달과 연동장치와 연결이 필요하다.

전자페달은 world market에서 구입이 가능하고, 선로전환기 동작상태 검지는 RTU의 S/W 모듈을 직접 제작해야 한다.

4.3.4 중앙제어 시스템

중앙제어 시스템은 서버, DB 구현용 상용 S/W, 단말기 등제품 등의 상용제품이 필요하며, DB 구축을 위한 응용 S/W, 서버 및 단말기 용 MMI S/W 제작이 필요하다.

4.4 국내개발능력

[표 4.3.2] 개발 및 구입 모듈 등에 대한 기술평가(선진국대비)

대분류	중분류	소분류	개발 여부	국내기술 개발 가능여부	관련분야 기술수준			관련분야 인프라 수준			
					기술수준	전문인력 보유정도	인프라 구축정도	인력보유 정도	자금지원 정도	연구시설 인프라	기타
SE	사업관리		개발		80%	80%	80%	80%	80%	80%	
	SE	수집 Data Decision Making 모듈	개발	○	70%	90%	80%	70%	80%	80%	
	표준화	프로토콜 표준화	개발	○	50%	50%	60%	60%	60%	70%	
		현장장치 표준화	개발	○	50%	50%	50%	60%	60%	70%	
	RAM/LCC	RAM 및 LCC	개발	○	60%	60%	60%	60%	60%	60%	
검측 장치	분기기 검측시스템	센서	구입		50%	50%	50%	50%	50%	50%	
		SCM	구입		70%	70%	70%	70%	80%	70%	
		센서용 치공구	개발	○	60%	60%	60%	60%	60%	60%	
	선로전환기 검측시스템	센서	구입		50%	50%	50%	50%	50%	50%	
		SCM	구입		60%	60%	60%	70%	70%	70%	
		센서용 치공구	개발	○	60%	60%	60%	60%	60%	60%	

4.4 국내개발능력

[표 4.3.3] 개발 및 구입 모듈

대분류	중분류	소분류	개발여부	국내기술 개발 가능여부	관련 분야 기술수준			관련분야 인프라 수준			
					기술 수준	전문인력 수준	인프라 구축	인력보유 정도	자금지원 수준	시설 인프라	기타 사항
SCADA	현장장치 망 구성	전자페달검지모듈	개발/구입	○	70%	70%	80%	80%	80%	80%	
		연동장치 명령획득 모듈	개발	○	90%	90%	90%	90%	80%	90%	
		RTU	구입		80%	80%	80%	80%	80%	80%	
		RTU SW	개발	○	80%	80%	80%	80%	80%	80%	
		Router	구입		80%	80%	80%	80%	80%	80%	
		MAU	구입		80%	80%	80%	80%	80%	80%	
		18GHz 무선전송장치	개발		80%	80%	80%	80%	80%	80%	
	운용관리 시스템	메인컴퓨터	구입		80%	80%	80%	80%	80%	80%	
		DB관리모듈	개발	○	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
		MMI 모듈	개발	○	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
		통신모듈	구입		90%	90%	90%	90%	90%	90%	
		단말기 모듈	구입		90%	90%	90%	90%	90%	90%	

5. 연구과제별 기존연구와 차별성

(1) SE

분기기 관리운영 시스템의 SE는 분기기 관리 시스템의 고유 특성과 SE의 일반적인 특성을 갖고 있다. SE는 시스템을 최적화하기 위한 작업으로서 기존의 유사 프로젝트의 SE를 적용하는 것이 필요하다. 유럽의 경우에는 분기기 관련 SE활동을 수행하였으나 국내에서는 수행한 실적은 조사되지 않았다. 국내에서는 분기기 시스템의 일부인 선로전환기 진단시스템을 개발하였으나 국내에서 사용하는 특정 제품을 대상으로 하였다.

분기기 운영관리 시스템에서 SE는 분기기와 선로전환기 시스템의 특성을 규명하고, 특성을 검지하기 위한 센서 시스템 구축, 수집데이터의 분석, 시스템 구조제시, 프로토콜 표준화 및 장치표준화 등을 상당한 독창성을 가지고 있다.

분기기 관리운영 시스템의 SE는 분기기 관련 검측시스템 시스템을 구축하는데 표준모델로 사용할 수 있다.

(2) 분기기 검측시스템

분기기의 검측 시스템은 분기기 레일과 선로전환기에 센서를 설치하여 물리량을 검측하는 것이다. 분기기의 환경은 진동, 온도, 습도 등의 환경이 열악하여 센서동작에 영향을 줄 수 있고, 고장이 발생할 확률이 높다.

센서시스템은 민감한 시스템으로서 열악한 환경에서는 측정오차와 고장을 쉽게 일어난다. 분기기와 같이 환경이 열악한 시스템에서 적정한 센서를 설치 운용하는 것은 상당한 know-how를 필요로 한다. 센서 시스템이 설계된 수명대로 동작하도록 하는 설치기술 개발이 필요하다.

분기기 관리운용 시스템의 센서시스템의 수명을 정량화 시키는 것이 필요하다. 센서 시스템이 부정확한 동작을 하게 되면은 분기기 관리운영시스템의 효용성은 급격하게 저감된다. 분기기 센서 시스템의 정량화를 위해서는 센서시스템과 관련하여 RAM 활동을 하는 것이 필요하다.

분기기 센서 시스템 구축은 상용화된 외국제품을 활용하는 정도이며 국내에서는

수행된 적이 없다.

(3) SCADA 시스템

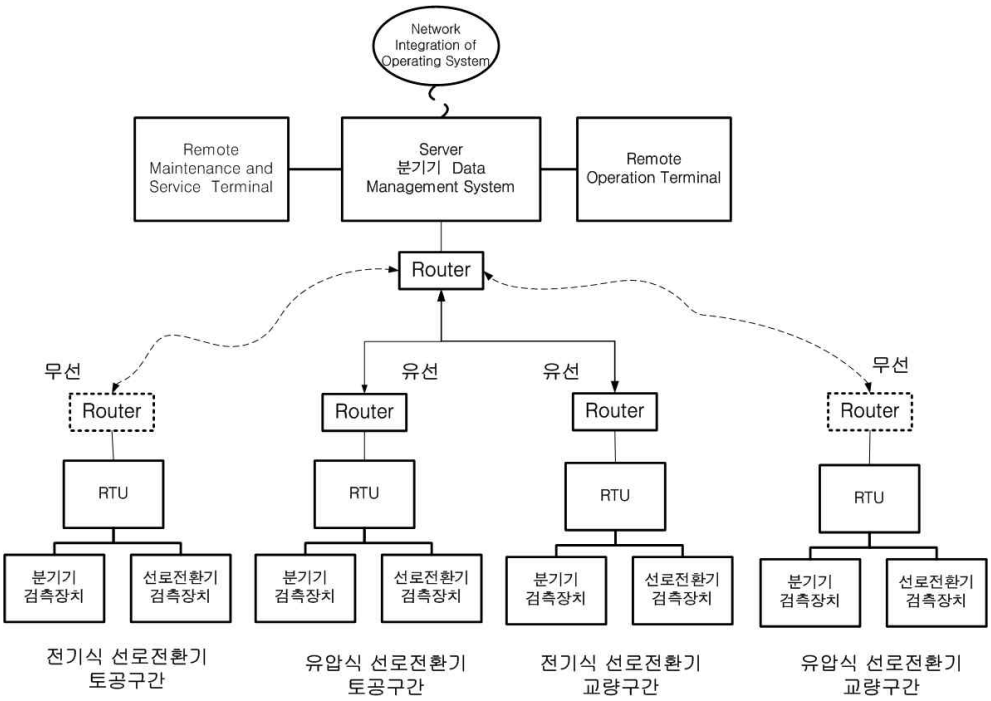
분기기 관련 SCADA 시스템은 기타 SCADA 시스템과 유사하다. 분기기 관리운영 SCADA 시스템은 router와 RTU간의 통신을 무선전송장치의 도입, 각 장치의 표준화를 통한 시스템의 호환성 확보, 분기기 관리운영시스템의 MMI 개발 등이다.

무선전송장치의 도입과 장치 표준화는 향후 발전방향이며, MMI는 새로운 SCADA 시스템을 구축 시에 반드시 추진해야한다.

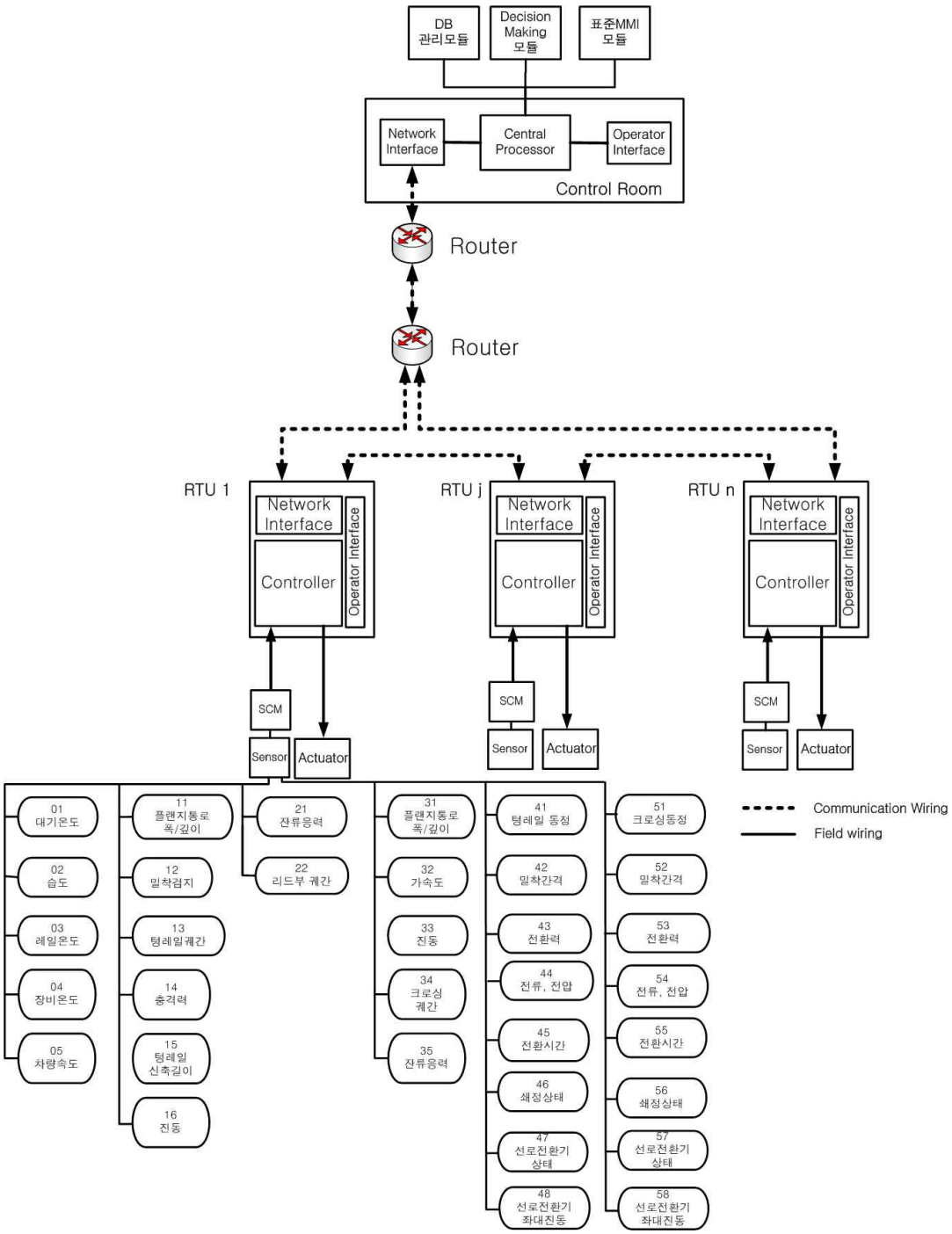
6. 연구개발과제 주요내용

6.1 연구개발목표

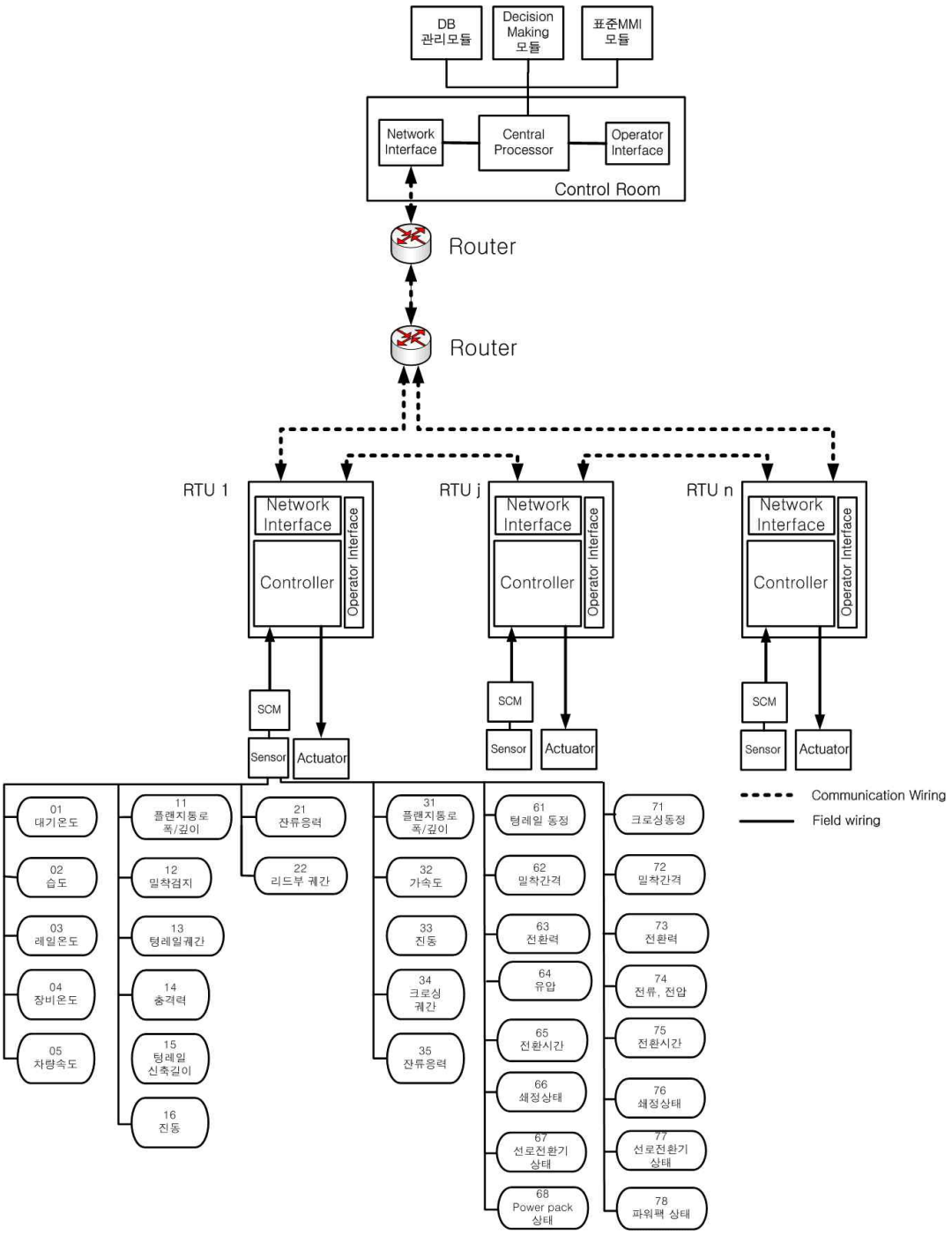
6.1.1 분기기 시스템의 관리 시스템의 개발



[그림 4.3.8] 분기기 관리시스템 개발안



[그림 4.3.9] 전기식 선로전환기 모니터링 시스템(안)



[그림 4.3.10] 유압식 선로전환기 분기기관리 시스템

6.2 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

- 철도의 고속화에 따른 안전성확보와 효율성 증대를 위한 분기기 관리 시스템이 필요함
- 교통 수요의 변화에 따라 무인역이 증가함으로 무인역의 분기기를 원격 감시가 필요함
- 철도의 교통 분담율이 증가함에 따라서 사고발생시 파급영향이 커짐
- 공공재인 철도시스템의 수혜자는 국민이므로 연구개발에 국가지원이 필요함
- 철도에 반드시 필요한 시스템이지만 일반적인 수요는 미미함

6.3 기존연구와의 중복성 및 연계방안

기존에 사용 중인 분기기 관리 시스템은 분기기 시스템에 대해서 밀착검지 등 일부분만 검측을 하고 있어 종합적인 검측이 불가능한 상태에 있다. 따라서 기존 시스템과의 중복성은 거의 없다.

6.4 경제성 분석

6.4.1 경제성 분석 이론

일반적으로 국가의 투자 사업은 그 종류가 매우 다양하기 때문에 한정된 재원을 합리적으로 이들 사업에 투자하기 위해서는 사업별 투자우선순위를 정할 객관적인 기준이 필요하다. 따라서 어떤 기준에 의해 사업별 경제성과 투자효과를 분석하고, 우선순위를 정하여 정부정책을 추진하게 된다. 이러한 관점에서 경제성 분석은 국가 경제적 관점에서 사업의 타당성과 효율성을 평가하여 투자우선순위를 결정하는 객관적이고 합리적인 기준이라 할 수 있다. 필요에 따라서는 경제성 분석에 사용된 각종 추정치의 오차를 보완하기 위해 주요 변수들의 변화가 경제성에 미치는 영향을 검토하는 민감도 분석을 실시하기도 한다.

경제성 분석은 편익과 비용을 동일한 가치로 환산하여 비교한다. 즉, 사업분석기간의 총편익과 총비용을 현재가치화하거나 연평균편익과 연평균비용을 기준으로 한다. 연평균편익과 연평균비용은 사업기간 내에 발생하는 편익과 비용을 기준 년도

의 가치로 환산한 후 모두 더하여 사업기간으로 나누어 산정한 연평균 가격을 의미한다.

(1) 경제성 분석 지표

일반적으로 경제성 분석의 지표로는 사업기간에 따른 할인율이 적용된 총비용과 총편익의 차인 순현재가치(NPV, Net Present Value), 할인된 총편익과 총비용의 비율인 비용편익비(B/C, Benefit/Cost Ratio), 할인된 총비용과 총편익이 같아지는 내부수익율(IRR, Internal Rate of Return) 등이 사용된다. 이 이외에 평균수익률(ARR, Average Rate of Return)이나 반환기간 산정법(PB, Pay Back period) 등이 있다. 그러나 평균수익률은 편익과 비용의 미래 가치를 할인하지 않기 때문에 자금의 시간적 가치를 설명하지 못한다. 또한, 반환기간 산정법은 투자액을 얼마나 빨리 절대가치의 화폐로 회수할 수 있는가를 추정하는 방법이지만 미래의 잠재적 이익을 무시하기 때문에 이 방법 역시 자금의 시간적 가치를 반영하지 못한다.

① 순현재가치

NPV(=B-C)는 대상사업이 정해진 기간 내에 가져다주는 편익과 비용의 차이에 관심을 두는 지표이다. 즉, 투자사업으로부터 장래에 발생할 편익과 비용의 차인 순편익을 현재가치화하여 합산한 것으로서 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$NPV = \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \cdots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} = \sum_{k=1}^{n} \frac{NB_k}{(1+r)^k} \qquad (4.1)$$

여기서, B_k는 k년차에 발생하는 편익, C_k는 k년차에 발생하는 비용, NB_k는 k년차에 발생하는 순편익($= B_k - C_k$), n은 분석기간, r은 할인율이다.

잔존가치를 편익과 별도로 고려하는 경우에는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$NPV = \sum_{k=1}^{n} \left[\frac{NB_k}{(1+r)^k} + \frac{S_n}{(1+r)^n} \right] \qquad (4.2)$$

여기서, S_n은 잔존가치이다.

이 지표는 상대적인 기준이 아니기 때문에 경합되는 사업간의 우선순위를 결정할 때 혼란을 초래할 우려가 있다. 그러나 순편익은 규모가 비슷한 시설물을 서로 비교할 때 편리하다.

또한, 윗 식들에서 알 수 있듯이 현가를 계산하기 위해서는 할인율을 적절하게 결정하여야 한다. 때문에, 시장이자율이 안정되어 사회적 할인율에 대한 신뢰도가 높고, 초기투자비에 대한 조달능력이 충분한 상황에서 유용하게 이용되는 분석기법이다. 일반적으로 순현가가 0보다 작거나 같으면 사업안을 기각하는 것이 원칙이다. 예산에 대한 제약이 없을 경우 가장 높은 순현가를 나타내는 사업이 가장 높은 우선순위를 가진다. 예산이 제약받을 경우라도 예산 내에서 가장 높은 순현가를 보이는 사업이 가장 높이 평가된다.

따라서, 대형 투자자본이 정부와 같은 공익기관에 의해 보증되고, 그 이자율도 사업초기에 확정금리로 정해지는 공공사업의 투자평가에 가장 적합한 방법으로서 선진국에서도 일반적으로 활용될 정도로 신뢰성이 높다.

② 비용편익비

B/C는 NPV와 비슷한 단일계산 분석으로서 정해진 기간 내에 분석대상사업에 투입된 비용대비 편익의 비율에 관심을 두는 지표이다. B/C는 투자사업으로 인하여 발생되는 편익의 연평균 현재가치를 비용의 연평균 현재가치로 나눈 것을 말하며, 이 비율이 클수록 투자효과가 크다. B/C는 투자자본의 효율성을 나타내며, 모든 조건이 동일할 경우 비용편익비가 높은 사업이 선택된다. 식으로는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{B}{C} = \sum_{k=1}^{n} \frac{B_k}{(1+r)^k} \Big/ \sum_{k=1}^{n} \frac{C_k}{(1+r)^k} \qquad (4.3)$$

이 기법은 단순히 편익과 비용의 절대규모에 관심을 두기 때문에 투자규모가 큰 사업이 유리하게 나타나는 NPV의 문제점을 피하고 여러 가지 사업을 객관적인 입장에서 비교할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 즉, 사업에 투자한 자본의 규모를 고려한 상태에서 편익의 크기를 확인할 수 있다. 예를 들어, 두 개의 사업이 NPV가

같은 경우라도 두 사업의 투자규모가 다르다면 규모가 작은 사업이 규모가 큰 사업에 비해 B/C가 크게 산정되기 때문에 두 사업에 대한 투자우선순위를 판단할 수 있다.

따라서, B/C는 초기투자비에 대한 부담이 있는 상태에서 여러 가지 투자대안이 있을 경우 각각에 대한 우선순위를 평가할 때 사용하는 기법으로서 단일한 투자대안에 대한 평가결과는 항상 NPV와 같다. 다만 이 기법은 비용과 편익의 항목선정에 따라 그 값이 변할 수 있기 때문에 사업의 성격이 다른 대안들을 비교할 경우 그 결과가 자의적으로 변화할 수 있다는 문제가 있다. 또한, 실제 비용과 편익의 크기가 표현되지 않기 때문에 B/C 하나만으로는 분석이 충분치 못하다. 사업 규모를 결정할 때 NPV와 B/C는 사업의 규모가 증가되면 어느 정도까지는 증가시킬 수 있으며, 이 경우 NPV가 최대가 되는 곳에서 사업규모를 결정할 수 있다.

③ 내부수익율

IRR(B=C)은 비용편익비가 1이 되는 할인율을 의미하며, 순현가로 평가할 때는 순현가가 0이 되도록 하는 할인율을 말한다. 식으로는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{B_1-C_1}{(1+r)^1}+\frac{B_2-C_2}{(1+r)^2}+\cdots+\frac{B_k-C_k}{(1+r)^k}=\sum_{k=1}^{n}\frac{NB_k}{(1+r)^k}=0 \qquad (4.4)$$

이는 대상 사업이 정해진 기간 내에 가져다주는 수익률과 시장 이자율과의 비교평가를 위해 사용되는 기법이다. 즉, 사업으로 인하여 발생하는 편익의 연평균 현재가치와 비용의 연평균 현재가치가 같아지는 할인율로서 허용최소 수익률을 초과할 경우 사업의 타당성이 있는 것으로 판단한다. 이 방법에서는 할인율이 최소투자수익률과 같을 경우 비용편익비가 1보다 작으면 사업계획을 기각하는 것이 원칙이다.

이 방법은 순현가나 비용편익비를 구하는데 어떤 할인율을 적용해야 할지 불분명하거나 어려운 점이 많을 때 적용한다. 그러나 사업규모에 대한 정보가 반영되지 못하기 때문에 IRR만으로는 투자우선순위를 결정할 수 없다. 예를 들어, 시장이자율이 불안정하여 정해진 기간동안 8%~10% 사이에서 불규칙하게 변한다고 할 때 NPV와 B/C를 계산하기 위해 할인율을 현재의 시장이자율인 9%를 사용했다면 그 결과를 신뢰할 수 없다. 따라서, 이 경우에는 IRR을 계산해서 그 값이 10%이상 나올 경우 사업의 타당성이 있으나 그렇지 않은 경우에는 구체적인 재검토가 필요하

다고 할 수 있다. 따라서, IRR은 NPV나 B/C를 통해 사업의 타당성이 인정되지만 시장이자율이 불안정하여 그 결과를 확신할 수 없는 경우에 사용한다.

이 기법은 경우에 따라 한 개 이상의 값이 도출될 수도 있기 때문에 세 가지 방법 중 가장 신뢰성이 떨어진다. 따라서, 이 기법은 NPV나 B/C를 통해 타당성이 검증된 사업에 대해 보완적으로 평가하는 기법이라 할 수 있다. 분석과정에서 비용과 편익을 할인하는데 사용되는 이자율에 대한 논쟁을 피할 수 있다는 것이 장점이다. 내부수익률은 국제금융기관에서 차관공여를 위한 평가지표로 널리 이용된다.

(2) 지표별 장·단점

일반적인 경제성 평가 방법으로는 비용편익비와 순현가 분석방법이 사용된다. 그러나 실제비용과 편익의 크기를 알 수 없기 때문에 비용편익비 하나만으로는 분석이 충분하지 못하다. 또한, 비용편익비와 순현가는 사업규모가 증가하면 어느 정도 증가될 수 있다. 이러한 경우 사업 규모를 순현가가 최대가 되는 곳에서 사업규모를 결정할 수 있다. 사업의 내부수익율이 사업의 평가에 이용된 수익률보다 작을 경우 사업을 기각한다.

내부수익율은 비용편익비나 순현가를 산정하는데 있어 어떤 할인율을 적용해야 할지 불분명한 경우에 적용한다. 그러나 이 방법은 사업 규모에 대한 정보가 반영되지 않기 때문에 내부수익율만으로 투자우선순위를 평가할 수 없다는 것이 단점이다. 이러한 각 경제성 분석 방법별 특징과 장단점을 정리하면 다음 표와 같다.

[표 4.3.4] 분석 지표별 특징 및 장·단점

구분	특징 및 장점	단점
NPV	- 적용이 용이 - 유사한 규모의 대안 평가시 이용 - 방법별 경제성 분석결과가 다를 경우 NPV를 우선적용	- 사업규모가 클수록 NPV가 크게 나타남 - 자본 투자의 효율성을 모름
B/C	- 적용이 용이 - 유사한 규모의 대안 평가시 이용	- 사업규모의 상대적 비교곤란 - 편익이 늦게 발생되는 사업은 B/C가 작게 나타남
IRR	- 사업의 예상수익율 판단가능 - NPV나 B/C 산정시 할인율이 불분명할 경우 적용	- 사업기간이 짧으면 수익성이 과장됨 - 편익이 늦게 발생되는 사업은 불리한 결과 발생

대부분의 공공사업들은 사회복지를 향상시키기 위해 계획되지만 편익을 계량화하고 평가하기 어려운 경우가 많다. 편익과 비용의 상황에 따른 경제성 분석 지표들의 목표는 다음 표와 같이 요약·정리할 수 있다.

[표 4.3.5] 상황별 경제성 분석 방법

상황 및 목표	순현가	내부할인율	비용편익비
편익고정·비용최소화	최대 편익	최대 내부할인율	최대 비용편익비
비용고정·편익최대화	최소비용	최대 내부할인율	최대 비용편익비
편익 및 비용 가변적	최대(편익-비용)	최대 내부할인율	최대 비용편익비
예산한정·대안의 등급	자본 수지법(Capital Budgeting Method)		

6.4.2 분기기 관리운용 시스템

분기기 관리운영 시스템의 경제성 분석은 B/C 방법을 사용하였다.

$$\frac{B}{C} = \sum_{k=1}^{n} \frac{B_k}{(1+r)^k} \Big/ \sum_{k=1}^{n} \frac{C_k}{(1+r)^k} \qquad (4.5)$$

여기서, B_k는 k년차에 발생하는 편익, C_k는 k년차에 발생하는 비용, r은 할인율이다.

분기기에서 발생되는 편익은 인건비 절감, 유지보수비 절감, 열차지연 및 사고 예방 등을 고려할 수 있으며, 비용은 초기 투자 비용 즉 기획설계비, 시공비용과 운영비 (에너지 사용 비용 + 유지관리비용 + 보수비용 + 교체비용) 등을 고려한다.

[표 4.3.6] 분기기 발생 편익

항목			평균비용(백만원)	
편익	인건비	인건비 절감액	90	
	유지보수	유지보수 절감액		
	열차지연	지연비용		
	분기기 사고	피해액		
비용	초기투자비용	기획설계비	400	
		시공비용		
	운영비	에너지사용비용	20	
		유지관리비용		
		보수비용		
할인율			4.5%	

분기기 편익 추정 계산 :

- 분기기 교체비용 : 133,024 천원/km *3000km = 3990억원
- 20년 사용 시 연간 사용 비용 : 199.5억원

▫ 분기기 진단시스템을 이용하여 1년 연장 시

연장 시	총이익
1년 연장 시	9.5억원
2년 연장 시	11.5 억원
5년 연장 시	40억원
10년 연장 시	66.5억원

▫ 정밀안전진단 : 9,790 천원/km * 3000km = 2937억원

따라서

$$BC = \frac{\sum_{k=1}^{10} \frac{80}{(1.045)^{10}}}{400 + \sum_{k=2}^{10} \frac{30}{(1.045)^{9}}} = \frac{579.5}{580} \simeq 1$$

6.5 연구개발 주요내용

[표 4.3.7] 개발 및 구입 모듈

대분류	중분류	소분류	개발여부	세부개발내용
SE	사업관리	사업관리		-시스템 개발에 대한 일정, 비용 및 성능 관리
	SE	수집 Data Decision Making 모듈	개발	-각 물리량의 정상/비정상 판단모듈 -분기기 특성분석 -선로전환기 특성 분석 -분기기/선로전환기 상호작용특성분석
	표준화	프로토콜 표준화	개발	-장치별, 센서별 mnemonic 제정 -SCADA protocols 제정
		현장장치 표준화	개발	-현장 포설용 wiring 표준화
				-현장 장치 표준화
	RAM/LCC	RAM 및 LCC	개발	-분기기 및 선로전환기 검지 시스템의 RAM 및 LCC활동 -전자페달, 무선전송장치 및 망의 RAM 및 LCC 활동 -중앙제어 시스템의 RAM 및 LCC 활동
검측장치	분기기 검측시스템	센서 및 SCM	개발	-센서 및 SCM 구입한 후 모듈 구성 -센서 컨디션닝 모듈 입출력의 표준화 -LAN port 및 RS-485
	선로전환기 검측시스템	센서 및 SCM	개발	-센서 및 SCM 구입한 후 모듈 구성 -센서 컨디션닝 모듈 입출력의 표준화 -Ethernet port 및 RS-485통신기능
SCADA	현장장치 망 구성	전자페달검지 모듈	구입	- Transducer를 이용한 열차검지
		연동장치 명령획득 모듈	개발	- 연동장치 명령획득 장치
		RTU	구입	- 분기기 센서 및 선로전환기 SCM에서 데이터 획득
		Router	구입	- Network용
		18GHz 무선전송장치	개발	- Router와 RTU간 연결용
		Wiring	개발	- 장치 간 wiring
	운용관리 시스템	메인컴퓨터	구입	-일반용 server
		DB관리모듈	개발	- 상용 DB package 사용한 모듈개발
		MMI 모듈	개발	- 상용 MMI tool을 활용한 모듈개발
		통신모듈	구입	- Network용 통신모듈
		단말기 모듈	구입	- PC

6.6 연구개발과제 TRM

6.6.1 전체 로드맵

① 분기기 시스템을 개발하기 위해서 초기설치, 시험단계 및 확정단계의 3단계로 구성되었다.

② 1단계는 분기기 검측 시스템을 구축하여 데이터를 획득, 저장하는 것으로 1차 년도에 수행되며, 분기기 검측 시스템 기본 시스템을 구축한다.

③ 2단계는 2차년도로서 검측시스템의 신뢰성을 높이는 단계로서 1차 년도에 구축된 시스템을 기반으로 2세트를 설치하여 시스템 신뢰시험을 중심으로 수행한다.

④ 3단계는 3차년도로서 분기기 관리운영시스템의 prototype 제시하는 것을 목표로 한다.

[표 4.3.8] 분기기 관리운영시스템 개발 로드맵

과제별	1차년도	2차년도	3차년도
SE	시스템 기본안 도출	시스템 시험 모델 도출	시스템 prototype 도출
검측시스템	센서모듈 개발 및 시험	센서모듈 개량	센서모듈 prototype 도출
SCADA	SCADA 시스템 구축	SCADA 시스템 개량	SCADA prototype 도출



[그림 4.3.11] 분기기 관리운용 시스템 개발 로드맵

연구과제의 TRM은 [표 4.3.9]의 TRM에서 개발 할 시스템을 중심으로 나타내었다.

[표 4.3.9] 분기기 관리운영 시스템 개발 TRM

구분	구분	1차년도				2차년도				3차년도			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SE	사업관리	비용,일정,성능 지표 도출 및 관리, 시험장소 선정											
				비용, 일정, 성능 지표관리 시험장소 관리									
									성과관리지표에 의한 평가				
	기술총괄	검측시스템 요구사양 도출											
		시스템 identification 및 design 의사결정시스템 모듈 개발											
				분기기 의사결정 모듈개발 분기기 특성 분석 및 설계인자도출 검측시스템 변경 및 사양관리									
									분기기 검측 표준 시스템 도출				
	표준화	장치별 분류 SCADA 프로토콜조사 관련장치 표준조사											
				장치별, 센서별 mnemonic제정 현장장치 표준화									
									프로토콜, 장치 표준 시스템 도출				
	RAM 및 LCC	시스템 기능 및 구조분석 제조 및 유지보수비용 조사											
				Failure rate 산정 및 LCC 산정									
									RAM 및 LCC 값 도출 및 표준 절차도출				
검측 시스템 구축	검측시스템 구축	센서 및 SCM 모듈구성 센서설치 및 데이터 획득											
				센서 치공구 개발									
					데이터 획득 및 교정								
						2차 시스템 개발							
									3차 시스템 설치				
									센서 시스템 표준 도출				
SCADA	현장장치 망구성	시스템 구성 망구성 및 배선포설											
				RTU 운용 S/W 개량 연동장치 인터페이스 개량 무선전송시스템 시험 시스템 검증									
									현장 망구성 표준 시스템 도출				
	운용관리 시스템	1차시스템구성 DB 모듈 개발											
				DB 모듈 개량 MMI 모듈개량 시스템 검증									
									분기기 관리 DB 표준 시스템 도출				

6.7 연차별 성과목표

[표 4.3.10] 연차별 성과목표

구분	연 구 내 용	추 진 일 정												비중 (%)
		1차년도				2차년도				3차년도				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
시범 설치	분기기 관리 운영시스템 1세트 설계 및 제작 - 수집Data Decision making 모듈 - RAM 및 LCC 분석 도출 - 분기기 검측시스템 선정 및 설치 - 선로전환기 검측시스템 선정 및 설치 - 현장장치 및 RTU S/W 설계 및 제작 - SCADA 프로토콜 표준화 제정 - 운영관리 시스템 설계 및 제작													20
시험 단계	분기기 관리 운영 시스템 2세트 시스템 검증 -수집Data Decision making 모듈 검증 - RAM 및 LCC 분석 결과 검증 - 분기기 검측시스템 검증 - 선로전환기 검측시스템 검증 - 현장장치 및 RTU S/W 검증 - SCADA 프로토콜 표준화 검증 - 운영관리 시스템 검증													40
확정 단계	분기기 관리운영 시스템(안) 1세트 도출 -수집Data Decision making 표준모듈 도출 - RAM 및 LCC 표준 결과 도출 - 분기기 검측시스템 표준 도출 - 선로전환기 검측시스템 표준도출 - 현장장치 및 RTU S/W 표준 도출 - SCADA 프로토콜 표준화 도출 - 운영관리 시스템 표준모델 도출													30
보고서 도출	FRACAS, 보고서 및 운용매뉴얼 작성													10

6.8 연차별 성과지표

6.8.1 1차년도 성과지표

[표 4.3.11] 1차년도 성과지표

대분류	중분류	소분류	개발여부	1차년도 주요개발 내용	시제품	시험	특허	논문
SE	사업관리	사업관리		-일정, 비용 및 성능 관리지표 제시 -시험장소 선정				
	SE	수집 Data Decision Making 모듈	개발	-분기기 및 선로전환기 특성분석 -분기기/선로전환기 상호작용특성분석 -분기기 센서시스템 설치장소 도출 -검측시스템 요구사양도출 -Data decision making 모듈				1
	표준화	프로토콜 표준화	개발	-장치별 분류 -SCADA protocols 조사 -관련 protocol 표준조사				1
		현장장치 표준화	개발	-현장 포설용 wiring 조사 -현장 장치 입출력 조사 -관련 장치 표준 조사				1
	RAM/LCC	RAM 및 LCC	개발	-분기기 및 선로전환기 시스템 기능 및 구조분석 -센서 및 SCADA 시스템 기능 및 구조분석				1
검측 장치	분기기 검측시스템	센서 및 SCM	개발	-센서 및 SCM 구입 모듈 구성 -센서설치용 치공구 개발 -센서 모듈 설치 및 데이터 획득	1	1	1	1
	선로 전환기 검측 시스템	센서 및 SCM	개발					

[표 4.3.12] 1차년도 성과지표(계속)

대분류	중분류	소분류	개발여부		시제품	시험	특허	논문
SCADA	현장 장치 망 구성	전자페달검지모듈	구입	- 1세트 선로변 시스템 설치	1	1		
		연동장치 명령 획득 모듈	개발	- 연동장치 인터페이스		1		
		RTU	구입	- 설치, S/W 개발 및 SCM에서 데이터 획득	1	1		
		Router	구입	- Network용	1	1		
		18GHz 무선전송장치	개발	- Router와 RTU간 연결용	1	1		1
		Wiring	개발	- 장치 간 wiring	1	1		1
	운용관리 시스템	메인컴퓨터	구입	- 일반용 server 구입	1	1		
		DB관리모듈	개발	- 상용 DB package 사용한 1차 모듈개발	1	1		1
		MMI 모듈	개발	- 상용 MMI tool을 활용한 모듈개발	1	1		1
		통신모듈	구입	- Network용 통신모듈	1	1		
		단말기 모듈	구입	- PC	1	1		

6.8.2 2차년도 성과지표

[표 4.3.13] 2차년도 성과지표

대분류	중분류	소분류	개발여부	세부개발내용	시제품	시험	특허	논문
SE	사업관리	사업관리		- 일정, 비용 및 성능 지표관리 - 시험장소 관리				
	SE	수집 Data Decision Making 모듈	개발	- 분기기/선로전환기 정상/비정상 판단모듈 개발 - 분기기/선로전환기 상호작용특성분석 및 설계인자 - 센서획득 물리량 관리판단 - 검측시스템 변경 및 사양 관리				1
	표준화	프로토콜 표준화	개발	- 장치별, 센서별 mnemonic 제정 - SCADA protocols 제정				
		현장장치 표준화	개발	- 현장 포설용 wiring 표준화				
				- 현장 장치 표준화				
	RAM/LCC	RAM 및 LCC	개발	- 분기기 및 선로전환기 검지 시스템의 RAM 및 LCC 활동결과도출 - 전자페달, 무선전송장치 및 망의 RAM 및 LCC 활동 결과도출 - 중앙제어 시스템의 RAM 및 LCC 활동 결과 도출				1
검측 장치	분기기 검측시스템	센서 및 SCM	개발	- 센서 설치 치공구 개량 - 2세트 센서 설치 및 데이터 획득 - 센서 고장모드 도출 및 개량	2	2	2	2
	선로 전환기 검측 시스템	센서 및 SCM	개발					

[표 4.3.14] 2차년도 성과지표(계속)

대분류	중분류	소분류	개발여부	세부개발내용	시제품	시험	특허	논문
SCADA	현장 장치 망 구성	전자폐달검지모듈	구입	- 2곳 설치	2	2		1
		연동장치 명령획득 모듈	개발	- 연동장치 명령획득 장치	1			
		RTU	구입	- RTU 운용 S/W 개량	2			
		Router	구입	- Network용	2			
		18GHz 무선전송장치	개발	- Router와 RTU간 연결용	1		1	1
		Wiring	개발	- 장치 간 wiring	2		1	1
	운용관리 시스템	메인컴퓨터	구입	- 일반용 server		1		
		DB관리모듈	개발	- 상용 DB package 사용한 모듈개발		1		
		MMI 모듈	개발	- 상용 MMI tool을 활용한 모듈개발		1		
		통신모듈	구입	- Network용 통신모듈		1		
		단말기 모듈	구입	- PC		1		

6.8.3 3차년도 성과지표

[표 4.3.15] 3차년도 성과지표

대분류	중분류	소분류	개발여부		시제품	시험	특허	논문
SE	사업관리	사업관리		- 일정, 비용 및 성능 관리				
	SE	수집 Data Decision Making 모듈	개발	- 각 물리량의 정상/비정상 판단모듈 완료 - 분기기/선로전환기 설계특성 완료 - 관리운영 시스템 prototype 완료	1	1	1	2
	표준화	프로토콜 표준화	개발	- SCADA protocols 제정				1
		현장장치 표준화	개발	- 현장 포설용 wiring prototype - 현장 장치 표준화				1
	RAM/LCC	RAM 및 LCC	개발	- 분기기 및 선로전환기 검지 시스템 RAM 및 LCC활동 결과서 도출 - RAMS 값 도출 - LCC 산출				1
검측 장치	분기기 검측시스템	센서 및 SCM	개발	- 1세트 센서 및 SCM 설치 - 센서설치 치공구 prototype 도출 - 센서 설치 prototpye 도출	1	1	2	2
	선로 전환기 검측 시스템	센서 및 SCM	개발					

[표 4.3.16] 3차년도 성과지표(계속)

대분류	중분류	소분류	개발여부	세부개발내용	시제품	시험	특허	논문
SCADA	현장 장치 망 구성	전자페달검지모듈	구입	- 1세트 설치 및 prototype 도출	1			
		연동장치 명령획득 모듈	개발	- 연동장치 명령획득 procedure 도출				
		RTU	구입	- 1세트 설치 및 응용 S/W 도출	1			
		Router	구입	- 1세트 설치				
		18GHz 무선전송장치	개발	- 데이터 전송시험				1
		Wiring	개발	- 장치 간 wiring prototype 도출				1
	운용관리 시스템	메인컴퓨터	구입					1
		DB관리모듈	개발	- DB 모듈개발 prototype 도출	1	1		
		MMI 모듈	개발	- MMI 모듈 prototype 도출 - SMS 모듈 prototype 도출	1	1		
		통신모듈	구입					
		단말기 모듈	구입	- 단말기 MMI모듈 prototype 도출	1	1		

6.9 기술수요처 및 실용화 방안

6.9.1. 기술수요처

분기기 관리 시스템은 고속철도, 간선노선 및 무인역 등의 차량 통과 빈도 높은 중요 분기기 부분에 설치를 할 수 있다. 고속철도의 분기기 시스템은 고속주행에 따른 안전 확보를 위해서 분기기 관리 시스템의 설치하여 분기기 상태를 지속적으로 관리가 필요하다.

간선의 경우 차량통과 많은 분기기와 분기기의 동작횟수 많은 곳에 분기기 관리 시스템을 설치할 필요가 증대되고 있으며, 여객 수요가 없는 역들이 급속히 증가하고 있으며, 이런 역들은 관리에 비용이 많이 소요되고 있어, 이런 역에 있는 분기기의 자동 감시가 필요성이 증대되고 있다.

도시철도는 열차의 운행빈도가 높고 분기기 동작이 빈번하기 때문에 분기기 관리의 정확성을 높이기 위해서 지속적으로 분기기 자동 관리 시스템의 설치가 필요하다. 도시철도 시스템의 일부 분기기 시스템은 매 운행 시마다 동작되고 있다.

또한 다른 방안으로 새로운 분기기 시스템을 개발하기 위한 설계변수를 획득하기 위해서 분기기 생산기업에서 활용할 수 있다.

6.8.2. 실용화 방안

개발하는 제품은 거의 상용제품에 근접한 제품으로 바로 상용화가 될 수 있다. 본 연구개발 계획서는 현장에 직접 적용할 수 있도록 작성되었다. 시스템 개발의 성공확률이 매우 높으며, 성공 후에는 바로 실용화를 시킬 수 있다.

시스템을 구성하는 서브시스템을 가능하면 상용화된 제품을 사용함으로서 직접 개발에서 발생할 수 있는 불확실성을 최소화함으로서 상용화를 용이하게 계획하였다.

제5장 연구관리 방안

제1절 연구추진체계 제안

1. 과제별 연차별 목표

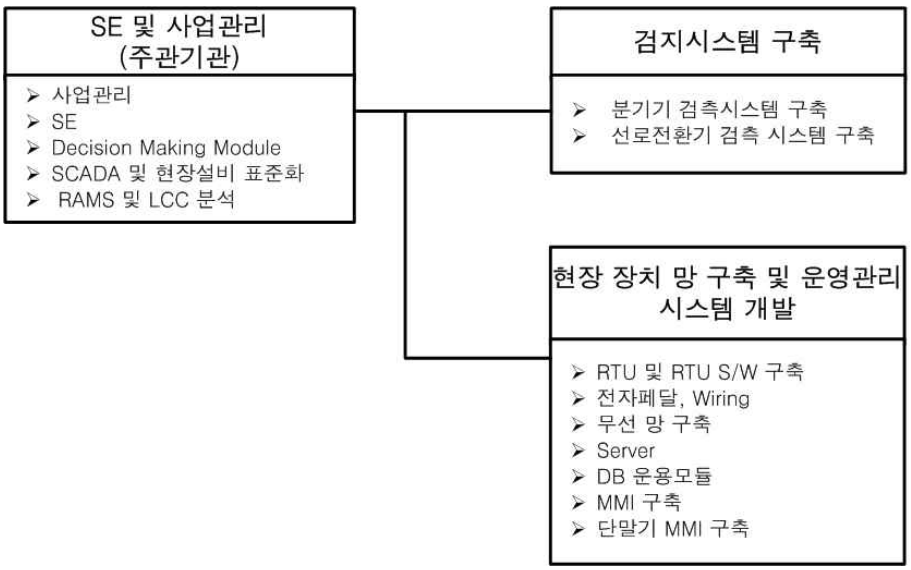
[표 5.1.1] 과제별 연차별 목표

구분	1차년도	2차년도	3차년도	계
SE	-일정, 비용 및 성능관리지표 제시 -검측시스템 요구사양도출 -분기기 특성분석 -Decision making 모듈개발 -센서 설치장소 도출 -시스템 표준화 조사 -RAM 및 LCC 활동용 검측 시스템 기능 및 부품조사	-일정, 비용 및 성능지표관리 -시험장소 관리 -분기기 설계인자 도출 -Decision making 모듈 개발 -검측시스템 변경 및 사양관리 -시스템 표준화 제정 -RAM 및 LCC 결과도출	-일정, 비용 및 성능지표관리 -시험장소 관리 -분기기 설계인자 도출 완료 -Decision making 모듈개발 완료 -검측시스템 사양도출 -시스템 표준화 prototype 완료 -RAM 및 LCC의 성능지표 도출	
검측 시스템	-센서 및 SCM모듈 구성 -센서설치용 치공구 개발 -1세트 센서모듈 설치 및 데이터 획득	-센서 설치 치공구 개량 -2세트 센서모듈 설치 및 데이터 획득 -센서 고장모드 도출 및 개량	-1세트 센서모듈 설치 -센서 설치치공구 prototype 도출 -센서 및 센서설치 prototype 도출	
SCADA	-1세트 현장 망구성 -Server 구축 -DB 응용 S/W 개발 -MMI 모듈 개발	-2세트 현장 망구성 -DB 응용 S/W 개발 및 개량 -MMI 모듈 개발 및 개량	-1세트 현장 망구성 -DB 응용 S/W prototype 완료 -MMI 모듈 prototype 완료	

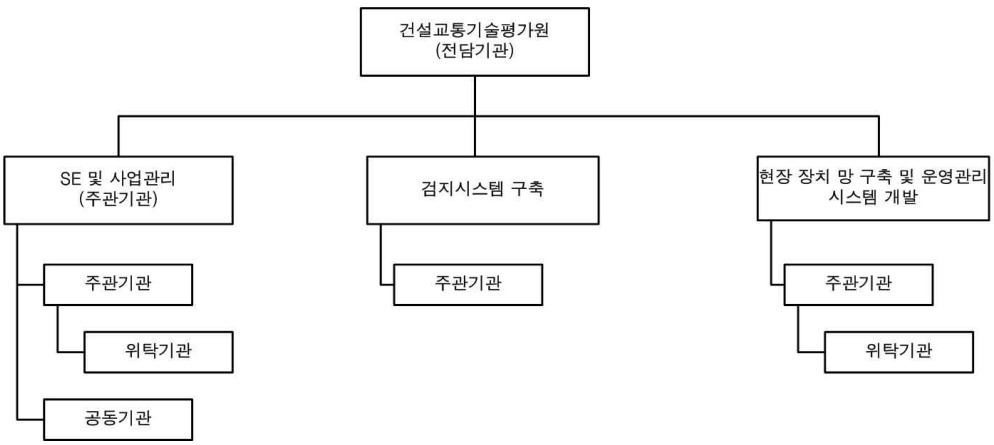
2. 연구추진체계

2.1 연구추진전략

분기기 관리운영 시스템의 과제분류는 SE 및 Decision-making 모듈, 현장장치망 구성, 운영관리 모듈 및 표준화 구축으로 구성되어 있다. 같은 부류의 전문가로 나누고, 전문가 특성에 맞도록 과제를 분류하였다. 구매제품은 시스템에 포함되는 것으로 간주하였다.



[그림 5.1.1] 과제 구성체계



[그림 5.1.2] 과제 추진체계

2.2 기관별 수행역할

2.2.1 주관기관

주관기관은 분기기 관리 운용시스템의 사양서, 개발일정, 시험방법 및 시험의 pass/fail 등을 작성하여 분기기 검측시스템 및 선로전환기 검측시스템, 현장장치 망 구성, 중앙제어장치 및 RAM/LCC 평가에 제공한다. 주관기관은 각 단계별 및 개발

일정에 따라 사업관리와 시스템 엔지니어링을 수행한다.

RAM 및 LCC 활동은 분기기 운영관리 시스템의 운용과 관련된 성능을 구체화하고 최적으로 비용으로 운용하기 위해서 RAM 및 LCC 활동이 필요하다. RAM 및 LCC의 대상은 센서시스템, 망 장치 및 운영관리 시스템 등이다. RAM 및 LCC 활동은 RAM 전문가와 철도연구 전문기관의 참여가 필요하다.

주관기관의 주요활동은 분기기 관리 운용 시스템의 기능정의, 기술적 사양, 운용환경, 시스템 경계, 시스템 인터페이스, 시험방법 및 통과기준 등을 정의하고, 시스템이 완성되었을 경우에 현장시험을 할 수도 있도록 한다.

2.2.2 검측 시스템 구축

분기기 특성 검측과 선로전환기 검측 시스템 구축은 분기기와 선로전환기의 특성변화를 검측하기 위해서 분기기 레일부분과 선로전환기 부분에 센서와 SCM을 설치하는 것이다. 검측 시스템은 운용환경에 충분한 신뢰성을 갖도록 설치 운용될 수 있도록 구축하는 것이 관건이다.

과제추진 방법은 분기기와 선로전환기 전문가와 센서 전문가가 동시에 연구에 참여를 해야하며, 센서설치 전문기관이 수행하는 것이 필요하다.

2.2.3 현장장치 망 구축 및 운영관리 시스템

현장장치 망 구성은 역사 통신실에서 센서 SCM까지 통신으로 연결하는 망을 구성하여야 하며, 열차진입검지와 연동장치 명령 수집을 하여 센서로부터 검측정보를 수집할 수 있도록 하여야 한다. 현장장치가 유지보수가 용이하도록 표준화가 필요하다.

현장장치 망 구축에는 망 구성 전문가, RTU S/W 프로그래머, 전자페달 인터페이스, 무선장치 등과 관련된 전문가가 참여를 해야 하며, 통신업체의 참여가 필요하다.

운영관리 시스템은 서버시스템으로서 수집된 데이터를 수집, 보관, 분류, 분석 등을 수행한다. 운영관리 시스템은 DB운용 모듈, 분석모듈, MMI 모듈 및 scada 시스

템 표준화 등으로 구성된다. 운영관리 시스템 개발에는 Oracle과 같은 상용 소프트웨어를 활용하여 DB 운용모듈을 구축하고, MMI 모듈은 운영자의 요구에 따라 다소 변할 수 있으나 범용 MMI로 개발한다. 분석모듈은 MMI에서 개발된 알고리즘을 이용하여, 정상/비정상 여부를 판단한다.

시스템 표준화는 시스템의 유지보수를 원활하게 하기 위해서 망구성에 사용되는 장치와 프로토콜에 대한 표준화가 필요하다.

운영관리 시스템은 DB 구축 전문가가 필요하며, DB업체의 참여가 필요하다. 표준화 시스템에는 철도 SCADA 시스템의 전문가 필요하며, 철도전문연구기관의 참여가 필요하다.

제2절 소요예산 산정

1. 인력투입계획

[표 5.2.1] 인력투입계획 단위(man-month)

대분류	중분류	연구내용	추진일정			비중 (%)
			1차년도	2차년도	3차년도	
SE	사업관리	일정, 비용 및 성능 관리	특급 : 6 중급 : 6 초급 : 3	특급 : 6 중급 : 6 초급 : 3	특급 : 6 중급 : 6 초급 : 3	
	SE	분기기 기술 총괄				
	표준화	SCADA 프로토콜 표준화	고급 : 3 초급 : 3	고급 : 3 초급 : 3	고급 : 3 초급 : 3	15.4
		현장장치 표준화				
	RAM 및 LCC	RAM 및 LCC 활동	고급 : 3 초급 : 3	고급 : 3 초급 : 3	고급 : 3 초급 : 3	15.4
검지 장치	분기기 검측 시스템	센서 및 SCM	고급 : 18 초급 : 6	고급 : 18 초급 : 6	고급 : 18 초급 : 6	23
	선로 전환기 검측 시스템	센서 및 SCM				
SCADA	현장 장치 망 구성	전자페달검지모듈	고급 : 12 초급 : 12	고급 : 12 초급 : 12	고급 : 12 초급 : 12	15.4
		연동장치 명령획득 모듈				
		RTU S/W				
		현장설치				
		18GHz무선전송장치	고급 : 6 초급 : 6	고급 : 6 초급 : 6		
	운용관리 시스템	메인컴퓨터	고급 : 12 초급 : 12	고급 : 12 초급 : 12	고급 : 12 초급 : 12	15.4
		DB관리모듈				
		MMI 모듈				

2. 과제별 연구비 산출

2.1 시스템 제작비

2.1.1 부품구입비

[표 5.2.2] 하드웨어 구입품(천원)

대분류	중분류	서브 시스템	단가	연차별 구매수량 및 비용			총수량	합계	비중 (%)
				1차 년도	2차 년도	3차 년도			
SE	SE	수집 Data Decision Making 모듈					1	0	15.4
		망 표준화						0	15.4
		SCADA 표준화						0	
		RAM/LCC						0	
검측장치	분기기 검측	센서 및 SCM	-	1	2	1	4식	413,600	23
				103,400	206,800	103,400			
	선로 전환기 검측	센서 및 SCM	-	1	2	1	4식	159,200	
				42,200	79,600	37,400			
SCADA	현장 장치 망 구성	전자페달 검지모듈	80,000	1	2	1	4식	320,000	
				80,000	160,000	80,000			
		연동장치 명령획득 모듈	50,000	1			1식	50,000	
				50,000					
		RTU	60,000	1	2	1	4식	240,000	
				60,000	120,000	60,000			
		RTU S/W					1식	0	
		Wiring							
		18GHz 무선전송 장치					4식	100,000	
		Router	4,000	2	2	1	5	20,000	
				8,000	8,000	4,000			
	운용 관리 시스템	메인컴퓨터	100,000	1	1		2식	200,000	
				100,000	100,000				
		DB관리모듈	100,000	1			1식	100,000	
				100,000					
		MMI 모듈	20,000	1	1		2식	40,000	
				20,000	20,000	284,805			
계				563,610	694,412	344,000		1,642,800	

2.1.2 시스템 제작비

[표 5.2.3] 하드웨어 제작비(천원)

대분류	중분류	서브 시스템	단가	연차별 구매수량 및 비용			총수량	합계	비중 (%)
				1차 년도	2차 년도	3차 년도			
SE	SE	수집 Data Decision Making 모듈					1	0	15.4
		망 표준화						0	15.4
		SCADA 표준화						0	
		RAM/LCC						0	
검측장치	분기기 검측	센서 치공구 개발	100,000	50,000	100,000	50,000	4식	200,000	23
	선로 전환기 검측	센서 치공구 개발	100,000				4식		
SCADA	현장 장치 망 구성	전자폐달검지 모듈	80,000				4식		
		연동장치 명령획득 모듈	50,000				1식		
		RTU	60,000				4식		
		RTU S/W					1식		
		Wiring							
		18GHz 무선전송장치	25,000	2 50,000	2 50,000		4식	100,000	
		Router	4,000				5		
	운용 관리 시스템	메인컴퓨터	100,000				2식		
		DB관리모듈	100,000	1 100,000			1식	100,000	
		MMI 모듈	20,000	1 20,000	1 20,000		2식	40,000	
계				220,000	170,000	50,000		440,000	

2.2 과제별 연구비

2.2.1 총괄예산

[표 5.2.4] 총괄 개발 소요예산(천원)

년차별	정부출연금	민간부담금	총 소요예산
1차년도	1,644,654	570,974	2,215,628
2차년도	1,799,112	570,974	2,370,086
3차년도	1,439,376	513,877	1,953,253
합계	4,883,142	1,655,825	6,538,967

2.2.2 SE 개발

[표 5.2.5] SE 개발 소요예산

년차별	정부출연금	민간부담금	총소요예산
1차년도	400,298		400,298
2차년도	457,796		457,796
3차년도	461,798		461,798
합계	1,319,892		1,319,892

2.2.3 검측시스템 개발

[표 5.2.6] 검측시스템 개발 소요예산

년차별	정부출연금	민간부담금	총소요예산
1차년도	360,334	228,390	588,724
2차년도	589,294	228,390	817,684
3차년도	294,574	228,390	522,964
합계	1,244,203	685,169	1,929,372

2.2.4 SCADA 개발

[표 5.2.7] SCADA 개발 소요예산

년차별	정부출연금	민간부담금	총소요예산
1차년도	884,022	342,585	1,226,606
2차년도	752,022	342,585	1,094,606
3차년도	683,003	285,487	968,491
합계	2,319,046	970,656	3,289,703

2.3 과제별 비목별 소요예산

2.3.1 SE 개발

[표 5.2.8] SE 기술개발 비목별 총 소요예산

비목		정부출연금	민간부담금	계	비율
인건비		369,949		369,949	28.0%
직접비	연구장비개발비	270,000		270,000	20.5%
	연구활동비	223,982		223,982	17.0%
	연구수당	90,987		90,987	6.9%
위탁연구개발비		180,000		180,000	13.6%
간접비		184,974		184,974	14.0%
합계		1,319,892		1,319,892	

○1차년도 비목별 예산

[표 5.2.9] 1차년도 SE 기술개발 비목별 소요예산

비목		정부출연금	민간부담금	계	비율
인건비		113,316		113,316	28.3%
직접비	연구장비개발비	80,000		80,000	20.0%
	연구활동비	67,661		67,661	16.9%
	연구수당	22,663		22,663	5.7%
위탁연구개발비		60,000		60,000	15.0%
간접비		56,658		56,658	14.2%
합계		400,298		400,298	

○2차년도 비목별 예산

[표 5.2.10] 2차년도 SE 기술개발 비목별 소요예산

비목		정부출연금	민간부담금	계	비율
인건비		113,316		113,316	24.8%
직접비	연구장비개발비	110,000		110,000	24.0%
	연구활동비	78,161		78,161	17.1%
	연구수당	39,661		39,661	8.7%
위탁연구개발비		60,000		60,000	13.1%
간접비		56,658		56,658	12.4%
합계		457,796		457,796	

○3차년도 비목별 예산

[표 5.2.11] 3차년도 SE 기술개발 비목별 소요예산

비목		정부출연금	민간부담금	계	비율
인건비		143,316		143,316	31.0%
직접비	연구장비개발비	80,000		80,000	17.3%
	연구활동비	78,161		78,161	16.9%
	연구수당	28,663		28,663	6.2%
위탁연구개발비		60,000		60,000	13.0%
간접비		71,658		71,658	15.5%
합계		461,798		461,798	

2.3.2 검측시스템 개발

[표 5.2.12] 검측 시스템 기술개발 비목별 총 소요예산

비목		정부출연금	민간부담금	계	비율
인건비			685,169	685,169	35.5%
직접비	연구장비개발비	722,800		722,800	37.5%
	연구활동비	281,594		281,594	14.6%
	연구수당	102,775		102,775	5.3%
위탁연구개발비		0		0	0.0%
간접비		137,034		137,034	7.1%
합계		1,244,203	685,169	1,929,372	

○1차년도 비목별 예산

[표 5.2.13] 1차년도 검측시스템 기술개발 비목별 소요예산

비목		정부출연금	민간부담금	계	비율
인건비			228,390	228,390	38.8%
직접비	연구장비개발비	195,600		195,600	33.2%
	연구활동비	84,798		84,798	14.4%
	연구수당	34,258		34,258	5.8%
위탁연구개발비					0.0%
간접비		45,678		45,678	7.8%
합계		360,334	228,390	588,724	

○2차년도 비목별 예산

[표 5.2.14] 2차년도 검측시스템 기술개발 비목별 소요예산

비목		정부출연금	민간부담금	계	비율
인건비			228,390	228,390	27.9%
직접비	연구장비개발비	386,400		386,400	47.3%
	연구활동비	122,958		122,958	15.0%
	연구수당	34,258		34,258	4.2%
위탁연구개발비		0			0.0%
간접비		45,678		45,678	5.6%
합계		589,294	228,390	817,684	

○3차년도 비목별 예산

[표 5.2.15] 3차년도 검측시스템 기술개발 비목별 소요예산

비목		정부출연금	민간부담금	계	비율
인건비			228,390	228,390	43.7%
직접비	연구장비개발비	140,800		140,800	26.9%
	연구활동비	73,838		73,838	14.1%
	연구수당	34,258		34,258	6.6%
위탁연구개발비		0			0.0%
간접비		45,678		45,678	8.7%
합계		294,574	228,390	522,964	1

2.3.3 SCADA 개발

[표 5.2.16] SCADA 기술개발 비목별 총 소요예산

비목		정부출연금	민간부담금	계	비율
인건비			970,656	970,656	29.5%
직접비	연구장비개발비	1,394,805		1,394,805	42.4%
	연구활동비	473,092		473,092	14.4%
	연구수당	145,598		145,598	4.4%
위탁연구개발비		100,000		100,000	3.0%
간접비		205,551		205,551	6.2%
합계		2,319,046	970,656	3,289,703	

○1차년도 비목별 예산

[표 5.2.17] 1차년도 SCADA 기술개발 비목별 소요예산

비목		정부출연금	민간부담금	계	비율
인건비			342,585	342,585	27.9%
직접비	연구장비개발비	538,000		538,000	43.9%
	연구활동비	176,117		176,117	14.4%
	연구수당	51,388		51,388	4.2%
위탁연구개발비		50,000		50,000	4.1%
간접비		68,517		68,517	5.6%
합계		884,022	342,585	1,226,606	

○2차년도 비목별 예산

[표 5.2.18] 2차년도 SCADA 기술개발 비목별 소요예산

비목		정부출연금	민간부담금	계	비율
인건비			342,585	342,585	31.3%
직접비	연구장비개발비	428,000		428,000	39.1%
	연구활동비	154,117		154,117	14.1%
	연구수당	51,388		51,388	4.7%
위탁연구개발비		50,000		50,000	4.6%
간접비		68,517		68,517	6.3%
합계		752,022	342,585	1,094,606	

○3차년도 비목별 예산

[표 5.2.19] 3차년도 SCADA 기술개발 비목별 소요예산

비목		정부출연금	민간부담금	계	비율
인건비			285,487	285,487	29.5%
직접비	연구장비개발비	428,805		428,805	44.3%
	연구활동비	142,858		142,858	14.8%
	연구수당	42,823		42,823	4.4%
위탁연구개발비		0			0.0%
간접비		68,517		68,517	7.1%
합계		683,003	285,487	968,491	

제3절 과제 제안요구서(RFP)

1. 과제의 개요

1. 과제명	분기기 관리 운영 시스템 개발 계획
2. 연구개발 목표	○ 분기기와 선로전환기의 상태를 검측하기 위해 필요한 검측항목을 도출하고, 실시간 검지, 저장 및 분석할 수 있는 분기기 관리 운영 시스템의 개발 ○ 신뢰성 $5\times10^{-5}/h$, 가용성 : 99.98%, 유지보수성 : 2h의 분기기 관리 운영 시스템 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	○ micro electronic 및 통신의 발달로 산업 전 분야에 자동화가 급속하게 진행되고 있으며, 이러한 시스템을 SMART 시스템이라고 하여 교량, 철도, 수자원 등 많은 분야에 응용되고 있고, 철도에도 지능화된 검측 시스템이 고속철도 및 일반철도에 운용이 확대되고 있다.
4. 기존기술 활용방안	○ 가능하면 월드마켓에 있는 시스템을 활용하여, 시스템의 성능을 보장받고, 꼭 필요한 시스템만을 개발하는 전략으로 기술개발을 추진한다. 분기기 시스템의 경우 decision making algorithm, DB 관리 S/W 등만을 개발하고, 센서 및 센서 conditioning 모듈, 망구성, 서버 등은 상용제품을 사용하는 등의 기존기술을 활용한다.
5. 기술개발 필요성	○ 차량의 고속화, 대규모 수송, 주행구간의 확대, 경쟁력확보를 인원감축 으로 검지시스템의 자동화가 가속되고 있다. 대부분의 산업시스템은 SMART화가 진행되고 있다. 따라서 분기기 관리운영 시스템도 SMART 시스템의 일부로 추진해야 한다.

6. 주요연구 개발내용	○ 시스템 개발 총괄 ■사업관리 - 시스템 비용, 기간 및 성능 관리지표 개발 - 시험장소 관리 ■기술총괄 - 시스템 사양서 도출 - 분기기 시스템 특성 도출 - 분기기 상태 판단 의사결정 시스템 개발 - 기존 상용화 시스템 분석 ■표준화 - 단말 장치 인터페이스 및 프로토콜 표준화 ■RAM 및 LCC - 시스템 RAM 및 LCC 값 및 절차 도출 ○ 분기기 검측시스템 구축 - 분기기 특성 검측용 센서 및 센서 condition 모듈의 설치 - 선로전환기 특성 검측용 센서 및 센서 condition 모듈의 설치 ○ SCADA ■현장 망 구성 - 전자페달 구축 및 연동장치 인터페이스 - 센서와 RTU, RTU와 router를 연결하는 망구성 - 전자페달과 연동장치 명령 수신 등 분기기 시스템 가동방안 ■ 중앙제어 장치 개발 - 서버시스템 구축 - DB 관리시스템 제작 - MMI 시스템
7. 정부지원의 타당성	○ 철도의 고속화에 따른 안전성확보를 위한 분기기 관리운영 시스템의 필요성이 증대하고 있음 ○ 철도의 교통 분담율이 증가함에 따라서 사고발생 시 파급영향이 커짐 ○ 공공재인 철도시스템의 수혜자는 국민이므로 연구개발에 국가지원이 필요함 ○ 철도에 반드시 필요한 시스템이지만 일반적인 수요는 미미함

<table>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 월드마켓에서 확보할 수 있는 핵심시스템은 구입
○ 부가가치를 높일 수 있는 시스템은 개발
○ 상용 S/W의 최대한 활용
○ 실험실 및 현장설치 등에 의한 단계별 기술개발전략</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">• 분기기 개발 SE 개발
• 분기기 설계인자규명
• 분기기 검측 의사결정시스템 개발
• 분기기 검측 시스템 표준화
• RAM 및 LCC 값 산정 및 절차개발
• 분기기 상태검측 시스템 개발
• 분기기 관리 운영 통합 시스템 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">• 철도안전 확보에 의한 사고방지 및 운영효율화 기여</td></tr>
<tr><td rowspan="7">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>1,645</td><td>1,780</td><td>1,440</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>571</td><td>571</td><td>514</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>2,216</td><td>2,370</td><td>1,953</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">4,884</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">3년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,656</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">6,539</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">12명</td></tr>
</table>

11. 기대효과 및 파급효과	○ 성능이 우수한 안정적인 시스템 구축으로 차량의 안전확보로 고객의 효율적인 서비스 제공 ○ 국내·외 상용화 개발된 기술보다 성능 및 기능 개선(Black Box추가) 등을 통한 기술 경쟁력 제고 - 자체 High-Tech 시스템 개발을 통한 원천 기술 확보 - 지적재산권(기술 특허권) 확보 - 해외진출 기회 확보

2. 과제별 RFP

○ 주관과제 : 분기기 관리운영 시스템엔지니어링 기술개발

연구과제명	분기기관리운영 시스템엔지니어링 기술개발
1. 연구개발 목표	○ 사업관리 ○ 수집데이터 의사결정(Decision Making) 모듈 개발 ○ 프로토콜 및 장치 인터페이스 표준화 ○ RAM 및 LCC 활동 ○ 신뢰성 $5\times10^{-5}/h$, 가용성 : 99.98%, 유지보수성 : 2h의 분기기 관리운영 시스템 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□연구개발의 필요성	○ 분기기의 결함은 열차탈선, 충돌의 사고를 발생시킬 수 있는 운전상 가장 위험한 설비로서 지속적인 관리가 필요함. ○ SE는 시스템의 기능, 구조 및 성능을 결정하고 시험을 통하여 시스템을 완성하도록 하는 것으로, 시스템 개발에 대한 기술적 총괄하므로 관련된 기술개발이 필요함. ○ 개발되는 시스템의 유지보수 및 성능 개선을 원활하기 위해서, 시스템 인터페이스의 표준화, 프로토콜의 표준화가 필요하며, 시스템의 성능예측과 확보를 위해서 RAM활동이 필요하고, 시스템의 생애주기 비용을 평가하기 위해서 LCC활동이 필요함.
□기술동향	○ micro electronic 및 통신의 발달로 산업 전 분야에 자동화가 급속하게 진행되고 있으며, 자동화를 위한 검측 시스템이 개발되고 있

음.

○ 이러한 시스템을 SMART 시스템이라고 하여 교량, 철도, 수자원 등 많은 분야에 응용되고 있고, 철도에도 지능화된 검측 시스템이 고속철도 및 일반철도에 운용이 확대되고 있음.

○ 분기기 검측 시스템은 독일 Siemens에서는 “Point Diagnostic System SIDIS W”를 개발하여 상용화 하였으며, Vossloh에서는 “SURVAIC NG” 시스템을 개발하여 상용화 하였음.

○ UIC의 궤도분과에서 분기기 검측시스템을 개발하기위한 연구활동을 수행하였음.

○ 한국철도공사에서는 선로전환기의 접점을 이용하여 분기기의 상태를 검지하고 있음

○ 역의 무인화와 원격관리에는 분기기 감시시스템을 적극적으로 활용할 것으로 예측됨.

3. 연구개발내용

○ 1차년도 추진내용

•사업관리

- 일정, 비용 및 성능관리 지표 제시
- 시험장소 선정

•SE

- 검측 시스템 기술 총괄
- 분기기/선로전환기 특성분석
- 센서 시스템 설치위치 도출
- 검측시스템 요구사양도출
- 수집 Decision making 모듈 개발
- 기존 상용화 시스템 분석

•표준화

- 장치별 분류
- SCADA 및 관련 protocol 조사
- 현장 포설용 wiring, 현장장치 입출력 및 관련 장치 표준조사

•RAM 및 LCC 활동

- 분기기 및 선로전환기 시스템 기능 및 구조분석

- 센서 및 SCADA 시스템 기능 및 구조분석
- 분기기 시스템 신뢰성 평가 기술 개발

○ 2차년도 추진내용

•사업관리

- 일정, 비용 및 성능 지표관리
- 시험장소 관리

•SE

- 검측 시스템 기술 총괄
- 분기기/선로전환기 정상/비정상 판단모듈 개발
- 분기기/선로전환기 상호작용 특성 분석 및 설계인자 도출
- 센서획득 물리량 판단
- 검측 시스템 변경 및 사양관리

•표준화

- 장치별, 센서별 mnemonic 제정
- SCADA protocol 제정
- 현장 포설용 wiring, 현장장치 입출력 및 관련 장치 표준화

•RAM 및 LCC 활동

- 분기기 및 선로전환기 검지 시스템의 RAM 및 LCC 활동결과 도출
- 전자페달, 무선전송장치 및 망의 RAM 및 LCC 활동 결과 도출
- 중앙제어 시스템의 RAM 및 LCC 활동결과 도출
- 분기기 시스템 신뢰성 평가 기술 도출

○ 3차년도 추진내용

•사업관리

- 일정, 비용 및 성능관리

•SE

- 각 물리량의 정상/비정상 판단모듈 완료
- 분기기/선로전환 설계특성완료
- 관리운영 시스템 prototype 완료

	•**표준화** - SCADA protocol 표준화 - 현장 포설용 wiring prototype - 현장장치 표준화 •**RAM 및 LCC 활동** - 관리운영 시스템 RAM 특성 값 제시 - 관리운영 시스템 LCC 값 제시 - 분기기 시스템 신뢰성 평가 기술 확정 ○ 최종산출물 - 신뢰성 $5\times10^{-5}/h$, 가용성 : 99.98%, 유지보수성 : 2h의 분기기 관리 운영 시스템 개발
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 사업관리 분야는 시스템 개발의 일정, 비용 및 성능관리를 위한 지표를 개발하여, 지표에 따라 사업관리를 하고, 시스템 장소 설치장소를 확보하기위해 한국철도시설공단, 한국철도공사와 협의 한다. ○ 시스템엔지니어링 분야에서는 기획보고서의 내용을 검토하여 시스템의 기본사양을 결정한다., ○ 분기기/선로전환기의 특성은 기존 시스템을 이용하여 설정하고, 그 값을 이용하여 Data Decision Making 모듈을 설계 개발한다. ○ 표준화는 SCADA 프로토콜을 이용하여 표준화를 수행하며, 장치 표준화는 상용화된 제품을 분석하여 표준화를 수행한다. ○ RAM/LCC는 기능과 서브시스템을 분석하고, 각 기능과 부품의 RAM을 조사하며, LCC는 RAM를 이용하여 생애주기 비용을 산정한다.
□ 추진체계	○ 주관 연구기관 : 철도관련기관/기업/대학/연구원 ○ 협동 연구기관 : 기업/대학/연구원
5. 사업기간 및 소요예산	
	○ 사업기간 : 2012. . ~ 2015. (3년) •1 차년도 : 2012. . ~ 2013. (12개월) •2 차년도 : 2013. . ~ 2014. (12개월) •3 차년도 : 2014. . ~ 2015. . (12개월)

○ 사업예산 :

■ 정부 1,320백만원

- 1차년도 : 401백만원
- 2차년도 : 458백만원
- 3차년도 : 462백만원

※ 정부예산 사정에 따라 조정 될 수 있음.

6. 기 타

○ 상세사항은 분기기 관리운영 시스템 기획보고서를 참조한다.

○ 공동 과제 : 분기기 관리운영 검측시스템 구축

연구과제명	분기기 관리운영 검측시스템 구축
1. 연구개발 목표	
	○ 분기기 기준형상과 동작 상태를 검지할 수 있는 센서 모듈 및 설치방법 개발 ○ 선로전환기의 동작상태를 검지할 수 있는 센서 모듈 및 설치방법 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 분기기의 결함은 열차탈선, 충돌의 사고를 발생시킬 수 있는 운전상 가장 위험한 설비로서 지속적인 관리가 필요함. ○ 센서 시스템은 분기기 시스템의 상태를 검지할 수 방법임. ○ 센서 시스템은 분기기와 선로전환기의 정확한 물리량을 측정하기 위해서는 적정한 센서의 선택과 센서를 설치할 수 있도록 하고, 센서를 보호할 수 있도록 하는 치공구 개발이 필수적임. ○ 센서의 정확한 동작과 고장 시 센서의 교체를 원활하게 하는 것은 분기기 관리운영 시스템의 핵심요소임.
□ 기술동향	○ 센서 시스템은 다양한 형태로 개발되고 있으며, 분기기 검지장치에 필요한 센서는 변위계, load, 가속도 계 등이 필요하며, 수동형과 능동형이 있음. ○ 센서는 Signal Conditionner와 함께 사용되고 있음 ○ 센서는 열악한 상태에서도 동작할 수 있는 센서 시스템이 개발되고 있음. ○ 센서를 설치하기 위한 치공구는 시스템 상태에 따라 달라지기 때문에 치공구 개발은 고유기술임
3. 연구개발내용	
	○ 1차년도 추진내용 **•분기기 검측 시스템** - 센서 및 SCM 구입 모듈 구성

- 센서 설치용 치공구 개발
- 1세트 센서 모듈 설치 및 데이터 획득

•선로전환기 검측 시스템

- 센서 및 SCM 구입 모듈 구성
- 센서 설치용 치공구 개발
- 센서 모듈 설치 및 데이터 획득-
- 선로전환기 제공 데이터 획득

○ 2차년도 추진내용

•분기기 검측 시스템

- 센서설치 치공구 개량
- 2세트 센서 설치 및 데이터 획득
- 센서고장모드 도출 및 개량

•선로전환기 검측 시스템

- 센서설치 치공구 개량
- 2세트 센서 설치 및 데이터 획득
- 센서고장모드 도출 및 개량-

○ 3차년도 추진내용

•분기기 검측시스템

- 1세트 센서 및 SCM 설치
- 센서설치 치공구 prototype 도출
- 센서설치 prototype 도출

•선로전환기 검측 시스템

- 1세트 센서 및 SCM 설치
- 센서설치 치공구 prototype 도출
- 센서설치 prototype 도출

○ **최종산출물**

- 분기기 센서모듈 및 치공구
- 선로전환기 센서 모듈 및 치공구

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 운용환경에 적합한 센서와 Signal Conditioning Module를 여러 종류를 구입하여 사용 한다.

○ 다양한 형태의 치공구를 개발하여 동일조건의 운용모드를 갖는 여러 곳에 설치하여 고장모드들 분석한다.

○ 고장에 가장강한 센서, Signal Conditioning Module을 선정하여 사용한다.

□ 추진체계

○ 사업단 : 운영규정 제4조에 해당하는 기관
○ 주관 연구기관 : 기업/대학/연구원
○ 협동 연구기관 : 기업/대학/연구원

5. 사업기간 및 소요예산

○ 사업기간 : 2012. . ~ 2015. (3년)
•1 차년도 : 2012. . ~ 2013. (12개월)
•2 차년도 : 2013. . ~ 2014. (12개월)
•3 차년도 : 2014. . ~ 2015. . (12개월)

○ 사업예산 :

■ 정부 1,244백만원

- 1차년도 : 360백만원
- 2차년도 : 589백만원
- 3차년도 : 295백만원

■ 민간 685백만원

- 1차년도 : 228백만원
- 2차년도 : 228백만원
- 3차년도 : 228백만원

6. 기 타

○ 1차년도는 1세트, 2차년도 2세트, 3차년도 1세트를 설치하여 시험한다.
○ 상세사항은 분기기 관리운영 시스템 기획보고서를 참조한다.

○ 공동과제 : 현장장치 망 구축 및 운영관리 시스템 개발

연구과제명	분기기 관리운영 시스템 현장장치 망 구축 및 운영관리 시스템 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 분기기 검측 센서시스템에서 획득한 데이터의 저장, 분석 및 현시할 수 있는 SCADA 시스템 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 검측시스템에서 생성된 데이터의 저장, 분석 및 현시를 위하여 SCADA 시스템은 필수적으로 필요한 시스템임. ○ RTU는 센서모듈에서 생성되는 데이터를 실시간으로 수집 저장하는 장치로서 분기기 시스템에 적합하도록 S/W 개발 해야됨 ○ 획득된 데이터를 DB화하여 분석, 현시 활용할 수 있도록 DB응용 S/W와 MMI를 개발 필요성 있음.
□ 기술동향	○ micro electronic 및 전송기술의 발달로 SCADA 시스템의 활용이 증대되고 있음. ○ 전송망은 유선과 무선방식으로 개발되고 있음. ○ RTU와 센서모듈의 경계가 불분명해 지고 있으며 상호 중복된 기능을 가지고 있어, 향후 유지보수를 위해서 표준화를 할 필요가 있음. ○ 시스템간은 네트워화 되어 가고 있어, TCP/IP를 이용한 인터넷 망으로 구성하고 있음.
3. 연구개발내용	
	○ 1차년도 추진내용 **•현장망 장치 구성** - 전자페달검지장치의 분기기에 설치 - 연동장치 인터페이스 - RTU의 SCM에서 데이터 획득 - 무선전송장치 개발 및 데이터 송수신 - 장치 간 wiring **•운용관리 시스템**

- 서버 및 단말기 구입
- 상용 DB package을 이용한 DB 모듈 개발
-MMI 모듈 개발

○ 2차년도 추진내용

•현장망 장치 구성

- 전자페달검지장치의 분기기 2곳 설치
- 연동장치 명령에 따른 시스템 동작
- RTU의 SCM에서 데이터 획득 개량
- 18GHz 무선전송장치 개발 및 데이터 송수신
- 장치 간 wiring 개량

•운용관리 시스템

- 상용 DB package을 이용한 DB 모듈 개량
- MMI 모듈 개량

○ 3차년도 추진내용

•현장망 장치 구성

- 전자페달검지장치의 분기기 1곳 에 설치 및 prototype 도출
- 연동장치 명령획득 procedure 도출
- RTU의 SCM에서 데이터 획득 prototype 도출
- 18GHz 무선전송장치 개발 및 데이터 송수신 prototype 도출
- 장치 간 wiring prototype 도출

•운용관리 시스템

- 상용 DB package을 이용한 DB 모듈 prototype 도출
- 단말기 MMI 모듈 prototype 도출

○ **최종산출물**

- 현장 망 장치 구성
- 분기기 운용관리 시스템 구축

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 최대한 off the shelves 시스템의 활용
○ 개발 S/W의 표준에 의한 문서화로 S/W의 개량을 용이하게 함.
○ 현장장치의 인터페이스 표준화를 통하여 시스템 도입 혹은 변경 시 장벽을 최소화.
○ 표준화된 TCP/IP의한 Network화.

□

추진체계

○ 사업단 : 운영규정 제4조에 해당하는 기관
○ 주관 연구기관 : 기업/대학/연구원
○ 협동 연구기관 : 기업/대학/연구원

5. 사업기간 및 소요예산

○ 사업기간 : 2012. . ~ 2015. (3년)
•1 차년도 : 2012. . ~ 2013. (12개월)
•2 차년도 : 2013. . ~ 2014. (12개월)
•3 차년도 : 2014. . ~ 2015. . (12개월)

○ 사업예산 :

■ 정부2,319백만원
- 1차년도 : 884백만원
- 2차년도 : 752백만원
- 3차년도 : 683백만원

■ 민간 백만원
- 1차년도 : 343백만원
- 2차년도 : 343백만원
- 3차년도 : 285백만원

6. 기 타

○ 상세사항은 분기기 관리운영 시스템 기획보고서를 참조한다.

제4절 평가기준

1. 제안요청과제의 목적과 제안과제의 연구목표의 일치도 : 배점 20점

세부항목	평가내용	배 점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
과제목적의 적합성	○ 연구과제 요청된 과제의 목적에 적합한 과제인가?	20	15	10	5	1

2. 연구목표 달성을 위한 전문성 및 추진체계 : 배점 40점

세부항목	평가내용	배 점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
최종목표	○ 연구개발 최종목표의 적절성(핵심기술도출의 정확성)	10	8	6	4	2
단계별 목표	○ 단계별 및 연차별 목표설정 및 내용의 적절성	10	8	6	4	2
연구추진 전문성	○ 목표달성을 위한 기술 전문성 보유?	10	8	6	4	2
연구추진체계	○ 목표달성을 위한 전체적인 추진체계가 잘 짓 추어져 있는가?	10	8	6	4	2
소 계						

3. 자체설정목표 달성 가능성 : 배점 30점

세부항목	평가내용	평가점수				
		우수	양호	보통	미흡	불량
연구성과	○ 정량적 연구목표는 적절한가?	10	8	6	4	2
결과활용	○ 기대성과 및 활용방안의 적절성은?	10	8	6	4	2
목표달성가능성	○ 자체설정목표의 달성가능성은 높은가?	10	8	6	4	2
소 계						

참고문헌

일반

[1] Hao Bai et al. “A Generic Fault Detection and Diagnosis Approach for Railway Assets”, University of Birmingham UK

[2] Andres Ekberg et al. “Concluding Technical Report Railway Assets UIC”, www.innotrack.eu

[3] Siemens, "Point Dianostic System SIDIS W"

[4] Diego J. Pedregal et al. "RCM Predictive Maintenance of Railway System Based On Unobserved Component Models", Reliability Engineering and System Safety, 2004, 83, pp. 103-110

[5] RAIB, "Derailment At Grayrigg", Department for Transport UK, 2008

선로전환기

[6] Fausto Pedro Garcia Marquez et al. “A Reliability Centered Approach to Remote Condition Monitoring : A Railway Point Case Study”, Reliability Engineering and System Safety, 2003, 80, pp. 33-40

[7] Christina Busisiwe Vilakazi, "Machine Condition Monitoring Using Artificial Intelligence", University of the Witwatersrand

[8] Vossloh, "Manual Utilisteur Systeme SURVAIG NG /SYS MUL"

[9] Subhash Chandra Panja et al. "Reliability Analysis of a 'Point and Point Machine' of the Indian Railway Signaling System", Quality and Reliability Engineering International 2007, 23, pp. 833-848

[10] Rene Quantschnigg, "HYDROSTAR Switch Operating System Main Track Application", Signal +DRAHT, 2004

[11] IEE, "Remote Monitoring of Point Based On Effective Power Dissipation", IEE, 1998

분기기

[12] 한국철도공사, “고속철도선로정비지침”

[13] 삼표ENC, "PC 침목 신축이음매 장치 유지보수관리 지침서", 2005

[14] Autralian Rail Track Corporation LDT, "The Claw Lock Mechanism Installation On Turnouts"

[15] Hideaki YANAGAWA, "Use of Continuous Welded Rail Track With Turnouts", Railway Technology Avalanche, 2006, No.11 Jan. 1

[16] Warwick Allison, "In search of Perfect Points", IRSE, 2010

[17] Australian Goverment Publishing Service, "Railway Track Design - A Review Research Laboratories", 1980

SCADA

[18] David Bailey et al. "Practical SCADA for Industry", Elsevier

[19] Gordon Clarke, "Practical Modern SCADA Protocils : DNP3, 60870.5 and Related System", Elsevier, 2004

[20] IDC Technologies, "Practical Fieldbus, DeviceNet and Ethernet for Industry"

[21] National Communcation System, "Supervisory Control and Data Aquisition System", 2004

[22] Rockwell Automation, "SCADA System-Application Guide"

[전문가 자문의견]

분기기 관리운영시스템 개발 기획과제
1차 자문회의

□ 개 요

○ 일정 : 2011. 09. 19(수) 14:00 ~ 16:00

○ 장소 : 한국건설교통기술평가원 3층 3회의실

○ 대상과제 : 분기기 관리운영시스템 개발 기획연구

○ 참석대상

- 평가원 : 이은호 실장, 박준우 연구원
- 주관기관 : 이종우 연구책임자 외 2명
- 자문위원 : 김만철(철도연), 유원희(철도연), 손기준(삼표ENC)

□ 자문회의 주요내용

○ 궤도의 불확실성을 조사하며 선로전환기의 관계를 명확히 규명할 필요가 있음

○ 외국의 사고 사례를 조사 후 샘플링을 통한 해결 방안 규명

○ 분기기를 실시간 모니터링 함으로써 센서의 역할을 명확히 하며 1차적 경보에 대한 유지보수 및 초동대처로 사고 방지

○ 분기기의 인터페이스상의 문제를 확인하여 디자인 컨셉과 선로전환기의 전환력시험등 기본적인 문제 접근

○ 분기기가 열차 운영에 피해를 줄 수 있는 요인 분석 철저

○ 물리량을 통한 분기기 설치, 선형을 통한 센싱, 밀착검지기 락캉등이 필요

분기기 관리운영시스템 개발 기획과제
2차 자문회의

□ 개 요

○ 일정 : 2011. 10. 18(목) 10:00~12:00

○ 장소 : 한국건설교통기술평가원 3층 3회의실

○ 대상과제 : 분기기 관리운영시스템 개발 기획연구

○ 참석대상

- 평가원 : 이은호 실장, 박준우 연구원
- 주관기관 : 이종우 연구책임자 외 1명
- 자문위원 : 김만철(철도연), 서석철(서울도시철도공사), 이동호(한국철도시설공단), 김남혁(한국철도공사)

□ 자문회의 주요내용

○ 고속분기기의 쇄정설치 검지 필요

○ 인터페이스 로드마스터 유압력 신호궤도등 간섭을 유지보수자를 위한 작업환경조성과 가이드라인을 할 수 있는 모니터링 시스템도입으로 정보전달 체계 구축 필요성 강조

○ 전환력등을 유지보수자가 확인할수 있는 시스템 체제구축을 방안해야 하며, 전환시간에 관하여 시간초과시 에러가 나타나는지를 체크해야함

○ 관제센터 모터에 밀착쇄정을 직렬로 설치하여 문제점 발견후 병렬설치를 해야함

○ 현장에서의 유지보수자가 상황을 분석하여 상황실로의 보고의 간소화와 신속함을 강조

분기기 관리운영시스템 개발 기획과제
3차 자문회의

□ 개 요

○ 일정 : 2011. 11. 15(화) 10:30~12:00

○ 장소 : 한국건설교통기술평가원 3층 3회의실

○ 대상과제 : 분기기 관리운영시스템 개발 기획연구

○ 참석대상

- 평가원 : 이은호 실장, 박준우 연구원
- 주관기관 : 이종우 연구책임자 외 2명
- 자문위원 : 김만철(철도연), 강태구(한국철도공사), 배상환(한국철도시설공단)

□ 자문회의 주요내용

○ 모니터링 파라미터 선정 재검토

- 철도공사, 시설공단에서 관리하고 있는 **중요한 부분의 항목들을 등급별로 나누어 측정대상 인자 재선정 필요**
- 분기기 정밀점검 checklist를 입수하고 주요 인자 중 센서로 **계측가능**하고 **중요한 항목**이 무엇인지 분석/구분하여 인자 선정에 반영

* 중요도를 상, 중, 하와 같이 구분하여 R&D에서는 모두 측정하는 시스템을 개발하여 적용성을 검토하고, 추후 실제 적용시에는 중요 인자에 대한 계측만 적용하는 등 연구 및 실용화 전략 제시 필요

○ 모니터링 시스템 자체의 유지보수 방안을 제시하는 연구를 본과제에 포함

- 모니터링 시스템 자체가 또 하나의 관리포인트가 될 우려가 있고 오히려 유지보수가 더 복잡해질 수 있음
- 이런 점을 고려시, 실제 실용화하여 적용시에는 연구과제에서 충분한 검토를 거쳐 필수 계측 항목만 도출하여 적용하도록 본과제 구성 필요

○ 장비별로 차이가 있으므로, 공용으로 적용가능한 부분을 기획과제에서 도출하고 장비별로 특수한 부분에 대해서는 본과제에서 검토

○ 침목의 진동, 분기기 종변형량 등의 계측 필요성 검토

○ 모든 데이터를 관제로 전달할 수는 없으므로, 관제로 넘겨야 하는 필수 데이터와 현장에서 별도로 다운 받을 데이터를 구분 필요

○ 예측 알고리즘 개발에 대한 부분. 의사결정 부분 등도 본과제 과업범위에 포함(요구사항으로)

○ (담당자 의견)

- 장애-관련 파라미터-계측 방법-현재기준(정상치)-검측 주기를 연계하여 기획과제에서 제시하였으면 함. 단, 계측치의 분석을 통한 판단기준은 본과제에서 개발
- 시제품의 현장적용성 검토를 위한 현장시험 적용 개소, 방법 등 제시 필요(분기기 유형별, 선형별 등으로 구분 제시)
- 본과제 activity별 상세연구내용, 추진일정, 연구비, 산출물 제시
- 본 기획을 통해 도출되는 본과제의 목적은 단순 계측 및 정보전달이 아닌 장애/고장의 원인을 신속히 분석한 정보를 제공하여 조속히 조치하고 장애의 예측/예방임을 명확히 할 것.

[평가결과 및 평가위원 의견사항 보완대비표]

□ 평가결과

과제명	주관연구기관	연구책임자	평가점수	평가결과
분기기 관리운영시스템개발 기획연구	서울과학기술대학교	이종우	70	성공

□ 종합의견

보완요청내용(평가의견)	조치계획 및 보완내역 (실제 보완내용 기재 또는 보완에 상당시일이 요구되는 경우 조치계획(일정포함) 제시)	보완불가사유
◦ 분기기 관리운영시스템에 대한 해외사례조사를 통해 실용화되기 위한 장애 극복과정을 참고할 필요가 있음	-본 기획과제에서 분기기 및 선로전환기 검측항목을 도출 및 시스템을 구축방안을 제시하는 것으로 개발과제에서 고려할 필요가 있음.	기획과제에서보다 본 과제 추진 시 고려하는 것이 필요함
◦ 시스템 운영시 신뢰성 있는 이상 징후 파악을 위해서는 다양한 조건에서의 다량의 데이터 확보가 필요하고, 효율적인 시스템 구축을 위해서는 데이터 확보가 선행되어야 하므로 관련과제를 먼저 수	-RFP에 1차년도에 1세트를 설치하여 정상적으로 동작되는 데이터를 수집하여 기준자료로 활용할 예정이며, RFP에 명시하도록 하겠음	-

보완요청내용(평가의견)	조치계획 및 보완내역 (실제 보완내용 기재 또는 보완에 상당시일이 요구되는 경우 조치계획(일정포함) 제시)	보완불가사유
행하는 방안검토 필요		
◦ 개발된 시스템에 대한 신뢰성을 검증할 수 있는 절차 및 방법을 본 과제에서 제시될 수 있도록 RFP에 반영 필요	-개발된 시스템의 신뢰성 검증방법 제시는 SE 과제에서 추진할 내용으로 RFP에 반영하도록 하겠음	
◦ 개발 절차는 한 세트를 먼저 구축(1차년도)하고, 데이터 확보 및 의사결정 알고리즘을 개발한 후 이를 기반으로 실용화 모델을 개발·설치한 후 안정성·신뢰성 확보를 위한 충분한 시험(기간 등)을 수행하는 것이 필요함	-1차년도에 1세트를 먼저 설치하는 것으로 계획되어 있으며, 2차년도에는 2세트를 설치하여 보완하고, 3차년도에 1세트를 설치하여 최종 개발제품을 확정할 예정임	-RFP에 이미 반영하였음

□ 평가위원별 검토의견

보완요청내용	보완답변 (실제 보완내용 기재 또는 보완에 상당시일이 요구되는 경우 조치계획(일정포함) 제시)	보완 불가사유
○ 1 개의 분기기당 필요한 센서, sensor		-전문가검토를 통

보완요청내용	보완답변 (실제 보완내용 기재 또는 보완에 상당시일이 요구되는 경우 조치계획(일정포함) 제시)	보완 불가사유
conditioning module 의 개수, 구축된 시스템에 성능과 목표에 대한 제시, 등이 미흡하다고 판단됨.		하여 결정하였으며, 구체적으로 검측분야와 미흡한 성능과 목표를 제시하는 것이 필요함
○ 기 개발된 검측파라미터에 대한 신뢰성, 정확성에 대한 확보 방안 제시와 s/w 개발 시 획득된 데이터를 이용하여 결함 진단을 위한 지능적인 Decision 기법에 대한 연구가 향후 필요함.	-본 과제 추진 시에 검측파라메터에 대한 검측을 수행하고, 신뢰성, 정확성을 확보하기 위해 RFP에 반영하도록 하겠음	
○ 향후 본 과제를 수행하게 되는 경우 관련기관 및 운영 사 참여하여 해외 사례의 조사, 경제성 분석 및 비교 등이 필요함.	-과제 수행계획에 운영기관를 참가하도록 RFP에 반영 하겠음	
○ 기존의 제품이 이미 출시되어 있으므로 현황 및 운영 실태를 충분히 조사 분석하고 부족한 부분을 보완하여 완성도를 높이는 절차의 연구진행이 요구됨.	-기존제품을 참조하여 본 과제에서 분기기 관리운영 시스템을 개발하는 것이 필요함	
○ 선행연구 및 사례에 대한 데이터의 결과가 미흡해	-선행연구로 Vossloh와 Siemens의 상용화 제품을	-

보완요청내용	보완답변 (실제 보완내용 기재 또는 보완에 상당시일이 요구되는 경우 조치계획(일정포함) 제시)	보완 불가사유
서 실제 현장에서 적용할 수 있는지에 대한 타당성이 부족함.	조사하였으며, 본 과제 추진 시에 기존 제품을 심도있게 검토하도록 RFP에 반영하도록 하겠음	
○ 센서의 기능 및 성능은 현장 설치 환경과 계절적인 영향을 받을 것으로 사료되나, 이러한 환경에서의 데이터 수집이 적정한지를 판단할 수 있는 근거가 미흡함.	-센서의 운용환경(온도, 진동)조건을 조사하여 센서를 선정하였으며, 센서의 자료를 조사한 결과 운용환경조건에서 운용할 수 있는 조건임 (첨부자료 참조)	
○ 국내외 시장 진입을 위해서는 장기적으로 표준화 또는 국제 표준에 준하는 기준마련을 동시에 진행해야 될 것으로 판단됨.	-과제의 RFP에 반영하였음	
○ 이상 상태를 판단하기 위한 데이터 취득, 마이닝을 통한 분류, 의사결정체계가 좀 더 정리가 필요함.	-이상상태를 판단을 위한 의사결정시스템을 개발은 본 과제 추진 시에 개발하도록 RFP에 반영하도록 하겠음	
○ 모니터링 시스템에서 이상 상태 발생 시 관련기관/자 에게 정보 연계/전달체계 및 사용자의 편의성을 고려한 mobile device(smart phone 등)와 연계되는 체계 표현이 요구됨.	-RFP에 반영하도록 하겠음	
○ 자료 수집이 어려울 수 있으나 해외 경쟁업체의	-현재까지 가능한 자료를 수집하였으며, 향후 본	

보완요청내용	보완답변 (실제 보완내용 기재 또는 보완에 상당시일이 요구되는 경우 조치계획(일정포함) 제시)	보완 불가사유
보유기술에 대한 장단점, 기능 분석에 대한 언급이 없어 아쉬움.	과제 추진 시에 자료수집을 하도록 RFP에 반영하도록 하겠음	
○ 기존 연구의 중첩성 측면에서 분기기 관리시스템이라는 분야에 대해서는 없다고 하였으나, 본 기획연구 내용 중 검측관련 기술은 현재 초고속 고속철도 기반 시설물에 대하서는 모니터링 시스템 개발에 대한 연구가 진행되고 있으므로 이러한 연구와 협력 가능한 RFP 작성을 검토 바람.	-RFP에 반영하도록 하겠음	
○ 이러한 관점에서 검측시스템 구축에 대한 RFP 상에서 센서를 구입하는 것으로 연구 추진 방법을 계획 하였으나, 현재 다른 연구팀 및 기업에서 개발 중에 있으므로 구입 또는 개발로 추진 방법을 변경하는 것에 대해서 검토 바람.	-RFP에 반영하도록 하겠음	-센서를 개발할 경우 주어진 기간에 시스템 개발이 불가능하다고 사료됨
○ RFP에서 실용적인 기획연구를 위해 철도 운영기관 및 기업체 소속의 외부 전문가 참여가 필수 요건 이었고, 본 기획연구에서도 이러한 전	-보고서에 첨부하도록 하겠음(부록1에 첨가)	

보완요청내용	보완답변 (실제 보완내용 기재 또는 보완에 상당시일이 요구되는 경우 조치계획(일정포함) 제시)	보완 불가사유
문가를 활용하였으나, 전문가의 의견이 보고서에 누락되었으므로 향후 연구자들을 위해서라도 첨부 바람.		
○ 해외 선진기술에 대한 지속적인 벤치마킹을 위해 외국기업체 및 연구기관과의 협력추진에 대한 내용이 RFP작성에 포함 되었으면 함.	-RFP에 포함되도록 하겠음	

[작성요령]

1. 평가의견 중 수정·보완이 가능한 의견에 대한 당초 내용 대비 **수정보완 내용을 기입**

2. **보완 내용 분량이 많을 경우** : 필요시 자료를 별첨하고 검토의견 및 조치계획을 간략설명하고 “[별첨1]” 참조 등으로 표시 가능

3. 수정보완 내용은 반드시 보고서 보완본에 반영

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 "분기기 관리운영시스템 개발 기획연구"과제의 최종보고서로 제출합니다.

2011 . 12 .

주관연구기관명 : 서울과학기술대학교
산학협력단

연구단장 : 이종우

연 구 원 : 김성대
" : 김두겸
" : 박동민
" : 장광우
" : 김성운
" : 강범석
" : 이재혁

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 미래철도기술개발사업 「분기기 관리운영시스템 개발 기획연구」의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 미래철도기술개발사업 「분기기 관리운영시스템 개발 기획연구」의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.