

# 경전철 타이어 상태기반 유지보수 시스템 개발

<2023 철도차량 기술세미나>

2023.05.31

# CONTENTS

I 연구 개요

II 연구 내용

III 결론



# I. 연구 개요



# 연구개요

## ☑ 대상 시스템: 경전철 타이어(고무 차륜)

- ◆ 열차 차륜이 철제가 아닌 타이어인 경우로 경전철에 주로 사용됨

## ☑ 경전철 타이어 특징

- ◆ 철제 차륜에 비해 전용 노선과 전기모터 구동으로 진동이나 노면 요철의 영향이 적음
- ◆ 철제 차륜에 비해 커브나 제동 거리, 특히 소음에 더 유리함
- ◆ 등판력이 우수해 일반철도에서는 넘어가기 힘든 경사로를 수월하게 넘어 갈 수 있음
- ◆ 철제 차륜에 비해 건설 비용이 저렴함
- ◆ 철제 차륜에 비해 비나 눈에 취약함

부산 도시철도 4호선



인천국제공항 셔틀트레인



의정부 경전철



# 연구개요

## ☑ 연구배경

- ◆ 부산 도시철도 4호선의 경우 무인 운전으로 운행 중 타이어 손상 인지가 어려워 2차 사고 발생 가능성이 높음
- ◆ 타이어 점검 시 작업자의 판단에 의존하고 있어 타이어 상태 및 교체 기준 일관성 결여
- ◆ 마모한도 이상 사용한 타이어 증가로 파손 및 안전 운전 위험성 증가
- ◆ 유지보수 시간 증가로 가용성 하락 및 정시 운행 계획 차질 우려

### 타이어 과사용 사례



### 타이어 손상 사례



## ☑ 연구목표

- ◆ 안전도 향상 및 운행지연 예방을 위한 경전철용 타이어 상태진단 기반 유지보수 플랫폼 개발

# 연구개요

## ☑ 경전철용 타이어 상태진단 기반 유지보수 플랫폼 목적

### ✔ 목적 1. 차량 가용성 확보

타이어 육안점검 업무를 생략함으로써 차량의 가용성 확보

### ✔ 목적 2. 정시성 향상 및 운행 중 장애 발생 빈도 감소

타이어의 점검/교체 정비를 동시에 수행하는 차량 편성수를 일정하게 유지  
점검 및 교체 판단 기준의 일관성 확보 및 인적 오류(Human error)로 인한 판단 실수 예방

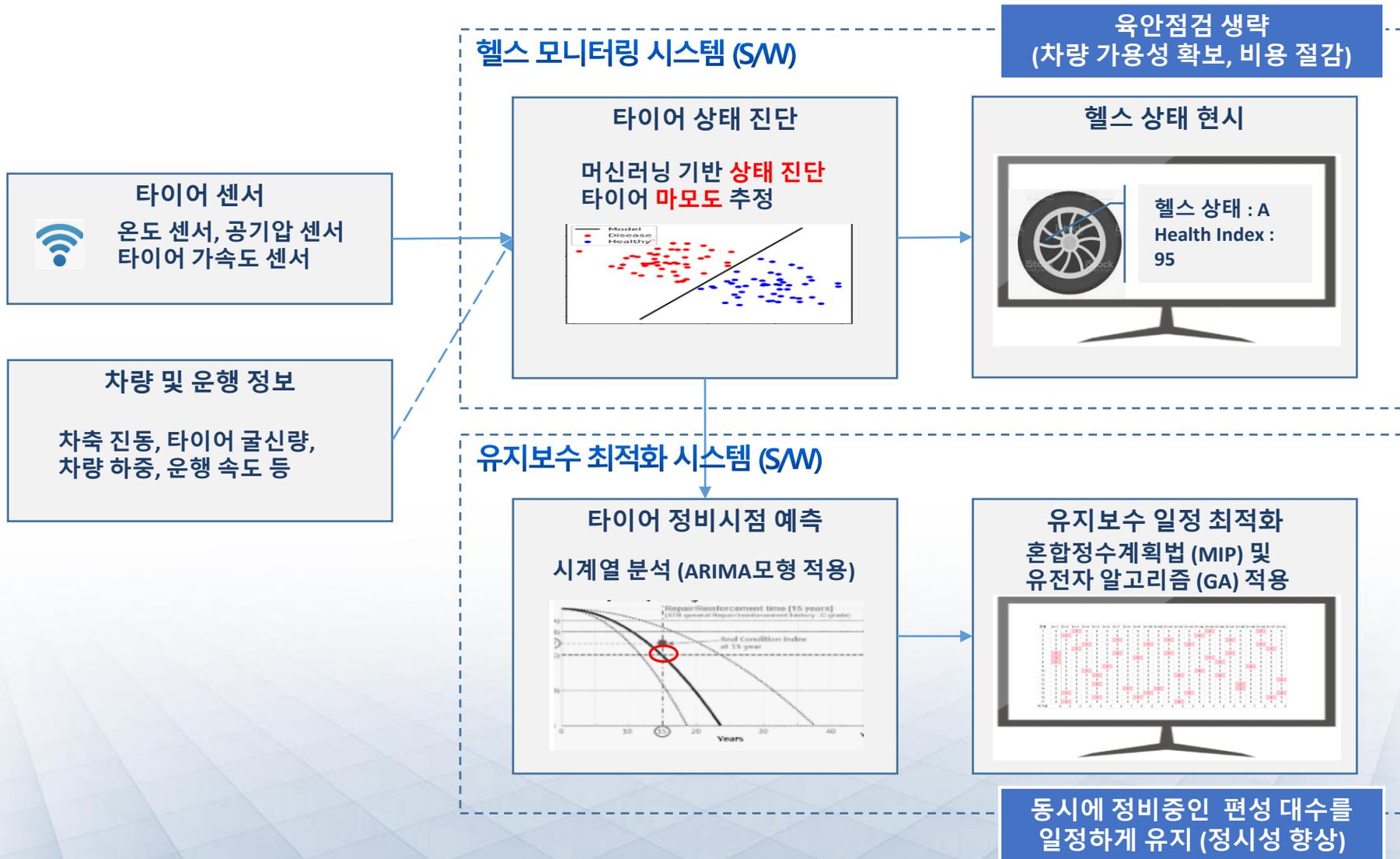
### ✔ 목적 3. 유지보수 비용 절감

타이어 육안점검 및 마모도 측정 시간 단축으로 인한 인건비 절감 효과  
타이어를 더 오래 사용할 수 있으므로 타이어 구매 비용 절감 효과

# 연구개요

## ☑ 경전철용 타이어 상태진단 기반 유지보수 플랫폼 개요

- ▶ 플랫폼은 헬스모니터링 및 유지보수 최적화 시스템으로 구성됨



# II.

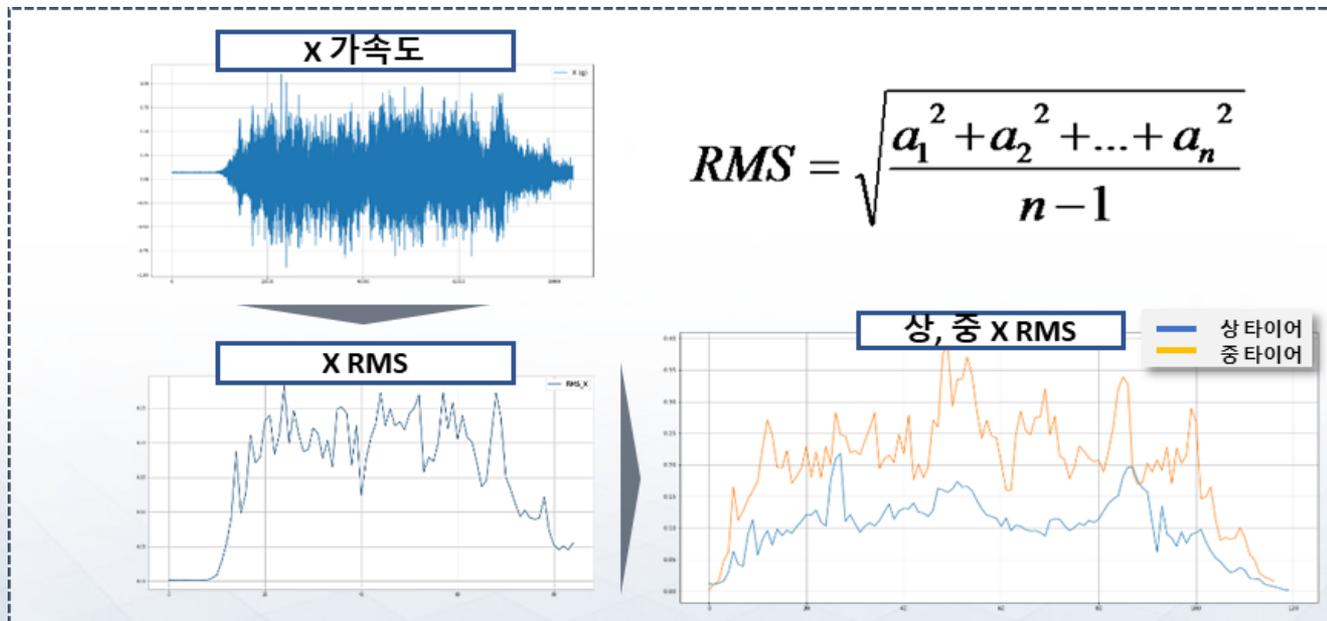
# 연구 내용



# 상태진단 알고리즘 개발

## ✓ 계측데이터 전처리 (가속도)

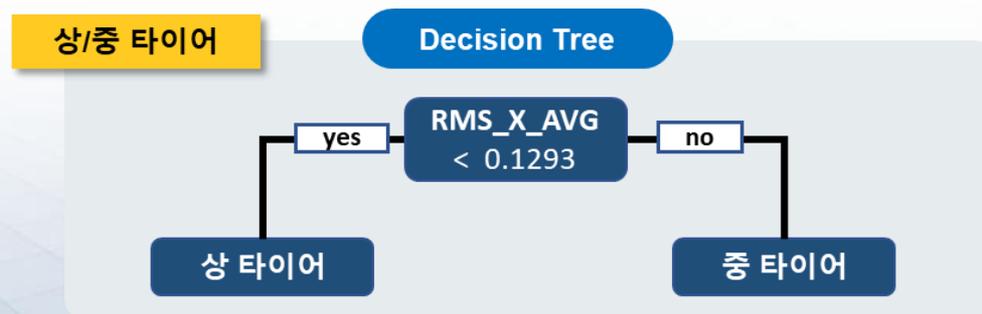
- ▶ 타이어 상태를 상/중/하 로 구분하여 각 타이어의 축에 가속도 센서를 통해 계측된 가속도를 활용하여 타이어 상태진단에 활용함
- ▶ 축 가속도 인자 X, Y, Z를 1초당 평균제곱근(RMS, Root Mean Square) 값인 RMS\_X, RMS\_Y, RMS\_Z로 변환함
- ▶ RMS는 시간에 대한 변화량을 고려할 수 있고, 에너지양과 직접 관련된 진폭을 표시할 수 있으므로 가속도 변수보다 RMS 변수가 진동의 크기를 표현하기에 적합함
- ▶ 따라서, 가속도를 RMS로 변환하였고 타이어의 상태가 좋을수록 RMS 값이 작게 나타나고, 타이어의 상태가 좋지 않을수록 RMS 값이 크게 나타남



# 상태진단 알고리즘 개발

## ☑ '상/중' 타이어 상태 분류 모델

- ◆ 의사결정나무, 로지스틱 회귀분석, Support Vector Machine(SVM), 인공신경망으로 분류 모델을 수립한 결과, 모든 모델에서 정확도 100%가 나타났으며 그 중 해석이 쉬운 **의사결정나무 모델**을 타이어의 상태 분류 모델로 선정함
  - 의사결정나무 모델: 의사결정 규칙을 나무 구조로 나타내어 전체 데이터를 몇 개의 소집단으로 분류하며, 독립성, 정규성, 등분산성 등의 통계적 가정이 불필요한 비모수적 모델임
- ◆ 분류 결과, X축 RMS 평균값을 기준으로 '상/중' 타이어를 구분할 수 있으며 이 변수 하나만으로 상태진단이 가능함
- ◆ X축 RMS 평균값이 0.1293보다 작은 경우 '상' 타이어로 구분하고, 0.1293보다 크거나 같은 경우 '중' 타이어로 구분할 수 있음
- ◆ '상/중/하' 모두 X축 RMS 값이 존재하였지만, '중/하' 타이어는 해당 변수로 구분이 되지 않아 새로운 방법을 추가로 모색함



# 상태진단 알고리즘 개발

## ☑ 중/하' 타이어 상태 분류 모델

- ◆ 로지스틱 회귀분석, 인공신경망, SVM, 의사결정나무로 분류 모델을 수립한 결과, 평균 정확도가 가장 높은 **로지스틱 회귀분석 모델**을 타이어의 상태 분류 모델로 선정함
- ◆ 로지스틱 회귀분석 모델은 변수 관계를 선형으로 가정하고 데이터로부터 이를 가장 잘 표현할 수 있는 회귀계수를 추정함
- ◆ 독립변수의 선형결합을 이용하여 사건의 발생 가능성을 예측하는데 사용되는 통계 기법이고, 분류 모델일 뿐만 아니라 확률값을 얻을 수 있으므로 보다 정확함
- ◆ 단순 선형 회귀분석보다 정확도가 높고 계산이 편리하므로 로지스틱 회귀분석 모델이 널리 사용됨

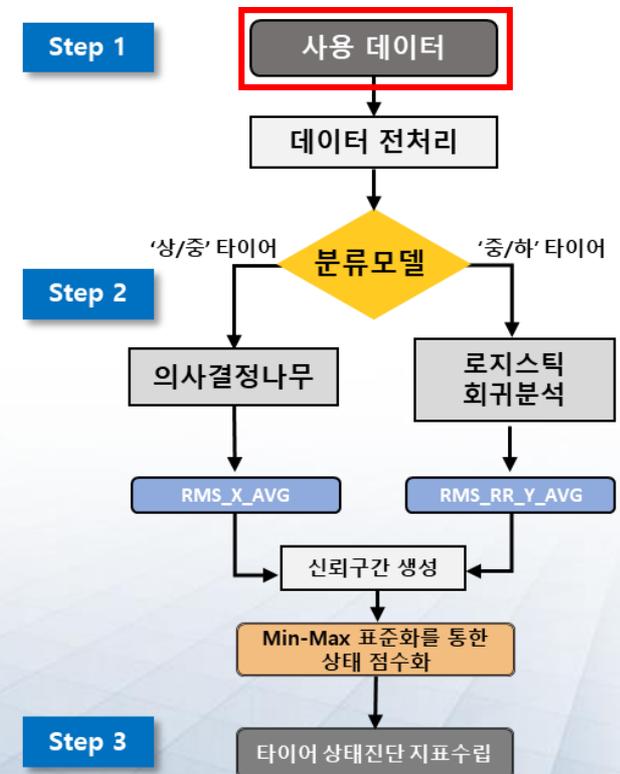
$$F(x) = -22.1524 - 70.2429x_1 + 643.0027x_2 + 17.5105x_3 + 36.8049x_4 - 28.5898x_5 + 32.5435x_6 - 15.5599x_7 - 673.8698x_8 + 5.4858x_9$$

변수	변수명
-	상수
$x_1$	RMS_LR_X_AVG
$x_2$	RMS_LR_Y_AVG
$x_3$	RMS_LR_Y_VAR
$x_4$	RMS_LR_Z_AVG
$x_5$	RMS_LR_Z_VAR
$x_6$	RMS_RR_X_AVG
$x_7$	RMS_RR_X_VAR
$x_8$	RMS_RR_Y_AVG
$x_9$	Section

# 상태진단 알고리즘 개발

## ☑ 상태진단 지표 수립

- ◆ 확보된 데이터를 바탕으로 주요 인자를 도출함
  - 데이터 전처리를 통해 가속도 인자를 1초당 RMS로 변환하여 구간별 RMS 평균 및 분산으로 산출함
  - 의사결정나무와 로지스틱 회귀분석 등의 분류 모델을 통해 주요 인자를 추출함
- ◆ 주요 인자를 기반으로 타이어의 상태를 표기할 수 있는 상태점수를 정의하였고, 상태를 진단할 수 있는 지표를 수립함
- ◆ 주요 인자인 X축 RMS 평균값과 RR 타이어의 Y축 RMS 평균값을 100점 척도로 변환하는 일련의 과정을 거침
- ◆ 현존하는 원본 데이터 중 '상/중' 타이어는 타이어별 센서가 부재하여 X축 RMS 평균값만을 가지고 있고, '중/하' 데이터는 타이어별 센서가 있어 RR 타이어의 Y축 RMS 평균값을 가지고 있으므로 상태점수를 100~50점, 50~0점으로 각각 구분하여 성립함



# 상태진단 알고리즘 개발

## ☑ 상태 점수 수립

- ◆ Min-Max 표준화 적용하여 0~100점 척도로 변경함

$$x' = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

- ◆ 타이어의 상태를 진단하는 상태점수는 타이어의 상태가 좋을수록 높은 점수가 측정되도록 만들기 위해 도출된 Min-Max 표준화 값에 100을 곱하고, 100에서 해당 값을 빼는 과정을 거쳐야 함

$$a = 100 - 100 \times x'$$

- ◆ (상/중) 상태점수 100~50점 사이의 값으로 설정함

$$S = 100 - \frac{100 - a}{2}$$

- ◆ (중/하) 상태점수 50~0점의 도출 과정

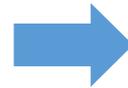
$$S = 50 - \frac{100 - a}{2}$$

# 유지보수 일정 최적화 알고리즘 개발

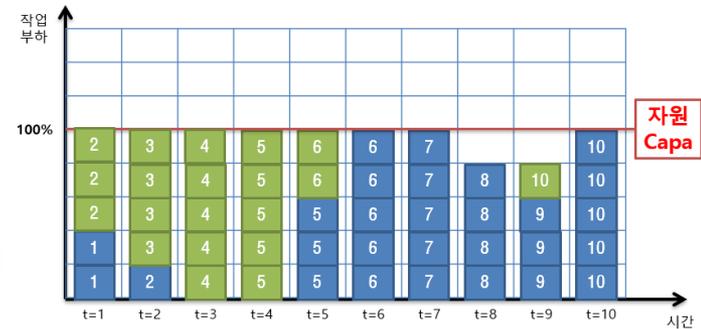
## ☑ 유지보수 일정계획 수립 필요성

- ▶ 상태진단 알고리즘을 통한 배전선로 케이블의 이상 알람 발생은 비계획적으로 발생
- ▶ 알람 발생 시 마다 유지보수를 수행할 경우 유지보수 자원 (인력, 장비 등)의 비효율 발생  
→ 제약된 자원 하에서 상태진단 결과 기반의 유지보수 일정 계획 수립 필요

도입 전



도입 후



- 자원낭비와 자원능력 제약에 따른 작업지연 또는 시스템 에러 발생
  - 시간에 따른 요구작업의 변동이 심할 경우 비효율이 훨씬 심각해짐

- 작업지연에 따른 시스템 에러 방지 및 자원 활용률 최대화
  - 상황발생전 미리 조치계획 수립
  - 긴급 작업 시 빠른시간 내 일정조정 가능

# 유지보수 일정 최적화 알고리즘 개발

## 수학적 모형 개발



- 각각의 현장에 적합한 수학적 모형 개발 필요
- 의사결정변수, 목적함수, 제약식에 대한 기술적 정의
- 일정계획 최적해 기술 개발에서 핵심 역량은 수학적 모델링 기술

- 인덱스

$i$  철도 배전선로 개소에 대한 인덱스,  $i=1, 2, \dots, I$

$t$  기간에 대한 인덱스,  $t=1, 2, \dots, T$

- 입력 파라미터

$NS_{it}$  아무런 조치가 없는 경우 기간  $t$ 에서 개소 배전선로에 대한 추정 상태점수

$S_{min}$  사용 불가능한 상태점수(threshold)

$S_{top}$  조치 후 추가적인 조치가 필요없는 최고의 상태점수

$L_{max}$  동일기간에 유지보수 가능한 최대 조치작업수

- 의사결정변수

$X_{it}$  기간  $t$ 에서 개소 배전선로에 대한 조치 유무(교체 1, 아니면 0)

$S_{it}$  기간  $t$ 에서 개소 배전선로에 대한 조치 유무에 따른 추정 상태점수

$R_{it}$  기간  $t$ 에서 개소 배전선로에 대한 조치 직전 잔여 상태점수

$$\text{Min} \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T R_{it}$$

subject to

$$S_{it} \geq S_{min} \quad \text{for } i=1,2,\dots,I, t=1,2,\dots,T$$

$$\sum_{t=1}^T X_{it} \leq 1 \quad \text{for } i=1,2,\dots,I$$

$$S_{it} = S_{top} \sum_{t=1}^t X_{it} + NS_{it} (1 - \sum_{t=1}^t X_{it}) \quad \text{for } i=1,2,\dots,I, t=1,2,\dots,T$$

$$R_{it} = NS_{it} X_{it} \quad \text{for } i=1,2,\dots,I, t=1,2,\dots,T$$

$$\sum_{i=1}^I X_{it} \leq L_{max} \quad \text{for } t=1,2,\dots,T$$

$\forall X_{it} \in \{0, 1\}, \forall S_{it}, R_{it}$  are real numbers

<유지보수 일정계획 최적화를 위한 위한 혼합정수계획모형 예시>

# 유지보수 일정 최적화 알고리즘 개발

## 프로토타입 모형 개발



- 알고리즘 구현 등에 앞서 수학적 모형의 적절성을 평가
- 파이썬 등으로 알고리즘 구현 시 개발결과 검증 용이
- 엑셀을 활용한 프로토타입 모형 개발

Threshold	20	97																																
순번	개소	상태	고장주	대상	순서	조치주	차이	D+1	D+2	D+3	D+4	D+5	D+6	D+7	D+8	D+9	D+10	D+40	D+41	D+42	D+43	D+44	D+45	D+46	D+47	D+48	D+49	D+50	D+51	D+52				
1	101	68	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
2	102	85	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
3	103	47	43	1	1	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
4	104	35	28	1	2	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
5	105	51	47	1	3	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0				
6	106	36	29	1	4	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
7	107	86	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
8	108	81	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
9	109	54	50	1	5	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0				
10	110	87	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
190	290	30	20	1	94	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
191	291	39	33	1	95	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
192	292	56	52	1	96	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1				
193	293	94	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
194	294	78	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
195	295	64	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
196	296	67	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
197	297	73	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
198	298	63	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
199	299	73	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
200	300	52	48	1	97	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
							조치계	2	4	0	0	3	0	4	0	0	0	0	0	2	1	5	4	1	2	5	6	3	3	1	6			
							<=>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
순번	D+1	D+2	D+3	D+4	D+5	D+6	D+7	D+8	D+9	D+10	D+40	D+41	D+42	D+43	D+44	D+45	D+46	D+47	D+48	D+49	D+50	D+51	D+52											
1	113	32			34		47					69	184	1	73	97	63	3	26	55	7	187	60											
2	128	46			146		71					88		27	120		147	95	65	57	38		89											
3		131			152		81							44	130			105	107	153	112		91											
4		134					183							175	148			136	117				94											
5														179				163	144				186											
6																			198				190											

<개발된 혼합정수계획 모형이 적용된 엑셀 프로토타입 모형 예시>

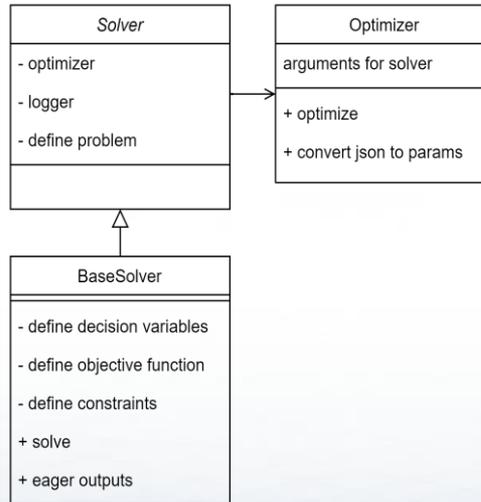
# 유지보수 일정 최적화 알고리즘 개발

## 수학적 모형에 따른 최적화 알고리즘 구현



- 파이썬 PuLP(Python using Linear Programming)를 이용한 배전선로 유지보수 일정계획 최적화 모델링 시스템 개발
- 개발된 혼합정수계획모형을 MPS(Mathematical Programming System) 포맷으로 모델링을 생성하기 위해 파이썬 코드로 구현함

### 개발된 프로토타입 모형을 토대로 파이썬과 PuLP를 이용해 구현한 자동화 MPS 모델링 개발



```

class SolverIP:
    def __init__(self, opt) -> None:
        self.opt = opt
        self.logger = logging.getLogger()
        self.logger.setLevel(logging.INFO)

        x_it = [(i, t) for i in range(1, self.opt.num_dist+1) for t in range(1, self.opt.num_times+1)]
        s_it = [(i, t) for i in range(1, self.opt.num_dist+1) for t in range(1, self.opt.num_times+1)]
        r_it = [(i, t) for i in range(1, self.opt.num_dist+1) for t in range(1, self.opt.num_times+1)]

        x_it = pl.LpVariable.dicts('X', x_it, cat='Binary')
        s_it = pl.LpVariable.dicts('S', s_it, lowBound=0, cat='Continuous')
        r_it = pl.LpVariable.dicts('R', r_it, lowBound=0, cat='Continuous')

        self.prob = pl.LpProblem('test', sense=pl.LpMinimize)

        self.prob += pl.lpSum(
            r_it[i, t] for i in range(1, self.opt.num_dist+1) for t in range(1, self.opt.num_times+1)
        )

        for i in range(1, self.opt.num_dist+1):
            for t in range(1, self.opt.num_times+1):
                self.prob += s_it[i, t] >= self.opt.s_min

        for i in range(1, self.opt.num_dist+1):
            self.prob += pl.lpSum(x_it[i, t] for t in range(1, self.opt.num_times+1)) <= 1

        for i in range(1, self.opt.num_dist+1):
            for t in range(1, self.opt.num_times+1):
                self.prob += s_it[i, t] == (self.opt.s_max * pl.lpSum(x_it[i, t1] for t1 in range(1, t+1))) \
                    + (self.opt.states.loc[i, t] * (1 - pl.lpSum(x_it[i, t2] for t2 in range(1, t+1))))

        for i in range(1, self.opt.num_dist+1):
            for t in range(1, self.opt.num_times+1):
                self.prob += r_it[i, t] == self.opt.states.loc[i, t] * x_it[i, t]
  
```

<혼합정수계획모형 구현을 위한 다이어그램 설계>

# 유지보수 일정 최적화 알고리즘 개발

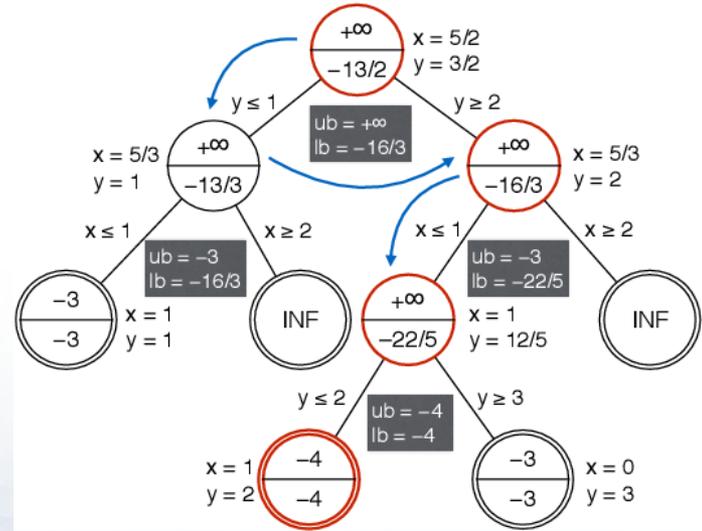
## 수학적 모형에 따른 최적화 알고리즘 구현



- 생성된 배전선로 유지보수 일정계획 MPS 모델링을 분기절단법(branch-and-cut) 알고리즘에 적용해 최적해를 탐색함
- 분기절단법은 절단평면법(cutting plane)을 분기한정법(branch and bound)에 적용한 상용 최적화 솔버(solver)의 핵심 알고리즘 중 하나

### 최적화 모델링 시스템으로 생성된 MPS 모델링에 분기절단법 탐색 알고리즘 적용

946367	MARK	'MARKER'	'INTEND'
946368	MARK	'MARKER'	'INTORG'
946369	X_(5,_4,_9)	_C26212	1.000000000000e+00
946370	X_(5,_4,_9)	_C32865	-1.900000000000e+01
946371	X_(5,_4,_9)	_C32866	-1.900000000000e+01
946372	X_(5,_4,_9)	_C32867	-1.900000000000e+01
946373	X_(5,_4,_9)	_C32868	-1.900000000000e+01
946374	X_(5,_4,_9)	_C32869	-2.000000000000e+01
946375	X_(5,_4,_9)	_C32870	-2.000000000000e+01
946376	X_(5,_4,_9)	_C32871	-2.000000000000e+01
946377	X_(5,_4,_9)	_C32872	-2.000000000000e+01
946378	X_(5,_4,_9)	_C32873	-2.000000000000e+01
946379	X_(5,_4,_9)	_C32874	-2.000000000000e+01
946380	X_(5,_4,_9)	_C32875	-2.000000000000e+01
946381	X_(5,_4,_9)	_C32876	-2.100000000000e+01
946382	X_(5,_4,_9)	_C32877	-2.100000000000e+01
946383	X_(5,_4,_9)	_C32878	-2.100000000000e+01
946384	X_(5,_4,_9)	_C32879	-2.100000000000e+01
946385	X_(5,_4,_9)	_C32880	-2.100000000000e+01
946386	X_(5,_4,_9)	_C32881	-2.100000000000e+01
946387	X_(5,_4,_9)	_C32882	-2.200000000000e+01
946388	X_(5,_4,_9)	_C32883	-2.200000000000e+01
946389	X_(5,_4,_9)	_C32884	-2.200000000000e+01
946390	X_(5,_4,_9)	_C32885	-2.200000000000e+01
946391	X_(5,_4,_9)	_C32886	-2.200000000000e+01
946392	X_(5,_4,_9)	_C32887	-2.200000000000e+01
946393	X_(5,_4,_9)	_C32888	-2.200000000000e+01
946394	X_(5,_4,_9)	_C32889	-2.300000000000e+01
946395	X_(5,_4,_9)	_C32890	-2.300000000000e+01



<최적해 탐색을 위한 솔버인 분기절단법 작동 원리>

<파이썬 코드 구현으로 생성된 MPS 모델링 예시>

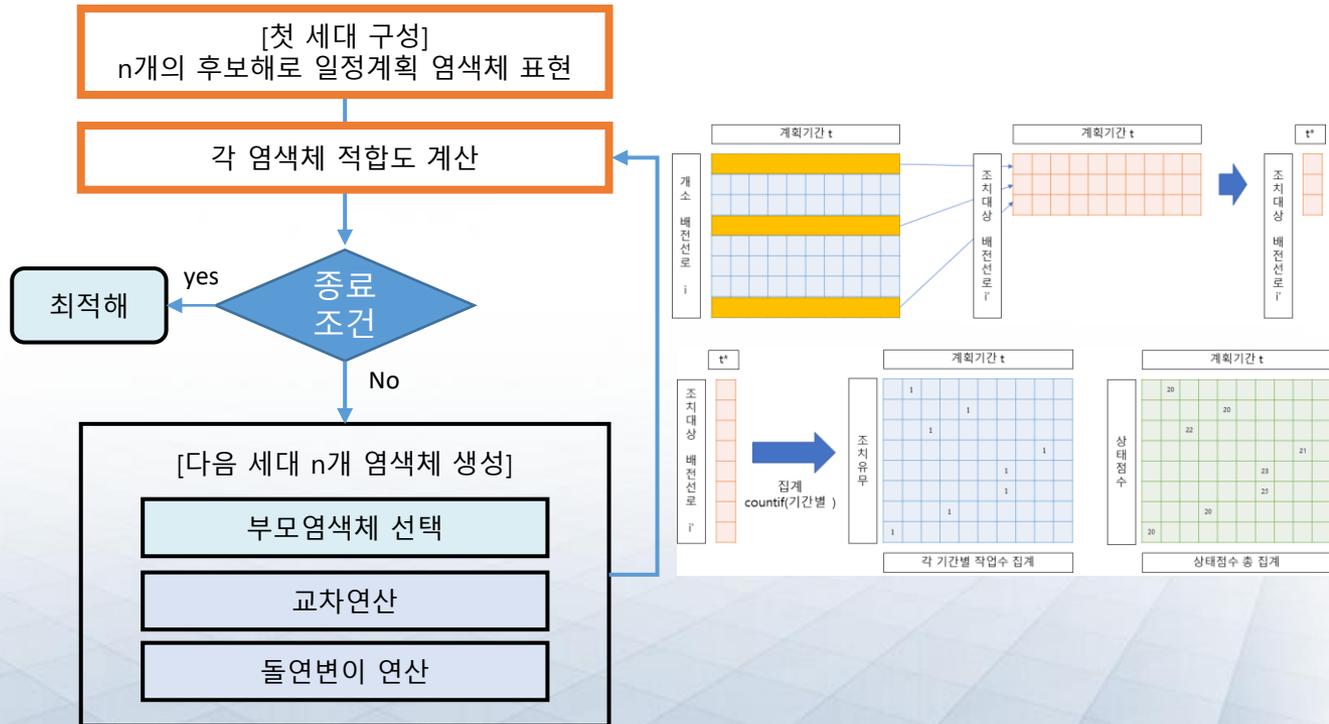
# 유지보수 일정 최적화 알고리즘 개발

## 유전 알고리즘 개발 및 구현



- 일정계획은 조합최적화 문제로서 문제 사이즈가 커지면 최적해를 구하기가 어려운 경우 발생
- 대안으로 일정시간내에 근사 최적해를 빠르게 탐색하는 유전 알고리즘 개발
- 일정시간내 두 알고리즘에 대한 병렬처리를 통해 최선해 선택 제공

### 유전 알고리즘의 핵심기술-염색체 표현 및 적합도 계산 방식 설계



# 안전감시 및 유지보수 통합관리 시스템 개발

## 경전철 타이어 상태진단 기반 유지보수 플랫폼 UI

### 대쉬보드 화면



# 안전감시 및 유지보수 통합관리 시스템 개발

## 경전철 타이어 상태진단 기반 유지보수 플랫폼 UI

### 편성별 상태 조회 화면

경전철타이어
비밀번호 변경
로그아웃

헬스 모니터링 시스템

- 상태 현황 조회
- 편성별 상태 조회
- 고장/정비시점 예측
- 센싱데이터 조회

유지보수 최적화 시스템

- 유지보수 일정 조회
- 유지보수 작업 이력

기준 정보 관리

- 타이어 마스터 관리
- 센서 마스터 관리

88 편성별 상태 조회

401 편성

402 편성

403 편성

404 편성

405 편성

406 편성

407 편성

408 편성

409 편성

410 편성

411 편성

412 편성

413 편성

414 편성

415 편성

416 편성

417 편성

401편성

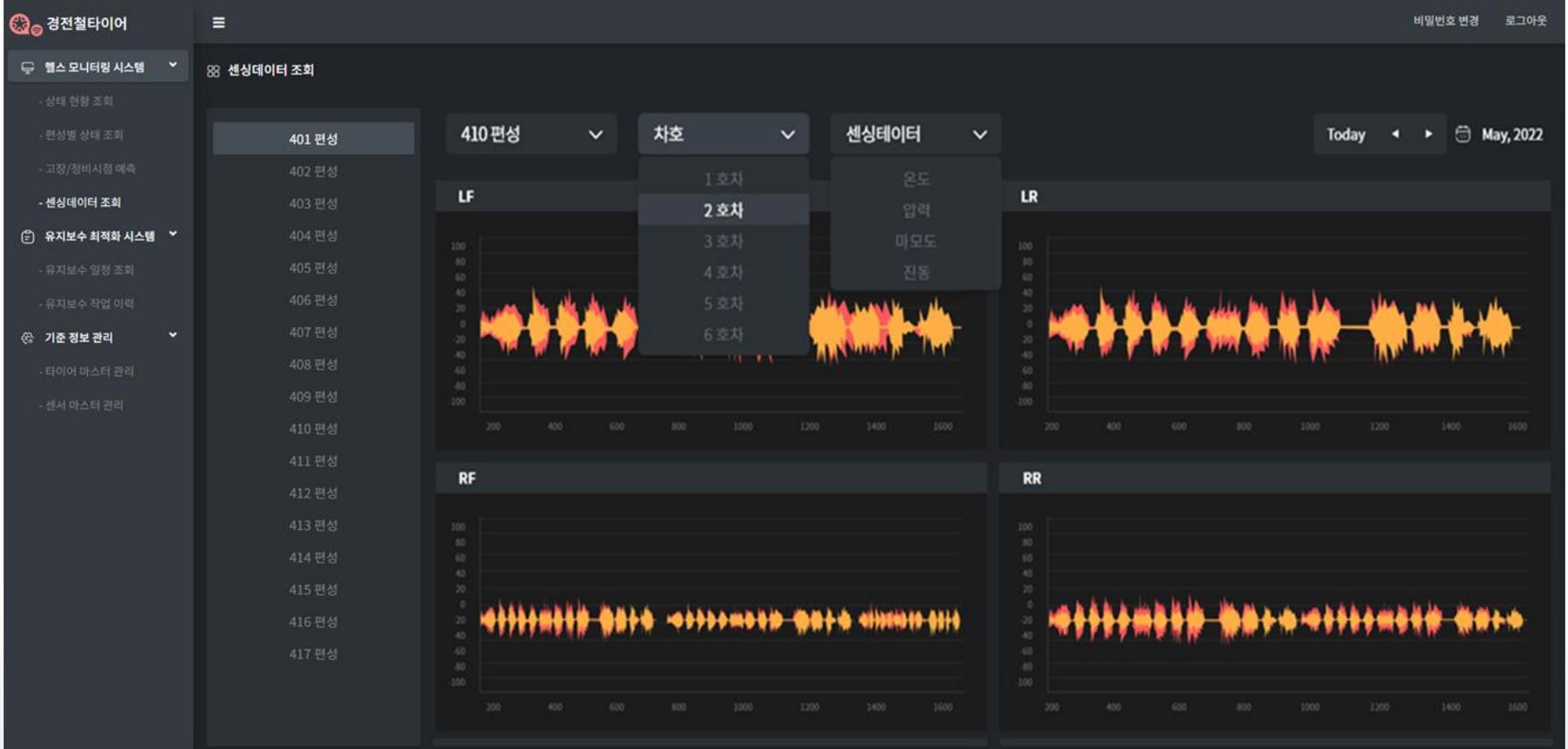
● 정상 ● 주의 ● 위험

차호번호	Left Front	Left Rear	Right Front	Right Rear
1	Health Index : 79 9.1 mm / 81 PSI	Health Index : 52 14.9 mm / 44 PSI	Health Index : 33 18.8 mm / 46 PSI	Health Index : 64 12.4 mm / 51 PSI
2	Health Index : 33 13.8 mm / 53 PSI	Health Index : 78 7.3 mm / 86 PSI	Health Index : 21 25.4 mm / 35 PSI	Health Index : 96 8.7 mm / 84 PSI
3	Health Index : 82 3.8 mm / 82 PSI	Health Index : 28 29.6 mm / 26 PSI	Health Index : 41 11.7 mm / 77 PSI	Health Index : 96 5.3 mm / 86 PSI
4	Health Index : 46 13.8 mm / 48 PSI	Health Index : 86 5.7 mm / 89 PSI	Health Index : 62 15.8 mm / 70 PSI	Health Index : 41 12.3 mm / 73 PSI
5	Health Index : 29 27.7 mm / 20 PSI	Health Index : 9 29.2 mm / 4 PSI	Health Index : 93 3.6 mm / 88 PSI	Health Index : 61 17.7 mm / 67 PSI
6	Health Index : 12 27.1 mm / 11 PSI	Health Index : 92 5.7 mm / 84 PSI	Health Index : 31 14.8 mm / 57 PSI	Health Index : 69 14.7 mm / 57 PSI

# 안전감시 및 유지보수 통합관리 시스템 개발

## 경전철 타이어 상태진단 기반 유지보수 플랫폼 UI

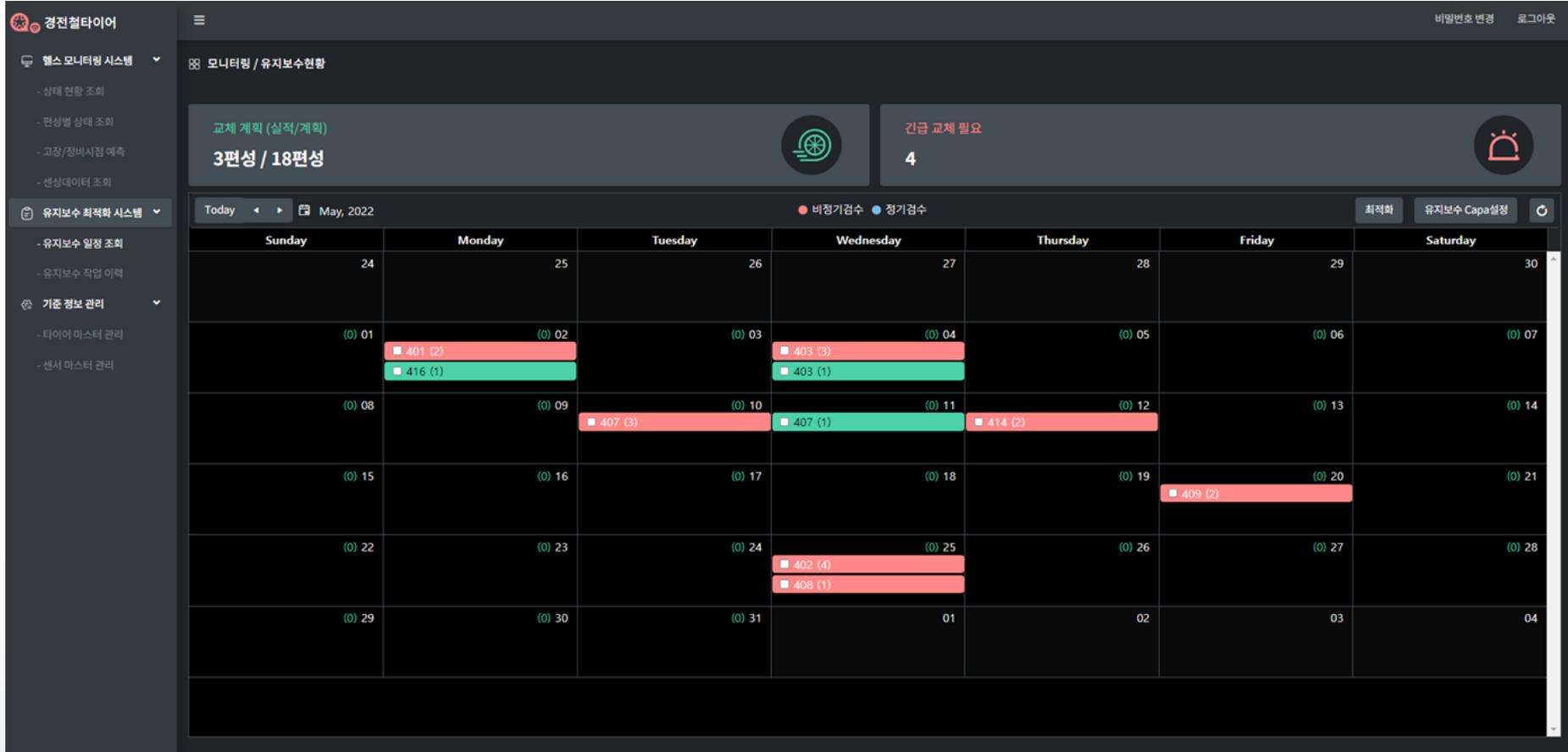
### 센싱데이터 조회 화면



# 안전감시 및 유지보수 통합관리 시스템 개발

## 경전철 타이어 상태진단 기반 유지보수 플랫폼 UI

### 타이어 유지보수 일정 조회 화면



The background features several flowing, wavy lines in shades of light blue and cyan, creating a sense of movement and elegance. These lines originate from the left side and curve across the page.

**Thank you** For your attention !