

# 스마트 팩토리에서 드론 고장 감지 및 유지보수

팀 명 : 달고나  
조 원 : 김규식, 송용욱, 성광명  
이형묵, 최진식

제16회 한국 대학생 산업공학 프로젝트 경진대회

## [ CONTENTS ]

# 01

### 서론

- 연구소개

# 02

### 본론

- 문제정의
- 데이터 수집
- System Dynamics Modeling
- 실험 및 결과
- 유지보수 전략

# 03

### 결론

- 결론 및 추후 연구

## 1.1 연구 배경 및 목표

### ✓ 스마트 팩토리에서 AGV를 대체하는 드론

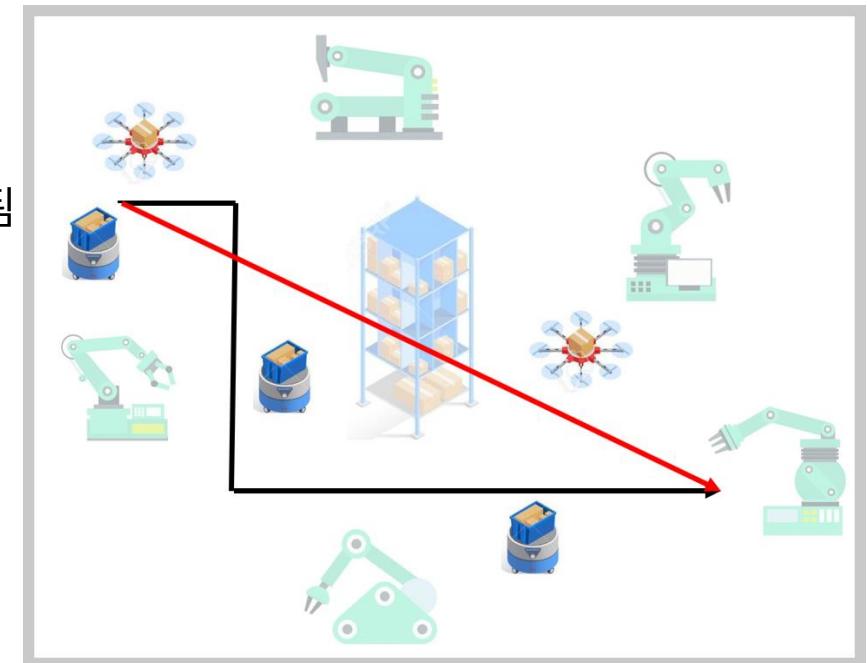
- 스마트 팩토리에서 AGV 대신 드론을 사용하려는 움직임을 보임
- 드론은 AGV보다 이동경로의 자유도가 높고 빠름
- 스마트 팩토리 전체 모니터링과 부품 원자재 배송에 드론이 활용됨

### ✓ 문제점

- 고장이 날 경우에 공장 내부에 많은 피해를 발생시킴
- 드론을 고장 없이 운영하는 것이 필수적임

### ✓ 과제 수행 목표

- 스마트 팩토리에서 고장 없는 드론의 운용을 위한 최적 유지보수 전략 수립



→ AGV 이동경로

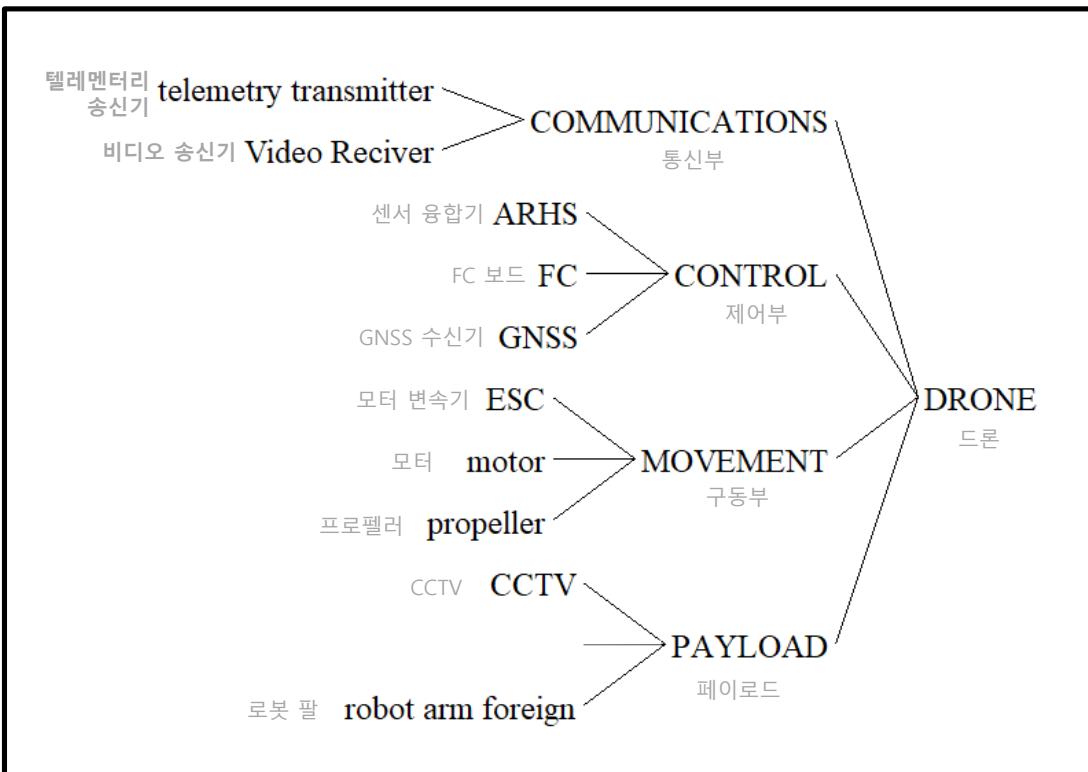
→ Drone 이동경로

## 2.1 문제 정의

### ✓ 연구 과정

- I. 드론 구성도 작성
- II. 선행연구 조사
- III. 드론의 위험도 분석
  - 드론의 각 부품들의 고장률은 각기 다르고, 서로 영향을 미치기 때문에 서로의 연관성과 영향도를 분석할 수 있는 방법이 요구됨
  - 개체들의 연관성과 영향도를 전체적으로 파악하기 위해 System Dynamics 모형을 개발
- IV. 부품 별 고장 주기 확인
- V. 부품 별 최적 유지보수 전략 수립

### ✓ 드론 구성도



## 2.2 데이터 수집

### ✓ 고장률 및 영향도 데이터 수집

#### 1. 드론 수리 센터

- 부품 별 고장률 수집
- 부품 간 영향도 조사

#### 2. 선행연구 조사

- 이윤빈 외 1 명, 2017, "드론의 핵심 부품 고장진단을 위한 오픈소스 기반 UAVCAN 통신 연구 동향", 한국항공우주학회 학술발표회 초록집, pp. 782~783. <자료 2>
- 최창희, 2017, "드론 사고 손해배상책임 구체화 필요", KIRI <자료 3>
- Rana Abdallah, 2017, "Fault Tree Analysis for the Communication of a Fleet Formation Flight of UAVs", IEEE, pp. 202~206. <자료 4>

<수집된 데이터>

구분	고장률	영향도
Video Reciver	0.179	2
Telemetry Transmitter	0.179	2
FC	0.33	4
GNSS	0.379	2
ARHS	0.179	3
Gyro Sensor	0.279	3
Acceleration Sensor	0.279	3
Geomagnetic Sensor	0.279	3
Atmosphere Pressure Sensor	0.279	2
Vision Sensor	0.279	2
ESC	0.53	4
Motor	0.63	4
Propeller	0.73	4
Battery	0.4125	4
Robot Arm	0.63	2
CCTV	0.63	2
⋮		

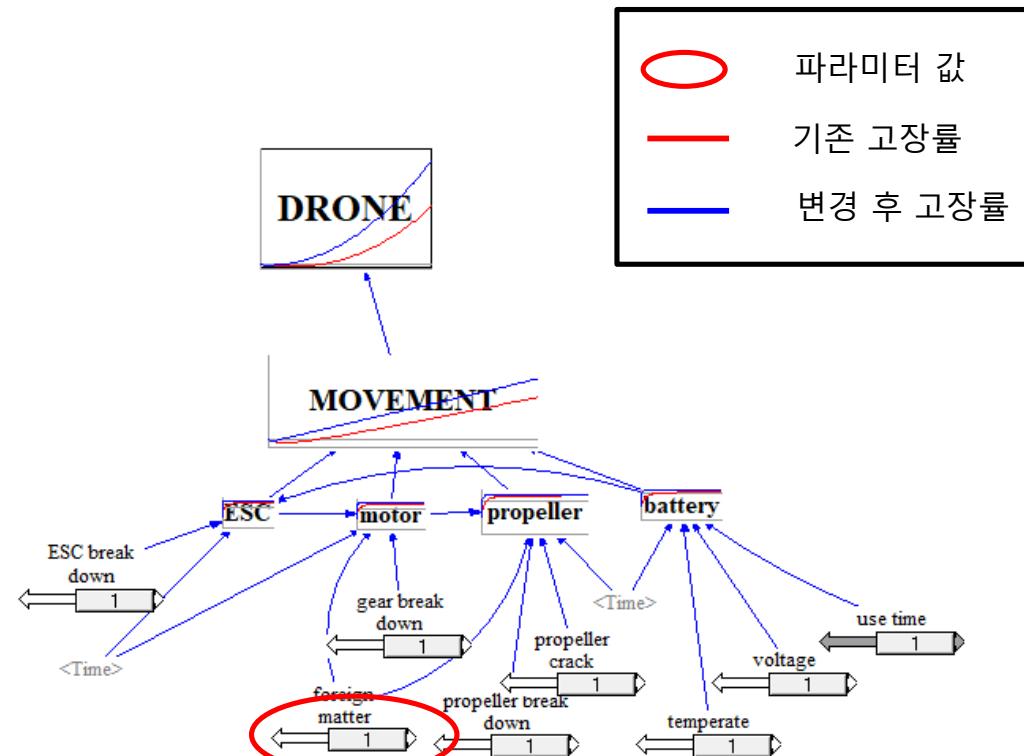
## 2.3 System Dynamics Modeling (SD Modeling)

## ✓ System Dynamics

- 복잡한 피드백 시스템을 연구하고 관리하는 방법
  - 구성요소들 사이의 순환적 인과 관계를 나타냄
  - 하나의 값이 변할 때 연관되어 있는 다른 값들이 영향을 받아 변화가 이루어짐

## ✓ System Dynamics 활용분야

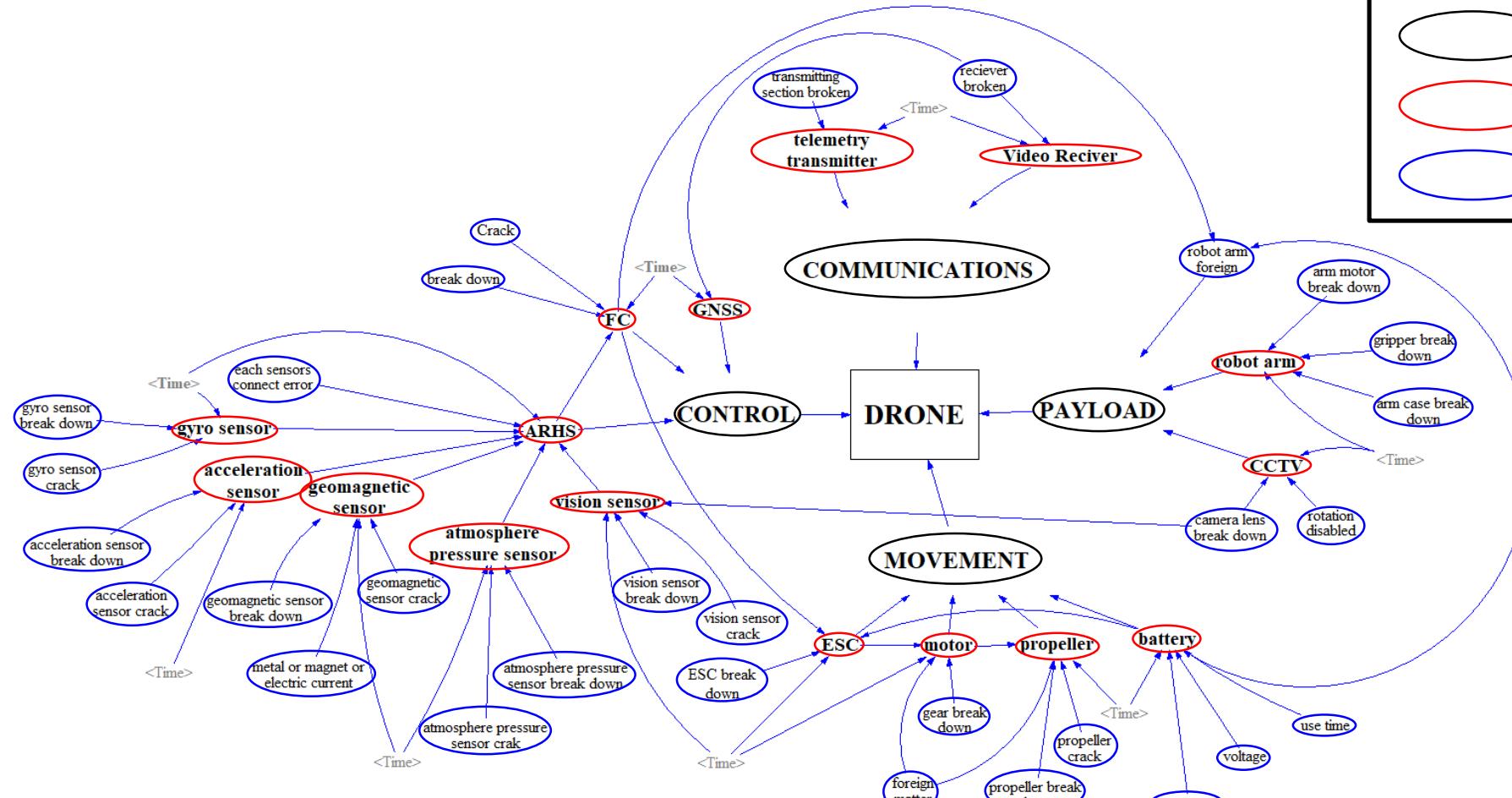
- 전략 및 정책 수립
  - 복잡한 비선형 동태역학
  - 동적 의사결정



< System Dynamics Model >

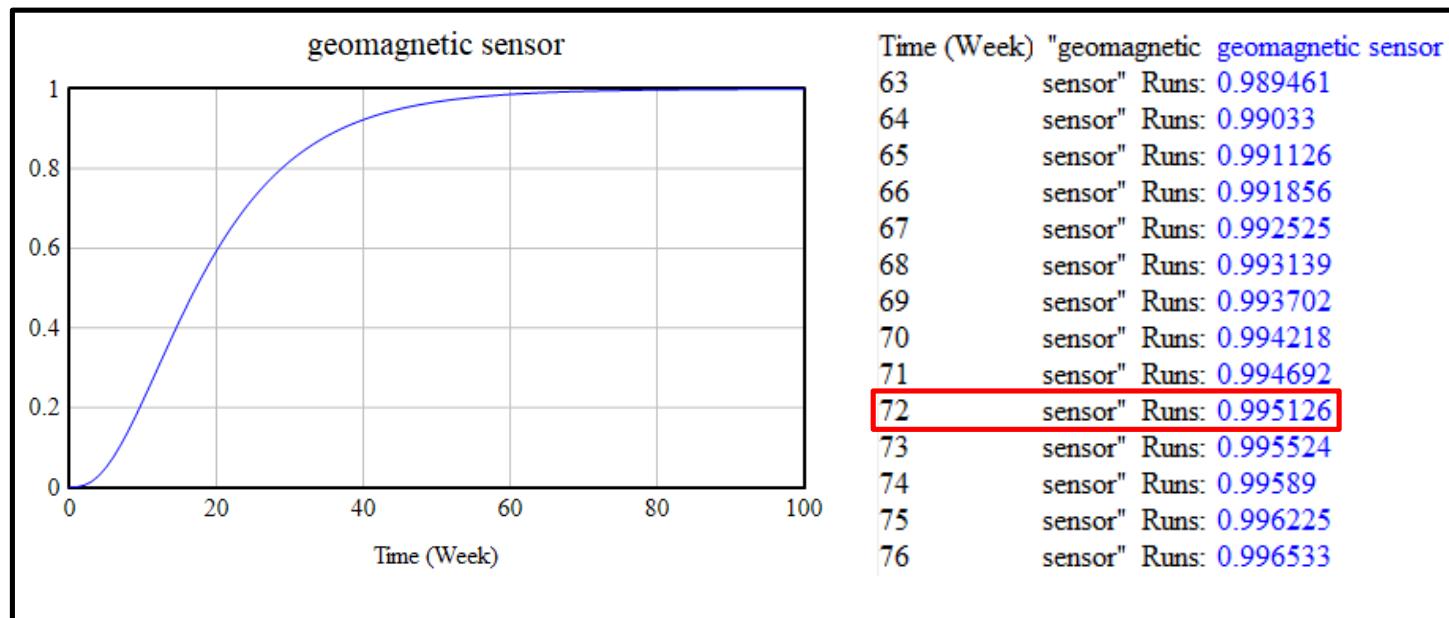
- 파라미터 값을 변화시켰을 때, 연관된 개체들의 값의 변화 관측 가능

## 2.3 System Dynamics Modeling (SD Modeling)



## 2.4 실험 및 결과

### ✓ 부품 고장 주기



- 시뮬레이션을 통해 시간에 따른 고장률의 변화 확인 가능
- 그래프의 기울기가 완만해짐을 고려하여 소수점 셋째 자리에서 반올림
- 반올림 된 고장률이 1이 되었을 때의 X축 값을 고장 주기로 판단

부품	고장 주기(단위 : 주)
Video Reciver	28
Telemetry Transmitter	29
FC	35
GNSS	29
ARHS	72
Gyro Sensor	40
Acceleration Sensor	40
Geomagnetic Sensor	72
Atmosphere Pressure Sensor	50
Vision Sensor	55
ESC	23
Motor	20
Propeller	33
Battery	180
Robot Arm	33
CCTV	25

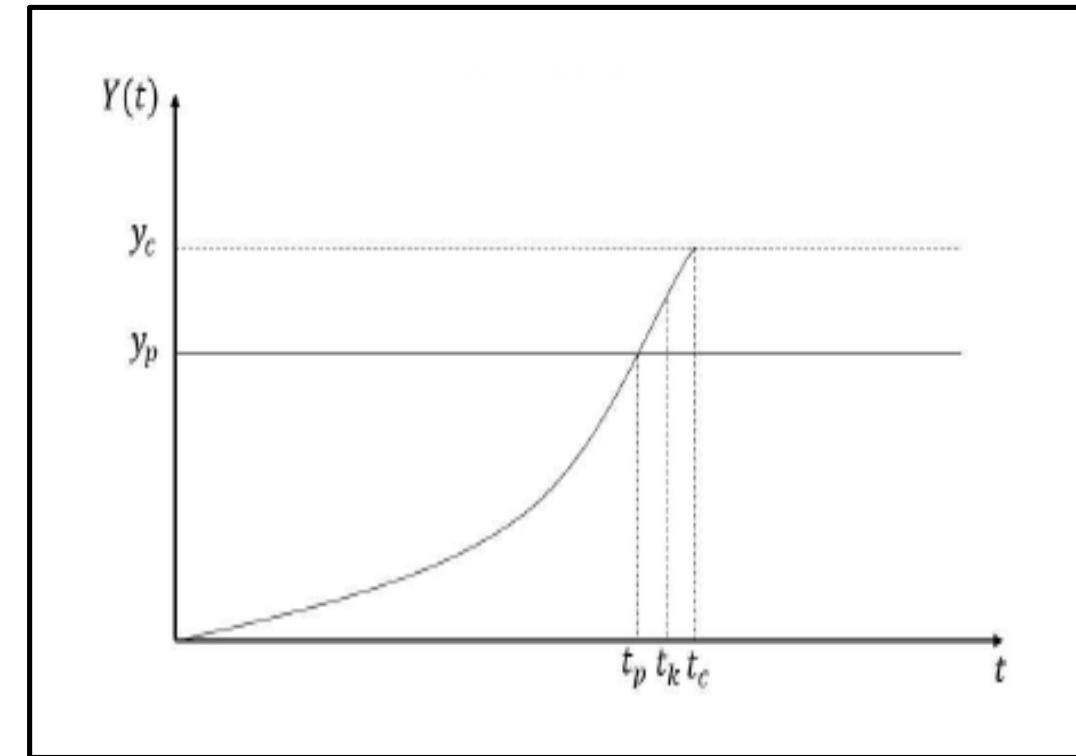
## 2.5 유지 보수 전략

### ❖ 전략 ① : 상태기준 예방보전

- 시간(t)에 변화에 따라 고장률  $Y(t)$ 값 계산  
※  $Y(t) : y = \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\lambda_i t})$
- $Y(t) \geq y_p$  일 때, 예방보전을 시작해도 된다고 판단
- $Y(t) \geq y_c$  일 때, 고장이 났다고 판단  
※  $y_p = 0.8$ ,  $y_c = 0.9$

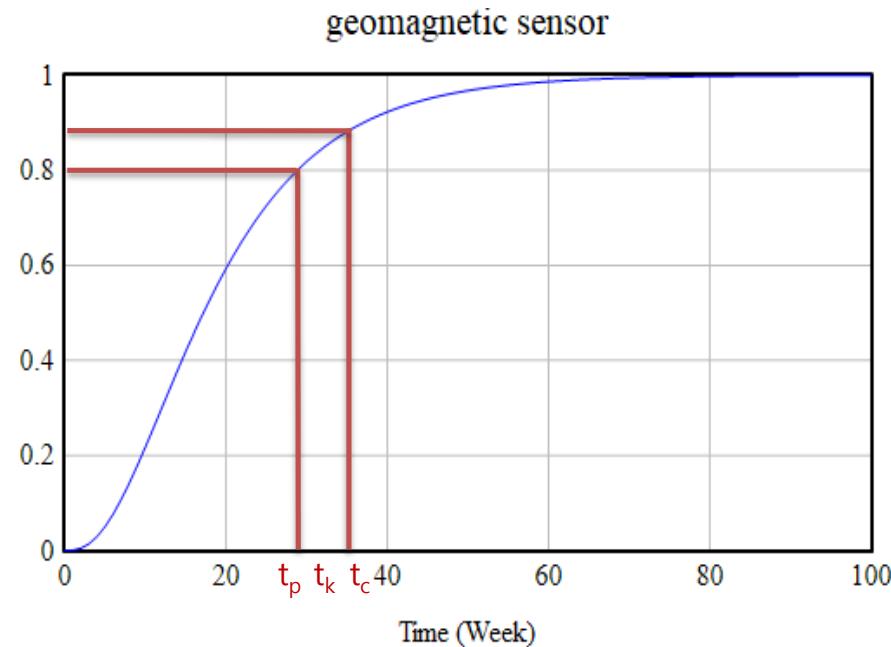
### ✓ 최적 유지보수 구간 결정

- $0.8 \leq Y(t) \leq 0.9$ 일 경우,  $t$ 시점에서 최적 유지보수 기간이라 판단
- 즉,  $t_p \leq t_k \leq t_c$  일 때,  $t_k$ 는 최적 유지보수 기간  
※  $t_p : y_p = 0.8$ 일 때의  $t$ 값,  $t_c : y_c = 0.9$ 일 때의  $t$ 값



## 2.5 유지 보수 전략

### ✓ 최적 유지보수 구간 측정



- $t_p = 29, t_c = 37$   
※  $t_p$  :  $y_p = 0.8$ 일 때의  $t$ 값,  $t_c$  :  $y_c = 0.9$ 일 때의  $t$ 값
- Geomagnetic Sensor 최적 유지보수 구간  

$$\therefore 29 \leq t_k \leq 37$$

### ✓ 부품 별 최적 유지보수 기간

부품	최적 유지보수 기간(단위 : 주)
Video Reciver	$9 \leq t_k \leq 13$
Telemetry Transmitter	$9 \leq t_k \leq 13$
FC	$17 \leq t_k \leq 19$
GNSS	$9 \leq t_k \leq 13$
ARHS	$33 \leq t_k \leq 44$
Gyro Sensor	$16 \leq t_k \leq 22$
Acceleration Sensor	$16 \leq t_k \leq 22$
Geomagnetic Sensor	$29 \leq t_k \leq 37$
Atmosphere Pressure Sensor	$17 \leq t_k \leq 22$
Vision Sensor	$18 \leq t_k \leq 25$
ESC	$13 \leq t_k \leq 15$
Motor	$10 \leq t_k \leq 11$
Propeller	$12 \leq t_k \leq 16$
Battery	$120 \leq t_k \leq 153$
Robot Arm	$13 \leq t_k \leq 16$
CCTV	$8 \leq t_k \leq 11$

## 2.5 유지 보수 전략

### ✓ 부품 별 유지보수 최적 스케줄 표 < 전략 ① : 상태 기준 >

 최적 유지보수 주기  유지보수 기간

부품	0~5주	6~10주	11~15주	16~20주	21~25주	26~30주	31~35주	36~40주	41~45주	46~50주
Video Reciver										
Telemetry Transmitter										
GNSS										
Motor										
CCTV			 							
ESC				 						
Propeller										
Robot Arm				 						
FC					 					
Gyro Sensor										
Acceleration Sensor										
Atmosphere Pressure Sensor										
Vision Sensor				 						
ARHS						 				
Geomagnetic Sensor						 				

여러 부품을 그룹으로 함께 교체 (유치보수 비용 최소화)

- 11주 주기로 교체하는 부품
  - Video Reciver, Telemetry Transmitter, GNSS, Motor
- 15주 주기로 교체하는 부품
  - ESC, Propeller, Robot Arm
- 18주 주기로 교체하는 부품
  - FC, Gyro Sensor, Acceleration Sensor, Atmosphere Pressure Sensor, Vision Sensor
- 35주 주기로 교체하는 부품
  - ARHS, Geomagnetic Sensor

## 2.5 유지 보수 전략

### ❖ 전략 ② : 위험도 기준 예방보전

영향도	위험구분	내용
1	영향없음	드론 운용에 영향없음
2	미미한 영향	드론 운용에 미미한 영향
3	경미한 영향	드론 운용에 경미한 영향
4	중대한 영향	드론 운용에 중대한 영향
5	심각한 영향	공장 가동 불가

구분	위험도 수준	관리기준
0~1.5	무시 가능한 위험	현 상태로 계속 운용가능
1.5~2.5	중대한 위험	스케줄에 맞춰 유지보수 실시
2.5이상	허용불가 위험	즉시 작업중단 후 보수실시

- 부품 별 영향도 할당
- 위험도 = (시간에 따른 고장률)\*영향도
- 위험도에 따라 수리여부 결정

Gyro Sensor (영향도 = 3)		
시간(주)	고장률	위험도
1	0.01686	0.05057
2	0.05894	0.17682
3	0.11629	0.34887
.	.	.
9	0.50877	1.52632
10	0.56302	1.68906
.	.	.
16	0.79385	2.38156
17	0.81905	2.45715
18	0.84131	2.52393

< Ex) gyro sensor 위험도 계산 >

- 중대한 위험 : 9~17주
  - 9주차 위험도 : 1.52632
  - 17주차 위험도 : 2.45715
- 허용불가 위험 : 18주 이상
  - 18주차 위험도 : 2.52393

## 2.5 유지 보수 전략

### ✓ 부품 별 유지보수 최적 스케줄 표 < 전략 ② : 위험도 기준 >

최적 유지보수 주기   중대한 위험   허용불가 위험

부품	0~5주	6~10주	11~15주	16~20주	21~25주	26~30주	31~35주	36~40주	41~45주	46~50주
Video Reciver										
Telemetry Transmitter										
GNSS										
Motor										
CCTV										
ESC										
Propeller										
Robot Arm										
FC										
Gyro Sensor										
Acceleration Sensor										
Atmosphere Pressure Sensor										
Vision Sensor										
ARHS										
Geomagnetic Sensor										

여러 부품을 그룹으로 함께 교체 (유치보수 비용 최소화)

- 10주 주기로 교체하는 부품
  - Video Reciver, Telmetry Transmitter, GNSS, Motor
  - CCTV, ESC, Propeller
- 15주 주기로 교체하는 부품
  - Robot Arm, FC, Gyro Senser, Acceleration Sensor
- 26주 주기로 교체하는 부품
  - Atmosphere Pressure Sensor, Vision Sensor, ARHS, Geomagnetic Sensor

### 3.1 결론 및 기대효과

#### ✓ 결론

- 전략 ① : 상태기준 예방보전
  - 시간( $t$ ) 변화에 따라 기준 고장률  $Y(t)$ 를 계산
  - 기준 고장률(0.8, 0.9)를 지표로 최적 유지보수 구간 설정
  - 유지보수 횟수가 최소가 되는 부분을 그룹 주기로 결정
  - 유지보수 횟수 : 4번
- 전략 ② : 위험성 평가 기준 예방보전
  - 위험도 구분에 따라 관리기준과 위험도 수준을 정의
  - 부품 별 영향도 할당 후 위험도를 계산
  - 유지보수 횟수가 최소가 되는 부분을 그룹 주기로 결정
  - 유지보수 횟수 : 3번

※ 위험성 평가 기준 예방보전이 그룹 수가 더 적으므로 위험성 평가 기준 예방보전 채택

#### ✓ 기대효과

- 스마트 팩토리에서 드론 운용 시 유지보수의 척도로 사용 가능
- 부품의 고장률이 변경되더라도 파라미터 값의 변경이 용이하므로, 드론의 종류, 용도가 다르더라도 유연하게 적용 가능

#### ✓ 추후 연구

- 위험도 및 고장률 민감도 분석 실시
- 다수의 드론 운용 시에 대한 전략 수립

## 참고문헌

- 이윤빈 외 1명, 2017, "드론의 핵심 부품 고장진단을 위한 오픈소스 기반 UAVCAN 통신 연구 동향", 한국항공우주학회 학술발표회 초록집, pp. 782~783.
- 최창희, 2017, "드론 사고 손해배상책임 구체화 필요", KIRI
- Rana Abdallah, 2017, "Fault Tree Analysis for the Communication of a Fleet Formation Flight of UAVs", IEEE, pp. 202~206.
- 서명길 외 2명, 2018, "예방교체를 고려한 드론 배송 스케줄링 및 적정 운용 대수 산출에 관한 연구", 로지스틱스연구, Vol. 26, No. 1, pp. 65~80.
- 조정원 외 2명, 2019, "실내 복도환경에서의 컨벌루션 신경망을 이용한 드론의 자율주행 연구", 한국정보통신학회논문지, Vol. 23, No. 8, pp. 936~942.
- 김규원 외 3명, 2019, "무인 드론의 실내 비행을 위한 LVIO 기반 지도 생성 및 단안카메라를 이용한 위치 및 자세 추정", 제어로봇시스템학회 논문지, Vol. 25, No. 6, pp. 498~505.
- 최영재 외 1명, 2012, "고장형태 영향분석의 위험우선순위 평가방법", 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, pp.586~595
- 황훈규 외 4명, 2014, "부품별 고장 영향 및 교체 알람을 제공하는 시설물 관리 시스템의 개발", 한국마린엔지니어링학회지, Vol. 38, No. 4, pp. 456~462.
- 이윤석 외 2명, 2015, "비콘을 사용하여 실내 비행이 가능한 드론에 관한 연구", 대한전자공학회, pp. 1624~1626.
- 진정희 외 1명, 2016, "무인기 드론의 이해와 동향", 한국통신학회지, Vol. 33, No. 2, pp. 80~85.
- 박해성 외 4명, 2017, "드론 부품 보호에 관한 짧은 연구", 한국컴퓨터정보학회 학술발표논문집, Vol. 25, No. 2, pp. 290~291.
- 최성석 외 4명, 2018, "블록체인을 이용한 드론 무인 택배 배송 시스템", 정보 및 제어 논문집, pp. 190~191
- 유준호 외 3명, 2019, "드론을 활용한 택배 물류 시스템의 문제점 분석 및 개선방안에 대한 연구", 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 247~248.
- 이양규 외 2명, 2020, "빅데이터를 활용한 드론의 이상 예측시스템 연구", 인터넷정보학회논문지, Vol. 21, No. 2, pp. 27~37.