

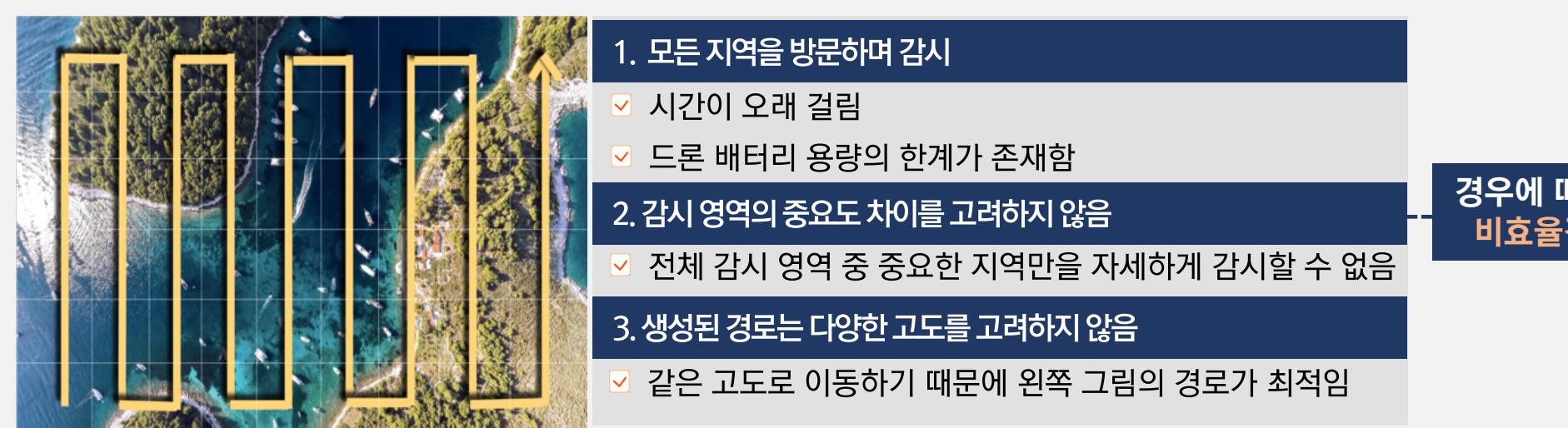
지역별 중요도를 고려한 인공지능 드론 영역 감시 시스템

한국외국어대학교 산업경영공학과 이유경, 강문정, 김나영

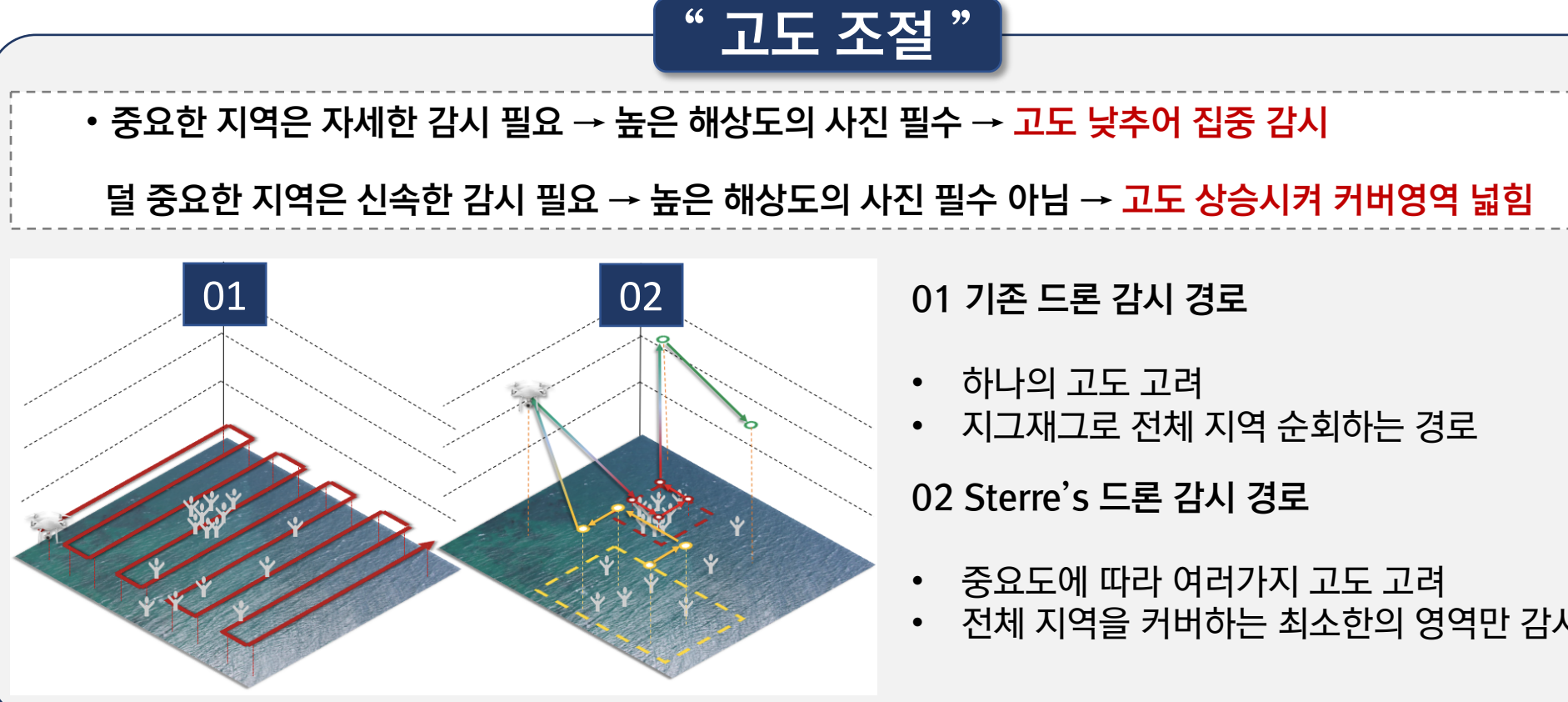
1 프로젝트 소개

주제 선정 배경

- 기존의 드론 감시 시스템
 - 군사용 목적을 위해 개발된 드론은 적의 침입을 감시하기 위해 사용됨
 - 넓은 영역이나 사람이 직접 가기 어려운 장소는 드론을 통해 감시 할 수 있음
 - 원하는 감시지역을 설정하면 고정된 고도와 경로로 순회하며 감시함



감시할 지역을 능동적으로 중요도를 판단하여 효율적으로 감시 할 수 없을까?



2 중요 지역 자동 인식

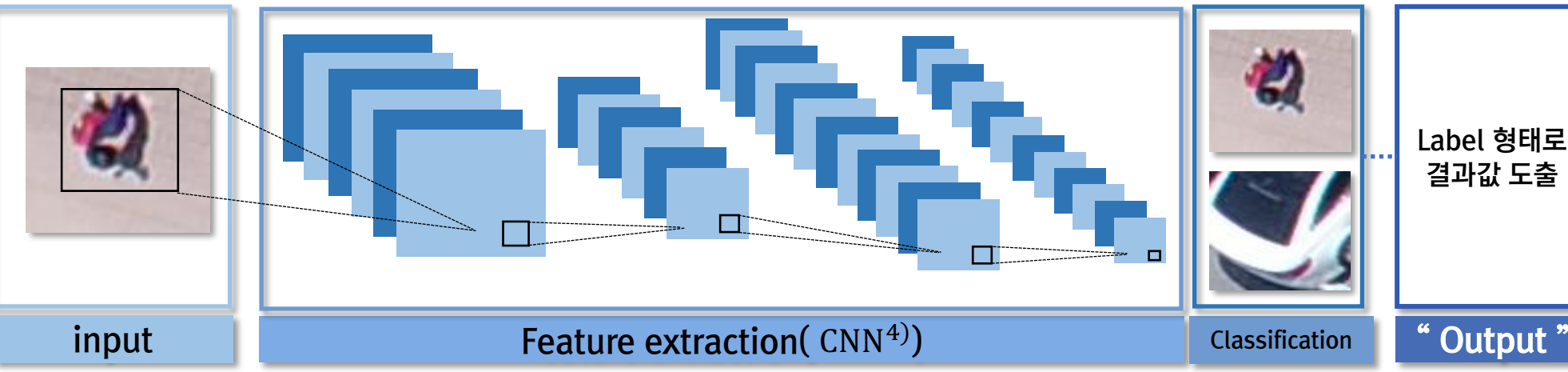
감시할 영역의 중요지역을 능동적으로 판단할 수 있도록 중요 지역의 후보들을 검출함

FAST (Features from Accelerated Segment Test) 알고리즘 사용

- 객체 인식을 위한 특징점 추출 알고리즘
- Key point P점을 판단하는 경우: P보다 어두운 픽셀 d와 밝은 픽셀 b가 일정 개수 이상 존재 할 때
- FAST 알고리즘을 이용한 단순 분석의 문제점
- 사람이 아닌 객체도 인식함으로써 인식이 정확하지 않은 경우 발생
- 보다 정확한 객체 인식을 위해 촬영한 사진에서 Key points를 Crop하여 사람과 사람이 아닌 사진에 대한 training 실시



Deep Learning Neural Network

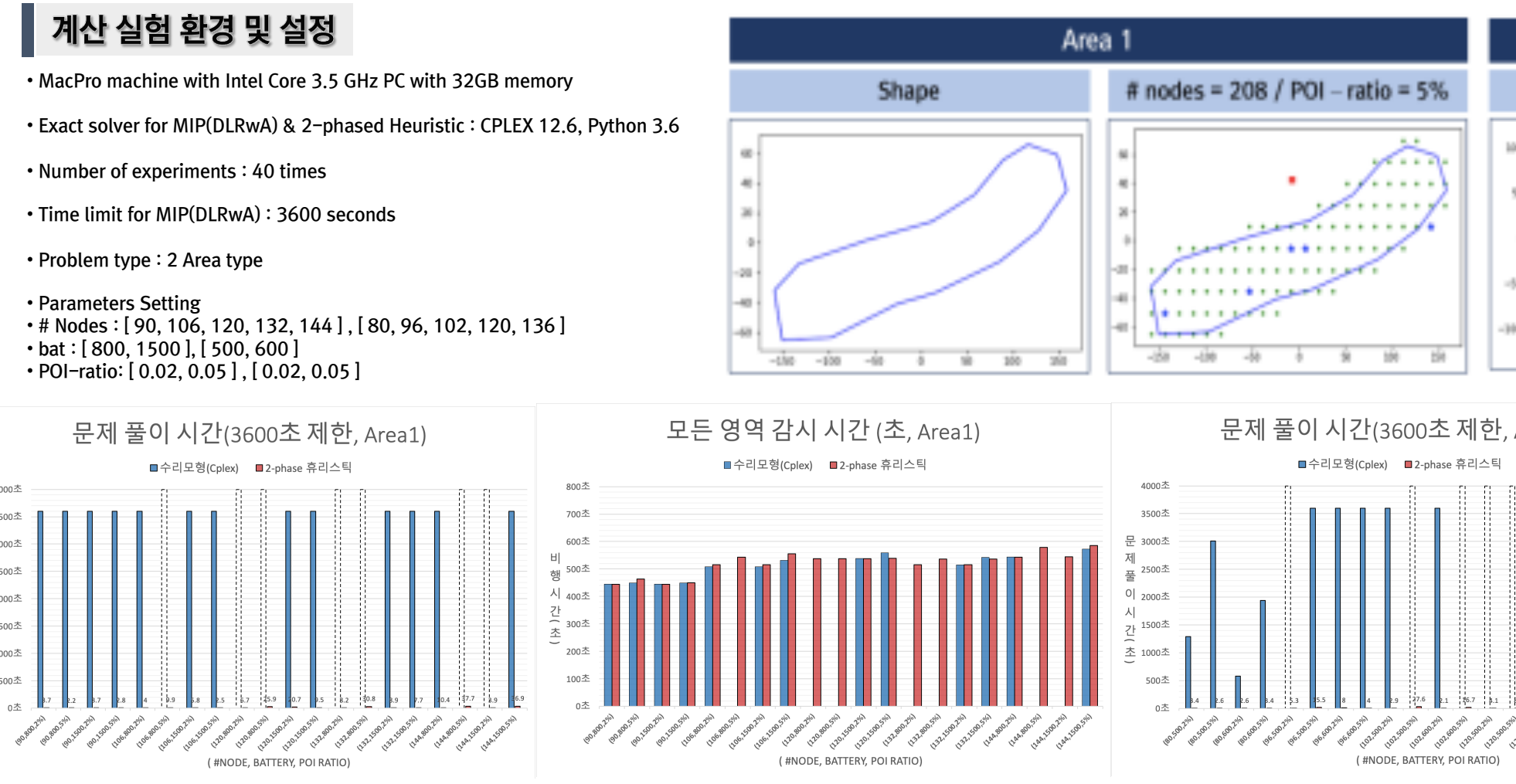


- DLNN 모델을 이용하여 crop된 input image에 대한 classification 결과값을 label 형태로 출력함
- Human detection을 위해 사용한 변수
 - Batch size : 12
 - Optimizer : Adam
 - Activation function : ReLU
 - Epoch : 150
 - Train에 사용한 사진 수 : 10350개
- Convolution 필터 + ReLU + 풀링 과정을 반복하며 이미지를 대표할 수 있는 global한 특징을 얻을 수 있음
- Feature extraction 단계가 포함되므로 raw image에 대해 직접 실행이 가능
- Training 결과 값 (실제 Drone 사진 사용)
 - Accuracy : 99%
- Testing 결과 값
 - Accuracy : 87%

미리 트레이닝 시킨 DLNN 모델을 통해 Human detection (0 : 사람 X, 1 : 사람)



5 계산 실험 결과



계산 결과 2-phase 휴리스틱이 수리 모형(Cplex) 보다 문제 풀이 시간이 수 백배 이상 빠르고 얻은 해의 품질도 거의 비슷함을 확인할 수 있다.

프로젝트 요약

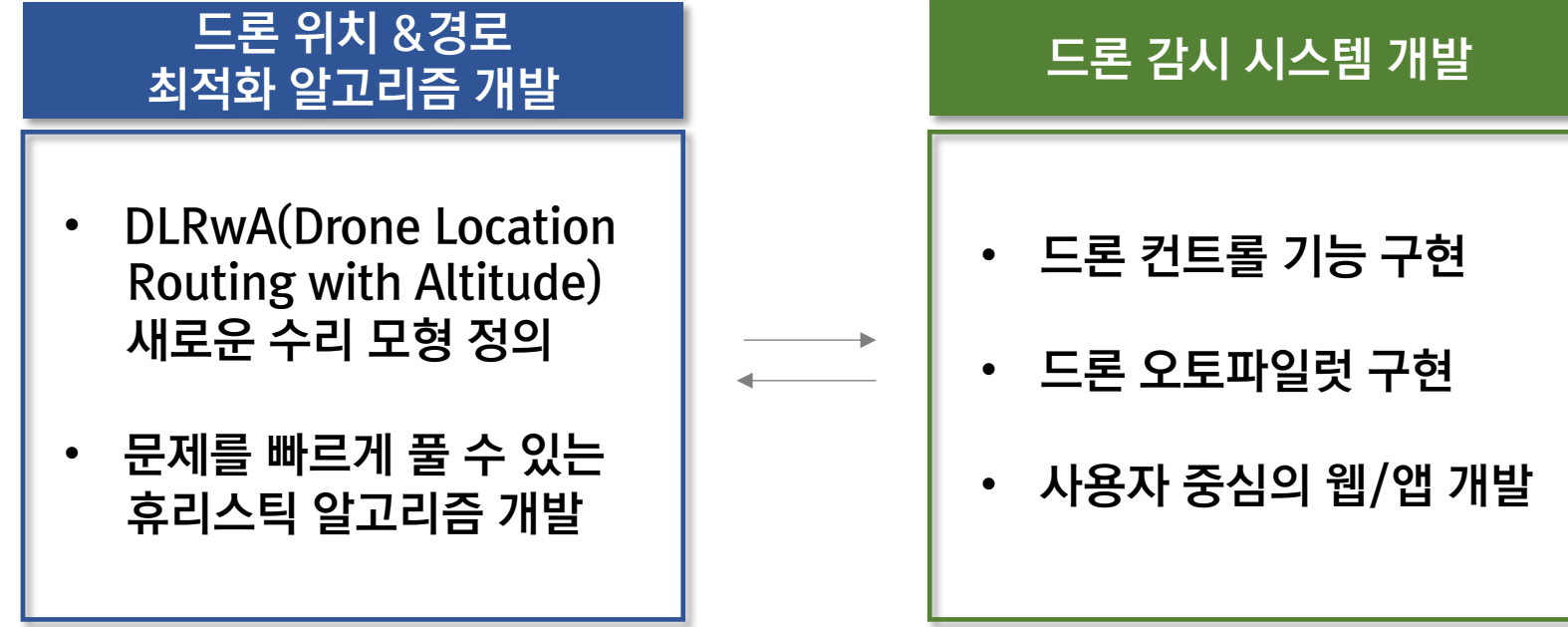
프로젝트 주제 지역별 중요도를 고려한 인공지능 드론 영역 감시 시스템

프로젝트 목표 및 내용

감시할 영역의 중요지역을 능동적으로 판단하여 드론의 비행 고도를 조절함으로써 효율적인 경로를 제공하는 드론 감시 시스템 개발

중요 지역 자동 인식 구현

- Object detection
 - FAST 알고리즘을 통한 특징점 추출
 - Deep learning Neural Network를 통한 human detection



3 드론 경로 최적화

수리 모형 (P) : The Drone Location & Routing with Altitude

- Resource Constraints (이동시간, 배터리)를 고려하여 드론의 사진 촬영 위치(location)와 이동경로(routing) 두가지 해를 모두 도출하는 문제이다.
- DLRWA는 차량경로문제(VRP)의 일반적인 문제: VRP는 고도가 하나인 반면에 DLRWA는 고도가 여러 개일 때 depot를 고려하여 모든 지역을 cover하는 문제이다.

매개 변수 (Parameters) & 결정 변수 (Decision Variables)

- N : 사진을 찍을 수 있는 3차원 상의 모든 노드 집합
- D : $\{d_1, d_2, \dots, d_m\}$, 출발 노드 d_1 , 도착 노드 d_m , 나머지 d_2, \dots, d_{m-1} 들은 배터리의 재충전을 고려 하기 위한 가상 디포(depot) 노드들
- T_j : j 노드에서 사진을 찍을 때 걸리는 시간
- T_{ij} : i 노드에서 j 노드로 이동할 때 걸리는 시간
- R : 드론을 재충전하는데 걸리는 시간
- L : 바닥노드의 집합
- $C_i \in L$: i 노드에서 사진을 찍었을 때 커버되는 모든 바닥노드의 집합. c_i 는 i의 커버셋
- M : Big-number
- B : 드론의 총 배터리량
- F_{ij} : i 노드에서 j 노드로 이동할 때 소모되는 배터리 양

MIP(혼합 정수 계획법)은 문제의 크기가 커지면 풀기 힘들다.

DLRWA를 위한 Heuristic Algorithm

제한 수리 모형(LP)은 최적해를 얻을 수 있지만 문제의 크기가 커짐에 따라 계산 시간이 급격하게 증가하여 드론 감시 시스템에 적용하기 적절하지 않기 때문에 좋은 해를 빠른 시간 안에 얻을 수 있는 발견적 기법(heuristic method)을 제안한다.

위치 문제 (Location Problem, LP, 수리 모형의 제약식 (2),(14)와 경로 문제 (Routing Problem, RP, (2),(14)를 제외한 나머지 수리 모형 제약식)로 분리하여 접근하였다.

위치 문제 (LP : Location Problem)

$$\min \sum_{j \in N} (1 + r_j + \frac{2 \cdot dist_j}{dist_{max}}) y_j$$

$$s.t. \sum_{j \in C_i} y_j \geq 1, \forall i \in L.$$

경로 문제 (RP : Routing Problem)

Algorithm 1 Labeling algorithm for solving ESPRC procedure ESPRC(s)

- Phase 1. 랜덤 탐색(Randomized search)
 - Step 1. $r_j \in U(-0.2, 0.2), \forall j \in N$
 - Step 2. LP를 Step 1의 r_j 를 이용하여 푼다.
 - Step 3. Step 2의 해를 집합 W에 저장한다.
 - Step 4. 집합 W의 크기가 5보다 작거나 Step 1의 반복횟수가 50보다 작으면 Step 1부터 반복한다.
 - Step 5. 집합 W의 각각의 위치해에 대하여 RP를 풀어 드론의 경로를 구해 가장 좋은해를 선택한다.
- Phase 2. 주변에 탐색(Local neighborhood search)
 - Step 1. Phase 1의 Step 5에서 선택된 가장 좋은 해의 위치해에서 1의 값을 가지는 결정 변수들 $y_{(1)}, y_{(2)}, \dots, y_{(l)}$ 라고 정의한다.
 - Step 2. 모두 1개의 결정변수 $y_{(1)}, y_{(2)}, \dots, y_{(l)}$ 을 순서대로 하나의 결정변수만을 0으로 고정된 후 LP를 푼고 얻은 해를 이용하여 RP를 푼다.
 - Step 3. Step 2에서 얻은 l개의 최종해를 비교하여 가장 좋은 해를 출력한다.

DLRWA를 위한 2단계 발견적 기법 (2-phase Heuristic Algorithm)

LP와 RP는 각각 수리 모형과 ESPRC 알고리즘으로 풀 수 있으나 위치와 경로를 분리하여 고려하기 때문에 단순히 각각의 문제를 한 번씩 푸는 것만으로 좋은 해를 기대하기 어렵다. 즉, 위치를 결정할 때는 최종 경로의 품질을 알 수 없기 때문에 최대한 좋은 위치 해를 많이 찾아내 각각의 경로해를 비교하여 가장 좋은 해를 선택할 필요가 있다.

프로젝트 어플리케이션



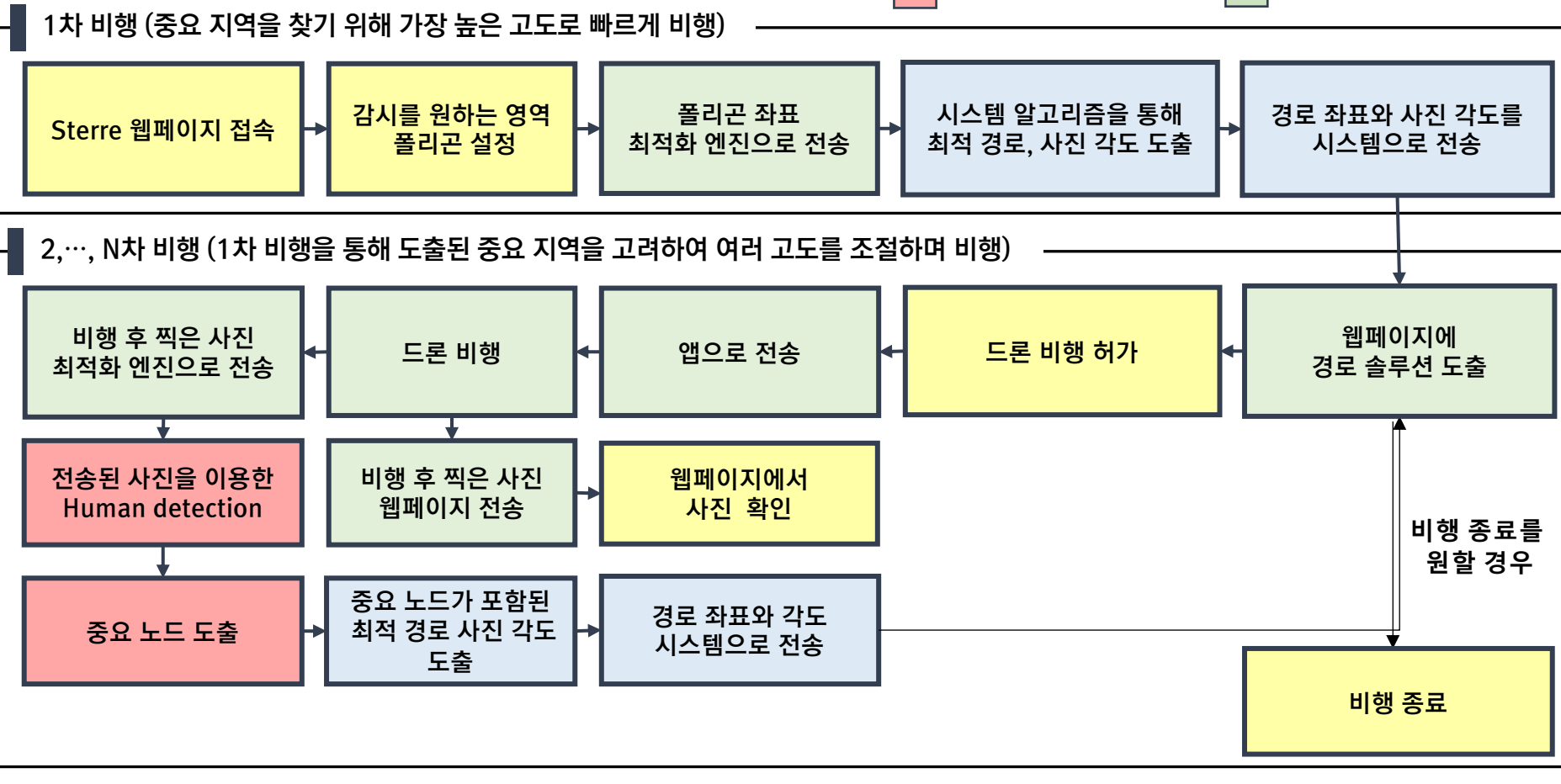
특정 상황이 아니라 효율적 감시가 필요하다 판단되는 다양한 상황에서 적용 가능한 시스템

프로젝트 기본 가정

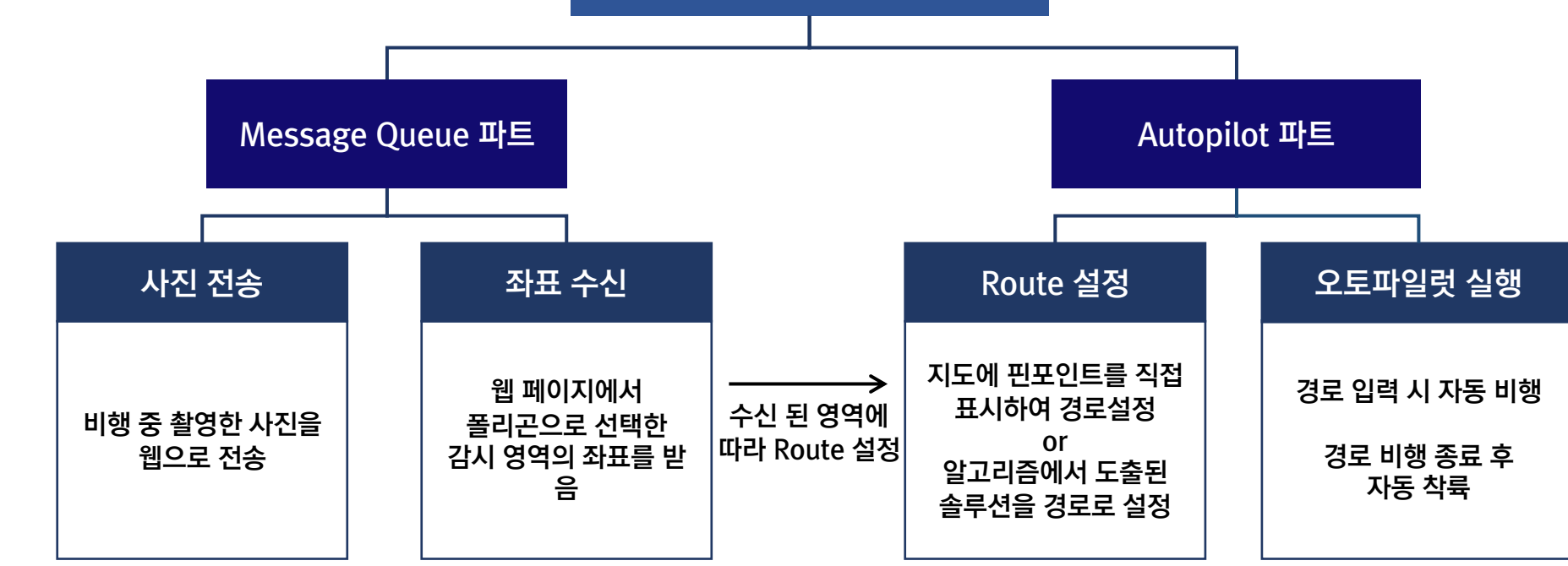
- 활영 영역 범위 측면
 - 감시영역은 지형의 높낮이가 완만한 지역으로 제한함
 - 본 프로젝트는 '중요 감시지역에 따라 촬영 고도를 달리하여 최적경로를 제공하는 드론 감시 시스템'을 구현함
 - 활용 예제 : 넓은 바다에 조난 사고가 발생했을 때 드론 감시 시스템을 이용하면 빠른 시간 안에 넓은 지역을 효율적으로 감시 할 수 있음
- 제품 / 시스템 측면
 - 모든 시스템은 앱을 거쳐서 웹으로 전송됨
 - PHANTOM 4를 통해 웹 감시 시스템을 구현하기 위해서는 중간 매개체인 어플리케이션이 필수임
 - 드론이 비행할 때 드론의 현재 좌표, 사진 등 모든 정보는 드론→앱→웹으로 이동함
- 중요 지역 설정 측면
 - 중요 지역은 사람이 많은 곳으로 설정
 - 본 프로젝트는 사람이 많은 곳을 중요지역으로 설정하여 사람이 많은 중요 지역은 보다 자세히, 사람이 적다 판단되는 지역은 빠르게 감시할 수 있는 시스템을 구현함 → 조난 상황을 가정

4 드론 감시 시스템

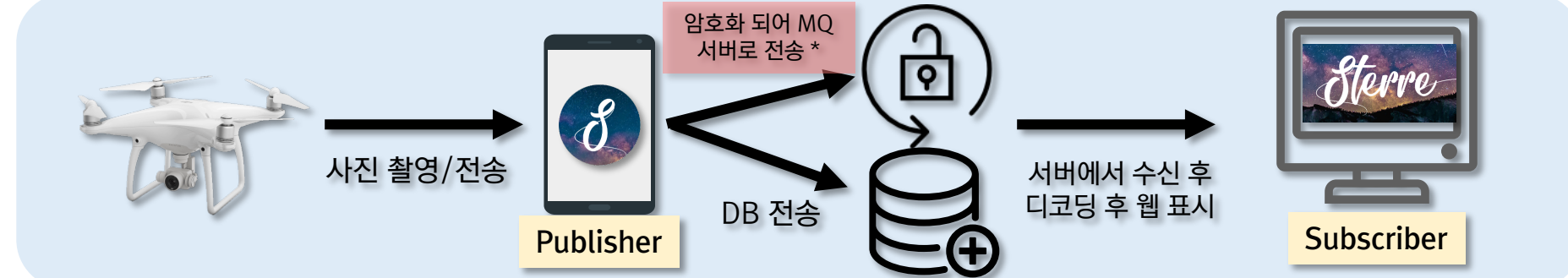
시스템 전체 Flow Chart



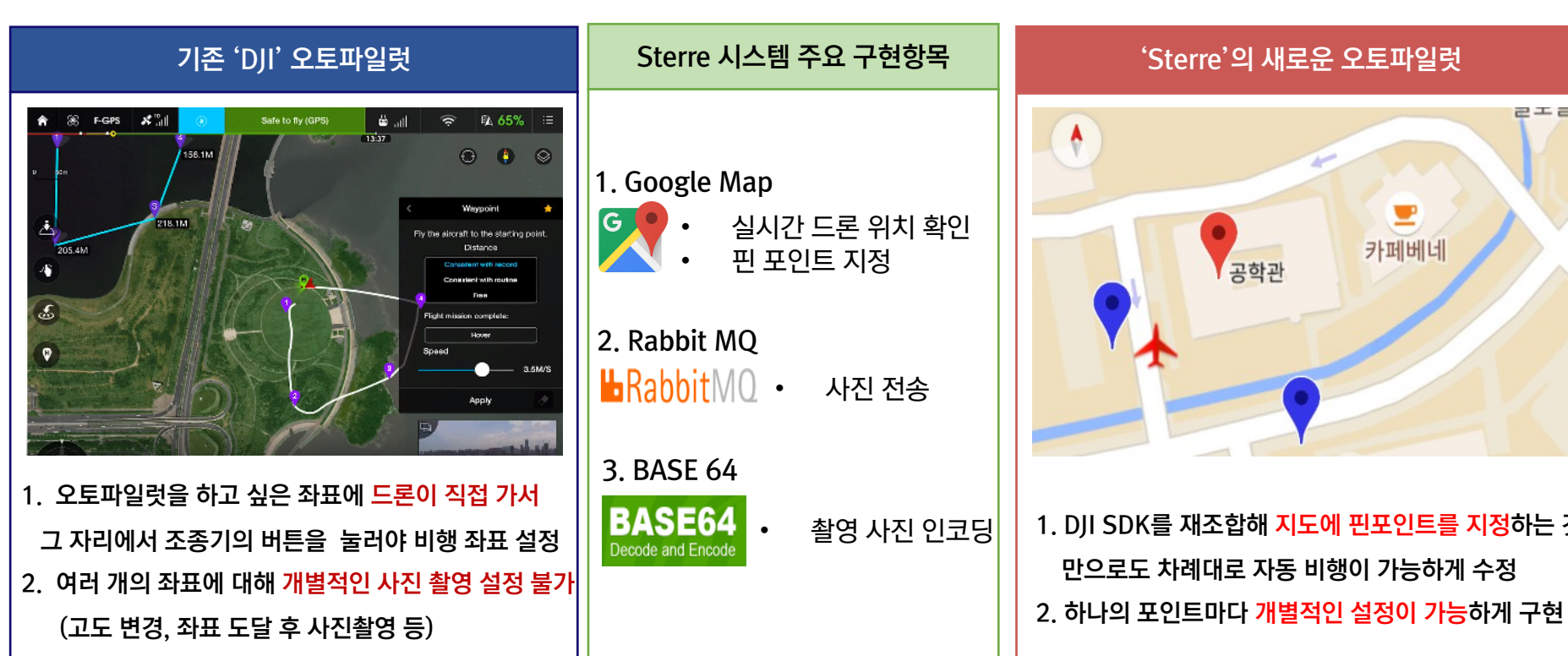
어플리케이션 구조도



시스템 데이터 전송(메세지큐)



오토파일럿 구현 과정



웹페이지 OUTPUT



6 결론

- ### 이론적 측면 기대효과
- 새로운 최적경로 연구 주제 제안
 - 새로운 수리모형(DLRWA)을 정의하고 비행고도를 고려해 촬영 장소와 최적 경로를 모두 도출하는 최적 경로 문제를 제안하였다.
 - DLRWA 최적화 문제는 기존에 많이 연구되지 않은 것이나 현재는 고도의 변화에 따른 배터리의 변화를 고려하지 못하고 있다. 이러한 부분을 고려하는 것을 향후 연구과제로 제시한다.
 - 중요지역을 고려한 드론의 최적 경로를 제시
 - 사용자는 능동적인 시스템을 통해 자동으로 중요 지역을 판단한 후 중요도에 따라 모든 지역을 커버하면서 가장 비행시간이 짧은 최적 경로를 제시한다.
- ### 실용적 측면 기대효과
- 다양한 상황에 적용될 수 있는 감시 시스템
 - 바다 조난, 산악사고, 홍수와 같은 재난 분야나 농장과 가축 관리와 같은 농업, 축산 분야 등 효율적 감시가 필요하다 판단되는 다양한 상황에서 적용 가능한 시스템
 - 사용자 개입이 최소화된 감시 시스템
 - 사용자가 감시 영역을 지정하고 비행 허가만 내려주면 본 시스템이 모든 비행 경로를 컨트롤 한다.
 - 현재 드론 시스템은 눈대중으로 경로를 설정하지만, 본 시스템은 최적화 알고리즘을 통해 산출한 좌표로 조종없이 오토파일럿으로 비행한다.
 - 감시 사진 지도 구성 및 경로 수정 가능
 - 사용자는 내가 원하는 지역과 해상도를 고려한 감시 사진 지도를 구성 할 수 있다.
 - 이미 생성된 historical Route를 수정하여 새로운 경로를 구성할 수 있다.