



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0100292
(43) 공개일자 2025년07월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G08G 5/80 (2025.01) G08G 5/00 (2025.01)
(52) CPC특허분류
G08G 5/80 (2025.01)
G08G 5/20 (2025.01)
(21) 출원번호 10-2023-0191721
(22) 출원일자 2023년12월26일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
이학태
경기도 수원시 장안구 화산로 85(천천동, 천천푸르지오 아파트)119-1302
류재영
대전광역시 서구 문예로 174(둔산동, 샘머리아파트) 105-1004
(74) 대리인
특허법인아이더스

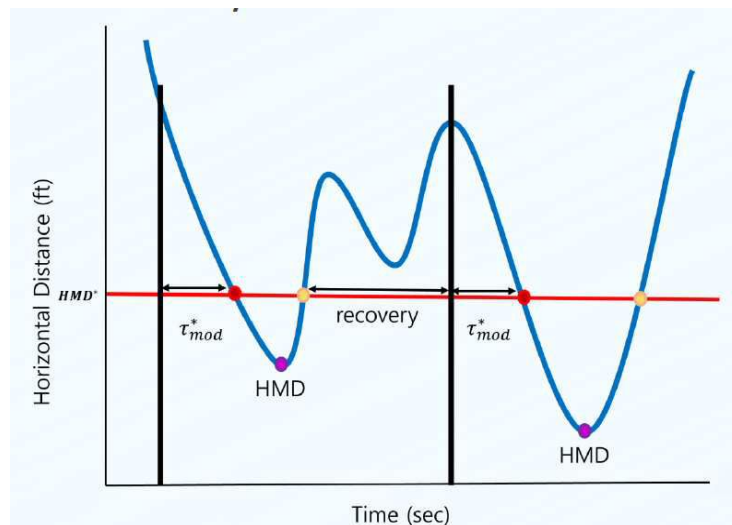
전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 발명의 명칭 항적 데이터를 이용한 충돌위험구간 분석 방법

(57) 요약

본 발명에 의한 항적 데이터를 이용한 충돌위험구간 분석 방법은, ABS-B 항적 데이터에서 각 비행기의 실제 궤적을 구하는 제1단계; 제1단계의 실제 궤적 데이터를 이용하여 실제 HMD, 실제 d_h , 실제 τ_{mod} 를 구하는 제2단계; 제2단계에서 구한 값을 이용하여 충돌위험구간을 구하는 제3단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류
G08G 5/70 (2025.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615013383
과제번호	KA158275
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	빅데이터기반항공안전관리보안인증기술개발사업
연구과제명	빅데이터 기반 항공안전관리 기술개발 및 플랫폼 구축
기 여 율	1/1
과제수행기관명	사단법인 항공우주산학융합원
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

ABS-B 항적 데이터에서 각 비행기의 실제 궤적을 구하는 제1단계;

제1단계의 실제 궤적 데이터를 이용하여 실제 HMD, 실제 d_h , 실제 τ_{mod} 를 구하는 제2단계;

제2단계에서 구한 값을 이용하여 충돌위험구간을 구하는 제3단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 항적 데이터를 이용한 충돌위험구간 분석 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제3단계에서 충돌위험구간을 구할 때, 프리벤티브 구간, 커렉티브 구간, 워닝 구간, 로스어브웰클리어 구간으로 나누어서 구하는 것을 특징으로 하는 항적 데이터를 이용한 충돌위험구간 분석 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 항적 데이터를 이용한 충돌위험구간 분석 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, ABS-B 항적 데이터를 이용하여 항공기 충돌위험이 있는 구간을 구하는 항적 데이터를 이용한 충돌위험구간 분석 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 항공기 간의 충돌이 일어날 경우, 항공기 내의 사람들은 물론 2차적으로 지상에 있는 사람들까지 피해를 겪을 수 있으므로, 이를 방지하고 예방하는 것은 항공 안전 분석에 있어서 중요하다. 하지만 항공기 간의 충돌은 발생 빈도 수도 적기 때문에 충돌이 일어난 사건을 이용하여 분석을 하는 것은 어렵다. 무인 항공기의 발달과 통신 장비의 발달로 인해 유인기와 무인기 간의 충돌 회피를 위한 Detect and Avoid 알고리즘이 개발되었다. 이를 이용하여 국내 공역의 충돌 위험 지역을 분석한 연구가 많이 진행되었다. 하지만 이를 그대로 이용하여 국내 공역의 충돌 위험도를 계산할 경우, 관제사의 지시 또는 고도 분리로 인해 실질적으로 위험이 일어나지 않았지만, 충돌 위험이 잡힌 경우가 많이 존재하였다.

[0003] 따라서 항공기 충돌 위험 지역을 좀 더 정확히 분석할 수 있는 방법이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국 공개특허공보 KR 10-2020-0059085 A(공개일: 2020. 5. 28.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은, 항적 데이터를 이용해 항공기 충돌위험이 있는 충돌위험구간을 좀 더 정확히 찾아내는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명에 의한 항적 데이터를 이용한 충돌위험구간 분석 방법은, ABS-B 항적 데이터에서 각 비행기의 실제 궤적을 구하는 제1단계; 제1단계의 실제 궤적 데이터를 이용하여 실제 HMD, 실제 d_h , 실제 τ_{mod} 를 구하는 제2단계; 제2단계에서 구한 값을 이용하여 충돌위험구간을 구하는 제3단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0007] 상기 제3단계에서 충돌위험구간을 구할 때, 프리벤티브 구간, 커렉티브 구간, 워닝 구간, 로스어브웰클리어 구간으로 나누어서 구할 수 있다.

발명의 효과

[0008] 본 발명에 의한 항적 데이터를 이용한 충돌위험구간 분석 방법은, 충돌위험구간을 좀 더 정확히 찾아낼 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 실제 비행 궤적과 직선운동 가정하에서의 궤적의 비교

도 2는 실제 수평거리의 그래프

도 3은 인천공항을 이용하는 비행기의 항적 데이터를 이용한 페이지 1 결과 비교

도 4는 인천공항을 이용하는 비행기의 항적 데이터를 이용한 페이지 2 결과 비교

도 5는 제주공항을 이용하는 비행기의 항적 데이터를 이용한 페이지 1 결과 비교

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명한다. 그리고, 본 발명은 다수의 상이한 형태로 구현될 수 있고, 기술된 실시 예에 한정되지 않는다.

[0011] 종래 항공기의 충돌 위험을 예측하기 위해, DAA Eell Clear(DWC)가 정의되어 있었다.

[0012] DAA Eell Clear(DWC)에서는 τ_{mod} , HMD, d_h 를 구하여 충돌위험을 분석하고, 그 값을 구하는 수식은 다음과 같다.

$$t_{cpa} = -\frac{d_x v_{rx} + d_y v_{ry}}{v_{rx}^2 + v_{ry}^2}$$

$$HMD = f(x) = \begin{cases} \sqrt{(d_x + v_{rx} t_{cpa})^2 + (d_y + v_{ry} t_{cpa})^2}, & t_{cpa} > 0 \\ -\infty, & x \geq 0 \end{cases}$$

$$\tau_{mod} = -\frac{(r^2 - DMOD^2)}{r\dot{r}} = \frac{DMOD^2 - r^2}{r\dot{r}}$$

$$d_h = abs(h_1 - h_2)$$

[0013]

[0014] 그리고 상기 공식에 의해 구한 값으로 판단하는 페이지 1의 기준은 다음과 같고,

	preventive	corrective	warning	LoWC
τ_{mod}^*	35 sec	35 sec	35 sec	35 sec
$HMD^*, DMOD$	4,000 ft	4,000 ft	4,000 ft	4,000 ft
d_h^*	700 ft	450 ft	450 ft	450 ft
Alert times	55 sec	55 sec	25 sec	0 sec

[0015]

[0016] 페이지 2의 기준은 다음과 같다.

	warning	LoWC
τ_{mod}^*	0 sec	0 sec
$HMD^*, DMOD$	1,500 ft	1,500 ft
d_h^*	450 ft	450 ft
Alert times	45 sec	0 sec

[0017]

[0018] 상기 수식과 페이지 1, 페이지 2는 이미 공지되어 있으므로, 자세한 설명은 생략한다.

[0019] 그런데 상기 방법에 의해 구한 값은 각각의 순간에 각 비행기들이 직선 운동을 한다는 가정하에서 구한 값들이므로, 실제 비행 궤적과 차이가 날 수 있다.

[0020] 도 1은 실제 비행 궤적과 직선운동 가정하에서의 궤적의 비교이다.

[0021] 파란색 실선과 빨간색 실선은 2개의 비행기의 실제 비행 궤적이다.

[0022] point 1에서 2개의 비행기가 직선운동을 한다고 가정하면, 45초 후에 노란 색 별 위치에서 충돌할 위험성이 있다. 따라서 point 1은 corrective alert 으로 간주될 수 있다.

[0023] point 2에서 2개의 비행기가 직선운동을 한다고 가정하면, 25초 후에 오렌지색 별 위치에서 충돌할 위험성이 있다. 따라서 point 2는 warning alert 으로 간주될 수 있다.

[0024] 그러나 실제 궤적에서 point 6 이전에는 충돌 위험성이 없었고, point 6에서 2개의 비행기가 매우 근접하여 충돌 위험이 있다.

[0025] 따라서 종래의 DAA Eell Clear(DWC)에서는 충돌 위험이 없는 지역을 충돌 위험 지역으로 평가하는 경향이 있다.

[0026] 그런데 본 발명에서는 기존에 HMD, d_h , τ_{mod} 대신, 실제 HMD, 실제 d_h , 실제 τ_{mod} 라는 개념을 도입하여, 충돌 위험구간을 분석한다.

[0027] ABS-B 항적 데이터에서 각 비행기의 각 시간에서의 위치를 알 수 있다면, 2개의 비행기 사이의 실제의 수평거리 및 실제의 수직거리를 알 수 있다.

[0028] 도 2는 실제 수평거리의 그래프이다.

[0029] 도 2에서 실제 수평거리는 시간에 따라 변하고 있다.

[0030] 이 실제 수평거리가 가장 가까울 때의 거리를 "실제 HMD"라고 부를 수 있다. HMD는 수평거리가 최소가 될 때의 수평거리이다. 따라서 실제 수평거리가 가장 가까워지는 때의 거리가 실제 HMD라고 할 수 있다.

[0031] 그리고 실제 수직 거리가 최소가 될 때의 거리를 "실제 d_h " 라고 부를 수 있다. d_h 는 수직 거리가 최소가 될 때의 수직 거리이다. 따라서 실제 수직거리가 가장 가까워지는 때의 거리가 실제 d_h 라고 할 수 있다.

[0032] 본 발명에서의 판단 기준값은 DWC 판단방법에서의 기준값과 동일하고, 본 출원에서의 기준값(threshold)은 다음과 같이 표시할 수 있다.

Threshold	Preventive		Corrective		Warning		Loss of Well clear	
	Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2
τ_{mod}^*	35 sec	-	35 sec	-	35 sec	0 sec	35 sec	0 sec
HMD^*	4,000 ft	-	4,000 ft	-	4,000 ft	1,500 ft	4,000 ft	1,500 ft
d_h^*	700 ft	-	450 ft	-	450 ft	450 ft	450 ft	450 ft
Time of Alert	55 sec	-	55 sec	-	25 sec	45 sec	0 sec	0 sec

[0033]

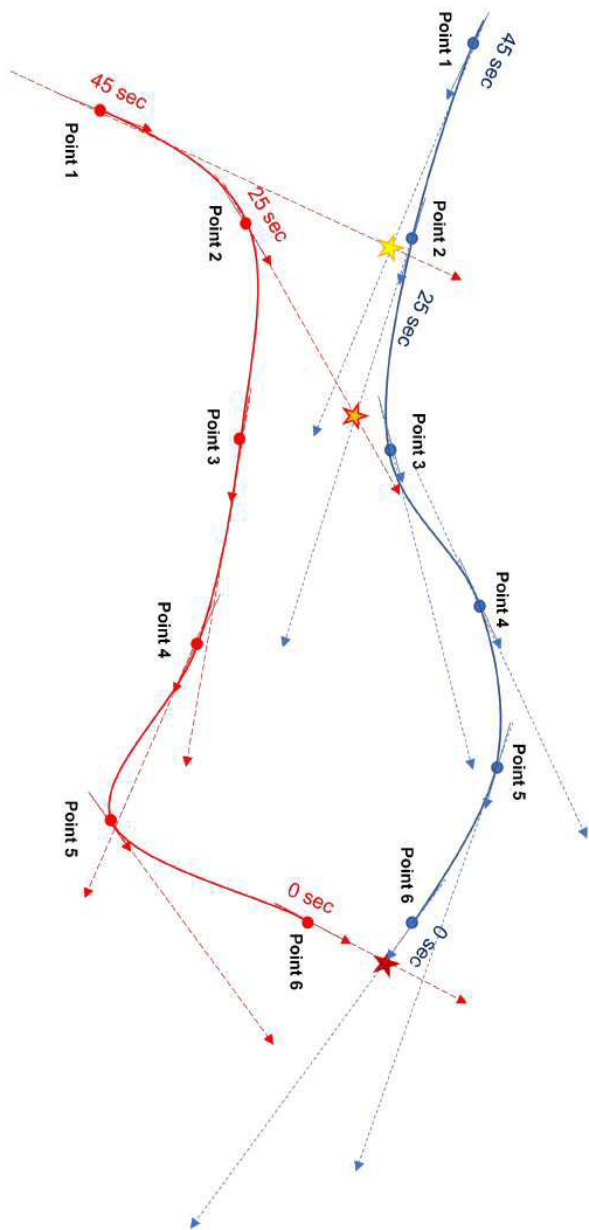
[0034] 실제 수평 거리가 HMD^* 보다 작아지는 지점 을 violation point 로 정의하고, violation point 까지 남은 시간을 τ_{mod} 라고 정의하면, 도 2에서와 같이 τ_{mod} 를 표시할 수 있는데, 이것은 실제 수평거리에서의 τ_{mod} 이므로,

이것은 "실제 τ_{mod} "라고 부를 수 있다.

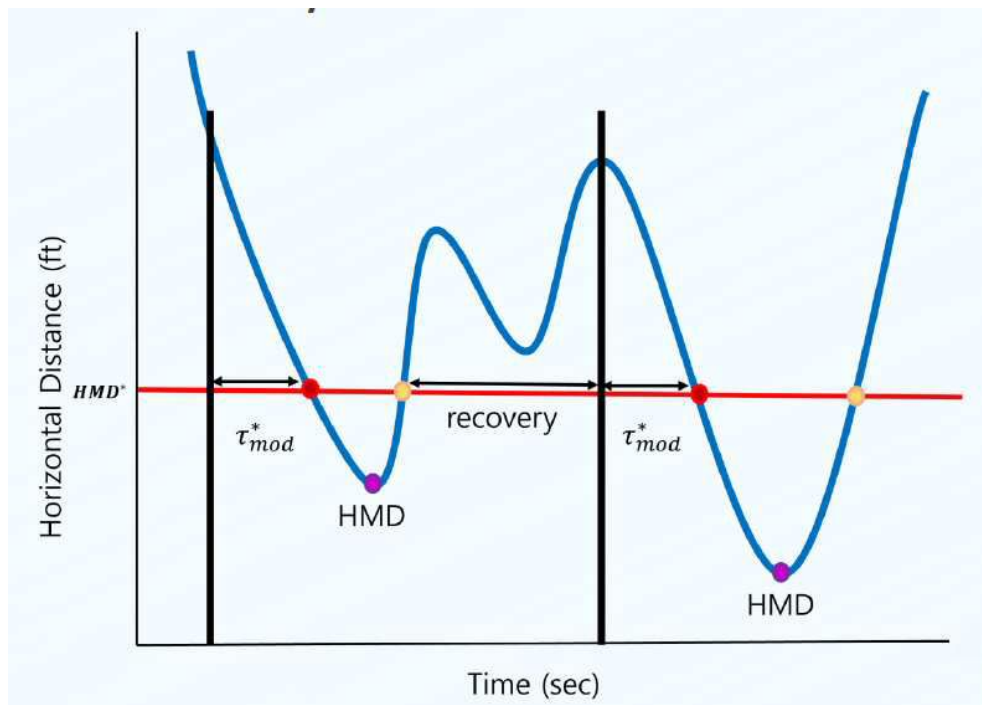
- [0035] 본 발명에서는 기존의 DAA Eell Clear(DWC)와는 달리, 실제 비행 위치 데이터를 이용하여, 실제 HMD, 실제 d_h , 실제 τ_{mod} 를 구하여 충돌위험구간을 분석한다.
- [0036] 실제 HMD, 실제 d_h , 실제 τ_{mod} 를 구하면, 이 값을 이용하여 프리벤티브 구간, 커렉티브 구간, 워닝 구간, 로스어브웰클리어 구간으로 나누어서 충돌위험구간을 분석할 수 있다.
- [0037] 프리벤티브 구간, 커렉티브 구간, 워닝 구간, 로스어브웰클리어 구간으로 나누는 기준은 종래의 DWC와 같다.
- [0038] 본 발명에 의한 방법은 실제 항적 데이터(Trajectory data)를 이용한 DWC방법이므로, "TDWC"라고 부를 수 있다.
- [0039] 도 3은 인천공항을 이용하는 비행기의 항적 데이터를 이용한 페이지 1 결과 비교이다.
- [0040] 즉 인천공항을 이용하는 비행기의 항적 데이터를 이용하여 페이지 1 기준으로 충돌위험구간을 분석한 결과이다.
- [0041] 충돌위험구간의 시간을 합산한 결과 TDWC에서 33%가 감소했다.
- [0042] 도 4는 인천공항을 이용하는 비행기의 항적 데이터를 이용한 페이지 2 결과 비교이다.
- [0043] 즉 인천공항을 이용하는 비행기의 항적 데이터를 이용하여 페이지 2 기준으로 충돌위험구간을 분석한 결과이다.
- [0044] 충돌위험구간의 시간을 합산한 결과 TDWC에서 33%가 감소했다.
- [0045] 도 5는 제주공항을 이용하는 비행기의 항적 데이터를 이용한 페이지 1 결과 비교이다.
- [0046] 즉 제주공항을 이용하는 비행기의 항적 데이터를 이용하여 페이지 1 기준으로 충돌위험구간을 분석한 결과이다.
- [0047] 충돌위험구간의 시간을 합산해보지는 않았지만, 대충 보아도 충돌위험구간이 대폭 감소했음을 알 수 있다.
- [0048] 도 3 내지 도 5의 결과로 판단할 때, 본 발명에서의 방법(TDWC)이 기존의 방법(DWC)보다 적은 충돌위험구간을 표시하고 더 정확하게 표시하므로, 충돌위험이 적은 항로를 설계할 때 도움이 된다.
- [0049] 본 발명에 의한 항적 데이터를 이용한 충돌위험구간 분석 방법은 다음의 3단계를 포함한다.
- [0050] (1)ABS-B 항적 데이터에서 각 비행기의 실제 궤적을 구하는 제1단계
- [0051] (2) 제1단계의 실제 궤적 데이터를 이용하여 실제 HMD, 실제 d_h , 실제 τ_{mod} 를 구하는 제2단계
- [0052] (3) 제2단계에서 구한 값을 이용하여 충돌위험구간을 구하는 제3단계
- [0053] 상기 제3단계에서 충돌위험구간을 구할 때, 프리벤티브 구간, 커렉티브 구간, 워닝 구간, 로스어브웰클리어 구간으로 나누어서 구할 수 있다.

도면

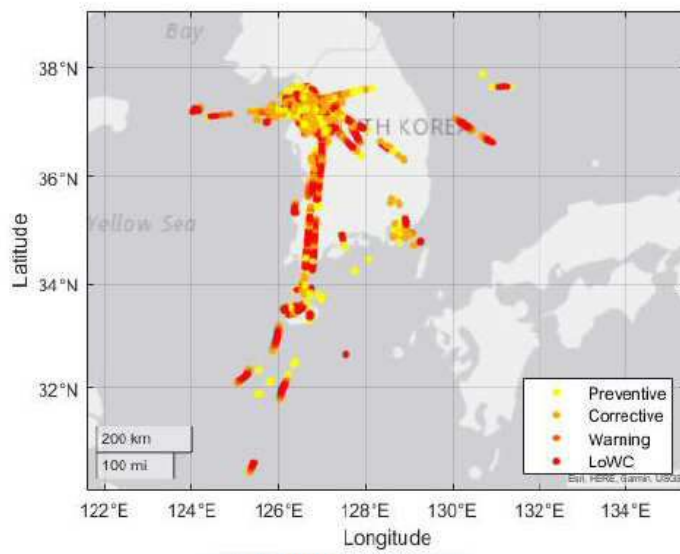
도면1



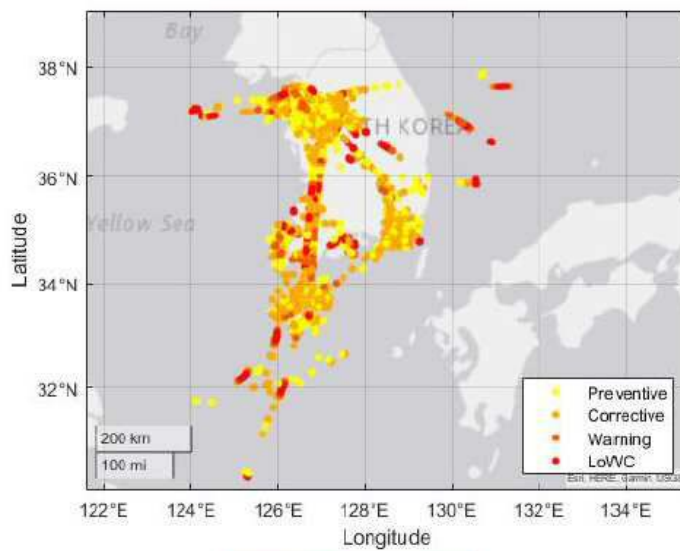
도면2



도면3

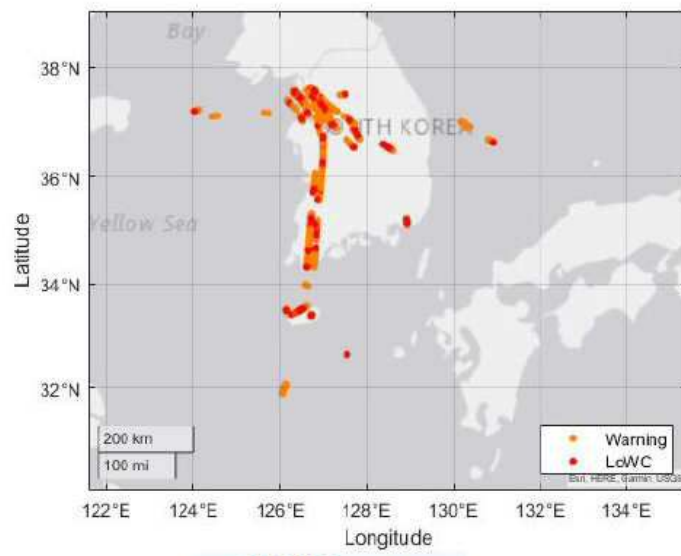


<TDWC case >

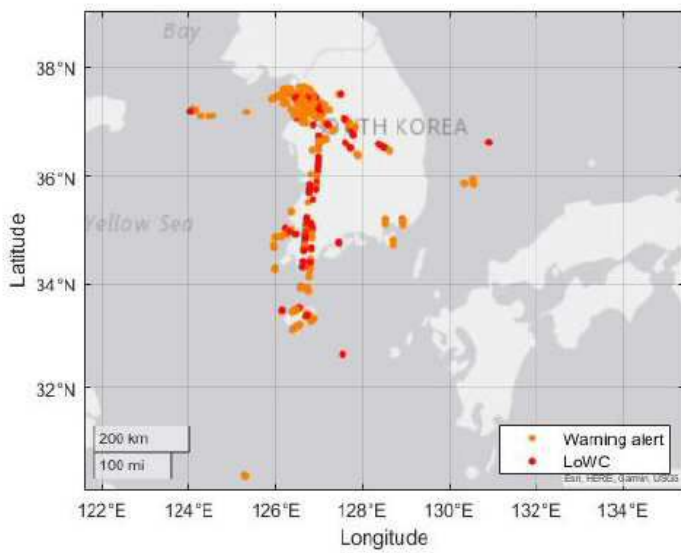


<DWC case >

도면4

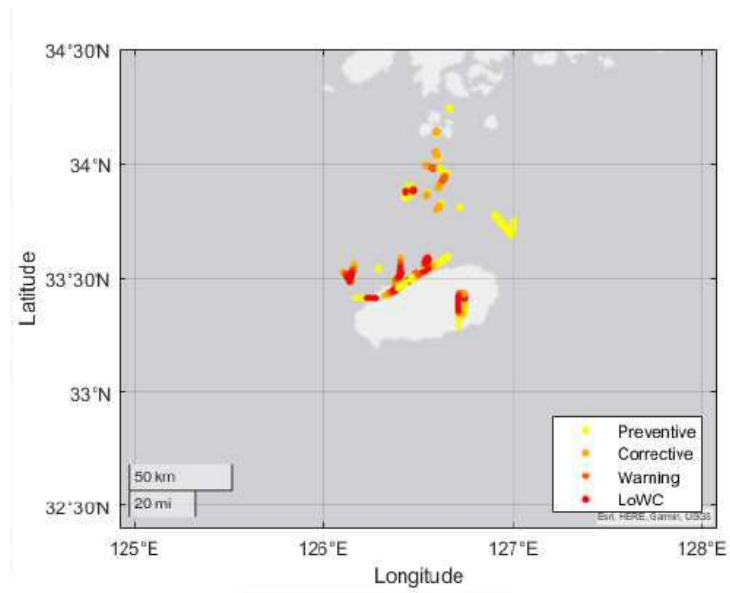


<TDWC case >

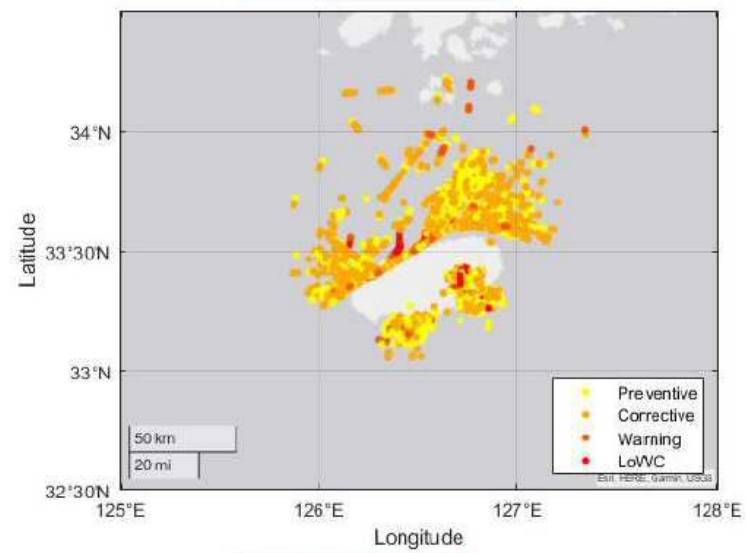


<DWC case >

도면5



<TDWC case >



<DWC case >