

# 항공안전 위해요인 식별 및 효과적인 웹 시각화에 관한 연구

김 영 곤\*, 조 인 휘<sup>o</sup>

## A Study on the Identification of Aviation Safety Hazards and Its Effective Web Visualization

Young-gon Kim\*, Inwhee Joe<sup>o</sup>

### 요 약

본 연구에서는 실제 항공기 운항 데이터인 ADS-B 데이터를 기반으로 항공기의 실제 운항상태를 기존의 단순한 시각화 표현이 아닌 공간적, 시간적 요인을 추가하여 다양한 측면에서 항공안전과 관계되는 요인을 웹(Web) 화면을 통해 제공함으로써 항공안전 위해요인을 식별하고자 한다. ADS-B 데이터의 위경도 좌표계를 이용해 GIS 지도 상에 항적을 표시하고 시간적, 공간적 분석을 제공함으로써 위해요인 발생지역 및 시간에 따른 위해요인 발생시점 등을 확인할 수 있도록 하였다. 또한 본 연구에서는 공항별, 항공사별, 기종별로 구분하여 위해요인 발생에 대해 입체적인 분석을 제공함으로써 항공안전 사고를 줄이는데 도움이 되고, 관련 위해요인을 파악할 수 있도록 함으로써 궁극적으로는 항공안전사고를 줄이거나 예방하는데 큰 도움이 될 것으로 기대한다.

**키워드** : 항공안전관리, 데이터베이스 설계, 데이터 분석, 데이터 마트, 메타데이터

**Key Words** : Aviation Safety Management, Database design, Data Analysis, Data Mart, Meta data

### ABSTRACT

We intend to identify the Hazards of aviation safety as we provide web that related factor of aviation safety based on ADS-B data in real flight data in various aspects adding space and time factor unlike the existing visualization expression. It is possible to check the occurred areas of hazard and occurred point of hazard depending on the time as we provide time and space analysis and display the flight path on GIS map using the latitude longitude coordinate system in ADS-B data. In addition, This study will be helped to reduce accident of aviation safety as we provide multidimensional analysis for occurrences of hazard divide by airports, airlines, flight models respectively.

※ 본 논문은 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업 “빅데이터 기반의 항공안전관리 기술개발 및 플랫폼 구축” 연구사업의 2차년도 성과를 기반으로 작성되었습니다.

※ 본 연구는 국토교통부 항공안전기술사업의 일환으로, “빅데이터 기반 항공안전관리 기술개발 및 플랫폼 구축(22BDAS-C158275-03)” 사업을 통해 수행되었습니다.

※ This work is supported by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “Aviation Safety Management with Big Data Platform Implementation(Grant 22BDAS-C158275-03)”.

• First Author : Neighbor System, ntzkimy@neighbor21.co.kr, 정희원

◦ Corresponding Author : Hanyang University Department of Computer Science, iwjoe@hanyang.ac.kr, 정희원

논문번호 : 202110-282-C-RU, Received October 11, 2021; Revised February 23, 2022; Accepted March 12, 2022

## 1. 서 론

먼저 항공안전에 위해가 되는 항공사고, 위해요인 등 종류에 따라 분류하는 분류 기준은 아래와 같은 다양한 방법들이 존재한다. 이 논문에서는 먼저 이러한 분류에 대해 식별을 진행하고, 특정 위해요인 선별하여 이를 효과적으로 시각화 하는 방법에 대해 연구를 진행하고자 한다.

국토교통부에서 제작한 [항공안전데이터 처리 및 활용에 관한 규정]에 의하면 “발생유형(type of occurrence)”에 따라 항공기 사고, 항공기 준사고, 항공안전장애 등(이하 “이벤트”라 한다)로 구분하였다.<sup>[1]</sup>

- 항공기 사고
- 항공기 준사고
- 항공안전장애

또한, 각 국가별로 상이한 항공사고 분류기준에 따른 문제를 해결하기 위해 미국의 CAST 및 ICAO는 공통의 분류 팀(CICTT)을 구성하여 비행단계, 사고발생유형, 인적요인, 위해요인 등의 다양한 표준을 제정하였는데, ICAO CICTT 분류체계 세부는 아래와 같다.

공중(Airborne)에서 발생하는 항공사고는 아래와 같이 10개 항목을 정의하였다.<sup>[2]</sup>

- 급기동(ABRUPT MANEUVER) AMAN
- 항공기간 근접비행(AIRPROX/TCAS ALERT/LOSS OF SEPARATION/NEAR MIDAIR COLLISIONS/MIDAIR COLLISIONS) MAC
- CFIT(CONTROLLED FLIGHT INTO/TOWARD TERRAIN) CFIT
- 연료관련 이벤트(FUEL RELATED) FUEL
- 활공기 견인 관련 이벤트(GLIDER TOWING RELATED EVENTS) GTOW
- 비행중 항공기 조종성 상실(LOSS OF CONTROL - INFLIGHT) LOC - I
- 비행 중 양력 조건의 상실(LOSS OF LIFTING CONDITIONS EN ROUTE) LOLI
- 저고도 비행(LOW ALTITUDE OPERATIONS) LALT
- 항행 오류(NAVIGATION ERRORS) NAV
- 계기비행기상조건에서의 의도치 않은 비행(UNINTENDED FLIGHT IN IMC) UIMC

항공기(Aircraft)에 대한 직접적인 사고는 아래와 같이 3개로 정의하였다.

- 충돌과 상관 없이 발생한 화재/연기(FIRE/SMOKE (NON-IMPACT)) F - NI
- 발동기 이외 부분의 시스템 및 부품의 고장이나 기능이상(SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (NON-POWERPLANT)) SCF - NP
- 발동기 부분의 시스템 및 부품의 고장이나 기능이상(SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (POWERPLANT)) SCF - PP

지상운항(Ground Operations) 중 발생하는 항공사고는 다음의 9개로 정의하였다.

- 비상탈출(EVACUATION) EVAC
- 충돌 후 발생한 화재/연기(FIRE/SMOKE (POST-IMPACT)) F - POST
- 지상운항 중 충돌(GROUND COLLISION) GCOL
- 주기장 지역 운영(GROUND HANDLING) RAMP
- 지상운항 중 항공기 조종성 상실(LOSS OF CONTROL - GROUND) LOC - G
- 항행오류(NAVIGATION ERRORS) NAV
- 활주로 이탈(RUNWAY EXCURSION) RE
- 활주로 침범(RUNWAY INCURSION) RI
- 야생동물(WILDLIFE) WILD

항공사고 중 기타(Miscellaneous) 항목은 7개로 정의하였다.

- 조류 BIRD
- 객실안전관련 이벤트(CABIN SAFETY EVENTS) CABIN
- 외부 적재물 관련 발생사건(EXTERNAL LOAD RELATED OCCURRENCES) EXTL
- 의학적 사건(MEDICAL) MED
- 기타(OTHER) OTHR
- 보안관련 사건(SEcurity RELATED) SEC
- 미정 사건(UNKNOWN OR UNDETERMINED) UNK

항공기 외 관련(Non-aircraft related) 항공사고는 2개로 정의하였다.

- 공항(AERODROMES) ADRM
- ATM/CNS(Air Traffic Management/Communication, Navigation, Surveillance)

이착륙(Takeoff and Landing) 중 발생한 항공사고는 아래와 같이 3개로 정의하였다.

- 비정상 활주로접촉(ABNORMAL RUNWAY CONTACT) ARC
- 이착륙 중 장애물과의 충돌(COLLISION WITH OBSTACLE(S) DURING TAKEOFF AND LANDING) CTOL
- 미착/과착(UNDERSHOOT/OVERSHOOT) USOS

기상(Weather)과 관련된 항공사고는 3개로 정의하였다.

- 착빙(ICING) ICE
- 난기류 조우(TURBULENCE ENCOUNTER) TURB
- 윈드시어 또는 뇌우(WIND SHEAR OR THUNDERSTORM) WSTRW

또한, 이벤트가 아닌 비행 단계(Phase of Flight)에 따른 구분을 다음의 13단계로 정의하였다.

- 정지(STANDING) STD
- 푸쉬백/견인(PUSHBACK/TOWING) PBT
- 유도로 이동(TAXI) TXI
- 이륙(TAKEOFF) TOF
- 초기상승(INITIAL CLIMB) ICL
- 순항(EN ROUTE) ENR
- 비행기동(MANEUVERING) MNV
- 접근(APPROACH) APR
- 착륙(LANDING) LDG
- 비상강하(EMERGENCY DESCENT) EMG
- 조종불능으로 인한 강하(UNCONTROLLED DESCENT) UND
- 충돌 후(POST-IMPACT) PIM
- 미상(UNKNOWN) UNK

또한 일반적인 항공기 운항 중 위해요인(Hazard)에 대해서는 아래와 같이 정의하였다.

- 환경적 위해요인(ENVIRONMENTAL) ENV
- 나쁜 날씨 상황이나 기후 관련 위해요인
- 기술적 위해요인(TECHNICAL) TECH

- 조직적 위해요인(ORGANIZATIONAL) ORG
- 인간 관련 위해요인(HUMAN) HUM

CICTT(CAST/ICAO Common Taxonomy Team)에 의한 전체적인 분류는 아래와 같은 142가지 분류이다. 세부적으로는 아래와 같다.

- Human Factors(7)
- Hazards Taxonomy(4)
- Air Traffic Taxonomy(13)
- Occurrence Categories(36)
- Phases of Flight(13)
- Positive Taxonomy(21)
- System/Component Failure or Malfunction (powerplant)(24)
- System/Component Failure (non-powerplant) (24)

아래의 [표 1]은 CICTT(CAST/ICAO Common Taxonomy Team)에서 분류한 위험 상황에 대해 정리한 것이며, Human Factor, Hazards, Air Traffic, System/Component Failure 등의 분야로 위험상황을 정리한 것을 볼 수 있다.<sup>[2]</sup>

발생결과에 따른 심각도는 아래 [표 2]와 같이 구분하고 있다.

이 논문에서는 B(위험 - Hazardous), C(중요 - Major), D(경미 - Minor) 항목에 초점을 맞추어 큰 사고로 이어지지는 않았지만 위해요인이 될 수 있는 항목에 초점을 맞추어 분석주제를 정하였다.

기존의 시각화 관련 논문을 보면 [항공기 상태전이

표 1. CICTT(CAST/ICAO Common Taxonomy Team) 분류  
Table 1. Classification of CICTT(CAST/ICAO Common Taxonomy Team)[3]

IACIS Aircraft Taxonomy	1건
Human Factors)	7건
IACIS Aircraft Engine Taxonomy	1건
Hazards Taxonomy(4)	4건
Air Traffic Taxonomy(13)	13건
Occurrence Categories(36)	36건
Phases of Flight(13)	13건
Positive Taxonomy(21)	21건
System/Component Failure or Malfunction (powerplant)(24)	24건
System/Component Failure (non-powerplant) (24)	24건

표 2. 위해요인별 발생결과의 심각도 구분  
Table 2 Severity Classification of Occurrence Result by Hazard Factor

구분	위험 구분	위해요인 평가결과
A	매우 심각 (Catastrophic)	- 항공기 사망사고 - 해당 위해요인이 사망사고 또는 항공기 전파 사고에 준하는 것으로 판단되는 경우로 운항 상의 막대한 영향을 미칠 수 있거나, 항공기 탑승자의 위험으로 발전될 수 있는 것으로 판단되는 경우
B	위험 (Hazardous)	- 항공기 사고(비사망) - 해당 위해요인이 비사망 사고 또는 항공기 대파 사고에 준하는 것으로 판단되는 경우로 운항 상의 심각한 영향을 미칠 수 있거나, 관련 구체적인 위협정보에 따라 즉각적 안전조치를 요하는 것으로 판단되는 경우
C	중요 (Major)	- 항공기 준사고 - 항공안전장애이나 항공기 준사고에 준하게 운항 상에 영향이 상당하다고 판단되는 경우
D	경미 (Minor)	- 항공안전장애에는 해당되나 운항 상의 영향이 미미한 것으로 판단되는 경우
E	매우 경미 (Negligible)	- 항공안전장애에는 해당되나 운항 상의 영향 또는 탑승자에 대한 위험으로 발전되지 않는다고 판단되는 경우

정보를 이용한 비행경로 시각화 기법 연구<sup>[4]</sup>에서는 [그림 1]과 같이 평면 2차원 상에 비행고도 등을 색깔로 구분하여 표시하였다.

또한 [도심 지역 LTE 측위 기반 무인항공기 안전거리 생성 알고리즘 연구 및 시각화 도구 개발]<sup>[5]</sup> 논

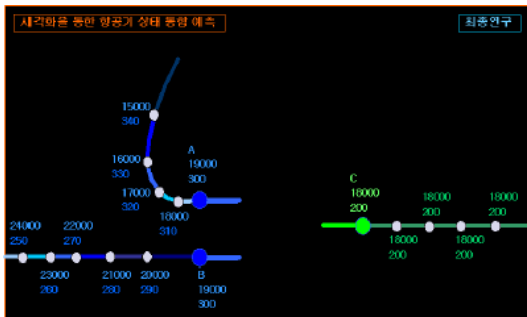


그림 1. 시각화를 통한 항공기 상태 통합 예측  
Fig. 1. A consolidated prediction of airplane's status through a visualization.

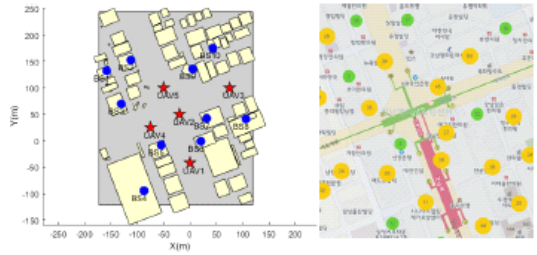


그림 2. 3D 지도(왼쪽)와 실제 도심 지역(오른쪽)의 무인항공기와 LTE 기지국 배치도  
Fig. 2. The layouts of UAVs and LTE base stations in our 3D city map (left) and real urban area (right)

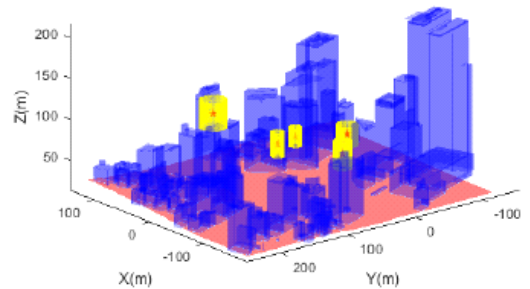


그림 3. 안전거리(보호 수준) 가시화 예시  
Fig. 3. Example of safety distance (protection level) visualization.

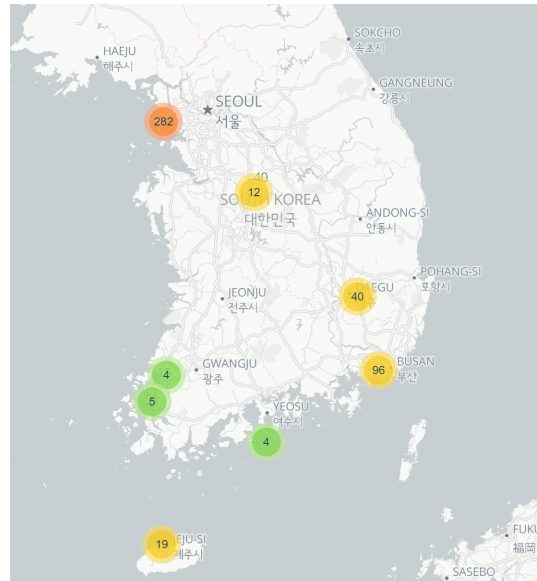


그림 4. 복행(Go-Around) 전국 통계 시각화 예시  
Fig. 4. Visualization example for Go-Around of all parts of the country.

문에서는 [그림 2]와 [그림 3]과 같이 무인항공기에 대한 시각화를 진행하였는데, GIS 2D와 3D 지도를

통해 항공기의 위치를 시각화하는 데에 집중하였다.

본 논문에서는 [그림 4]와 같이 전국적인 위해요인 통계를 한 눈에 볼 수 있도록 GIS 지도 상에 표현하고 위해요인을 클릭했을 때 각각의 항적을 볼 수 있도록 개선하였다.

## II. 시각화를 위한 데이터 처리

본 논문에서는 다양한 위해요인 중 ADS-B 데이터를 이용해 위해요인을 분석할 수 있는 Go-Around, Airborne Proximity, High Energy 등에 초점을 맞추었다. 항공안전에는 다양한 위해요인이 존재하지만, FOQA 데이터 등을 활용하면 위에서 언급한 많은 위해요인들에 대한 분석이 가능하지만, FOQA 데이터는 항공사에서 고유하게 취급하고 보안 데이터의 성격이 강해 외부 유출을 하지 않으므로 데이터 확보에 어려움이 있으므로, ADS-B를 통해 효과적인 위해요인 분석이 가능한 주제로 선정하였다.

[표 3]에 확보한 ADS-B 데이터의 주요 컬럼들을 나타내었으며, Go-Around를 시각화하기 위해 [그림 5]와 같이 위도(Latitude), 경도(Longitude), 고도(Altitude) 값을 활용하여 출발공항(Origin)과 도착공항(Dest) 등의 값을 생성하였으며, ADS-B의 [05 Hex Identification] 값을 활용하여 기종(Flight Type)과 매핑하였다.

[표 3]은 ADS-B 데이터에 있는 주요 내용을 자세히 기술한 것이다.

또한, 항공기의 착륙시간과 방향각을 고려하여 표시가 가능한 활주로(Runway) 값을 생성하였다. 아래의 [그림 6]은 위의 [그림 5]의 세 번째 컬럼(Callsign: CPA420)에 대한 세부 비행시각 및 경로 등을 확인하기 위해 ADS-B에서 추출하여 매핑시킨 데이터이다.

[그림 6]에서 맨마지막 컬럼 Specific Energy에서 값이 1인 항목이 평균치 분석을 통해 평균치를 벗어난 Anomaly를 표시한 것으로 Go-Around가 발생했을 것으로 예상되는 시점 및 좌표이다. 이런 Go-Around 시점과 위치 파악을 통해 High Energy와 위험상황을 줄이기 위한 목적으로 데이터를 분석하였다.

이와 같이 ADS-B) 및 항공안전 위해요인을 시각화하기 위해 본 논문에서는 [그림 7]와 같이 테이블을 구성하였으며, 데이터베이스는 PostgreSQL 9.5 버전

1) ADS-B는 GPS 위성 항법 시스템과 1,090 MHz 전송 링크를 이용하여 항공기 감시 정보를 일정 주기마다 지상의 항공 교통 관제 및 다른 항공기에 자동으로 방송하는 항공기 감시 체계이다. 수신기를 설치하면 이 데이터를 수신할 수 있다.

표 3. ADS-B 데이터의 주요 컬럼들  
Table 3. Main columns of ADS-B data

번호	컬럼	내용
01	Message type	MSG, STA, ID, AIR, SEL, CLK 등으로 표시됨
02	Transmission Type	어떤 내용을 담고 있는지 판별할 수 있는 정보
03	Session ID (Not Used)	현재 장비에서는 "111"로만 나타남
04	Aircraft ID (Not Used)	현재 장비에서는 "111"로만 나타남
05	Hex Identification	항공기의 고유 식별 부호
06	Flight ID (Not Used)	본 장비에서는 "111111"로만 나타남
07	Msg. Gen. Date	메시지가 생성된 날짜
08	Msg. Gen. Time	메시지가 생성된 시간
09	Msg. Rec. Date	메시지가 수신된 날짜
10	Msg. Rec. Time	메시지가 수신된 시간
11	Callsign	항공기의 Callsign(≈항공편명)
12	Altitude	항공기의 고도
13	Speed	항공기의 속도(Ground Speed)
14	Track Angle	항공기의 방위각
15	Latitude	항공기의 위도
16	Longitude	항공기의 경도
17	Vert Rate	항공기의 상승률(수직방향 속도)
18	Squawk Code	항공기의 Squawk Code
19	Alert	항공기의 경보 여부 (0 or 1)
20	Emergency	항공기의 비상 여부 (0 or 1)
21	SPI	항공기의 응답기가 활성화 되어있는지 여부 (0 or 1)
22	On Ground	항공기의 지상/공중 여부 (0 or 1)

Date	GA_Time	Callsign	Origin	Dest	FlightType	Runway	filename
20190101	2019-01-01 20:12	CPA420	RCTP	RKSI	A333		CPA420-1546151180-airline-0222-2.csv
20190101	2019-01-01 19:19	PAL468	RPLL	RKSI	A332		PAL468-1546150500-schedule-0001-2.csv
20190101	2019-01-01 21:19	JJA3401	RGSN	RKSI	Unknown		JJA3401-1546151178-airline-0289-2.csv
20190102	2019-01-02 13:12	AAAR121	RUGG	RKSI	8763		AAAR121-1546221900-schedule-0000-0.csv
20190103	2019-01-03 10:38	KAL1332	RKCY	RKSS	B739		KAL1332-1546305300-schedule-0000-0.csv
20190106	2019-01-06 4:14	AAAR704	RPLL	RKSI	A333		AAAR704-1546496764-airline-0167-0.csv
20190107	2019-01-07 13:16	KAL876	ZSPD	RPKP	B739	36L	KAL876-1546656900-schedule-0000-0.csv
20190108	2019-01-08 19:34	JJA1901	RICC	RKSI	Unknown		JJA1901-1546757700-schedule-0000-2.csv
20190108	2019-01-08 19:25	ASV773	ROAH	RKSI	A321		ASV773-1546761000-schedule-0002-0.csv
20190108	2019-01-08 14:41	XAX954	MMKK	RKSI	A333		XAX954-1546779400-schedule-0001-2.csv
20190108	2019-01-08 14:15	TWB242	RJAA	RKPC	Unknown	25	TWB242-1546742100-schedule-0000-2.csv
20190110	2019-01-10 18:53	JJA1801	ROAH	RKSI	Unknown		JJA1801-1546920900-schedule-0000-0.csv
20190110	2019-01-10 18:10	KAL1414	RKTN	RKSI	B739		KAL1414-1546928740-airline-0287.csv
20190111	2019-01-11 11:08	AAAR934	ZGGG	RKSI	Unknown		AAAR934-1546989900-schedule-0000-0.csv
20190111	2019-01-11 9:21	TWB106	VTBS	RKTN	Unknown		TWB106-1546975500-schedule-0000-2.csv
20190111	2019-01-11 13:31	KAL718	RJAA	RKPC	B738	7	KAL718-1546998300-schedule-0000-0.csv
20190113	2019-01-13 5:38	JJA52	VLVT	RKSI	B738		JJA52-1547101599-airline-0021-0.csv
20190113	2019-01-13 8:55	TWB150	VVDN	RKTN	Unknown		TWB150-1547143200-schedule-0002-2.csv
20190113	2019-01-13 9:09	TWB142	VVNB	RKTN	Unknown		TWB142-1547150100-schedule-0000-2.csv
20190113	2019-01-13 8:25	TWB138	RPVM	RKTN	Unknown		TWB138-1547136800-schedule-0000-2.csv

그림 5. ADS-B 데이터를 가공한 GoAround 분석용 데이터  
Fig. 5. GoAround Data that processed the origin ADS-B for Analysis

1	Date(KST)	Ident	Type	Origin	Destination	Time (UTC)	Latitude	Longitude	Groundsp	Altitude (ft)	Rate	Course	Direction	Facility Na	Facility De	Estimated	filename	Specific Er
2	2019-01-01 19:57	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.13722	127.0427	254	9625	-851	239	Southwest	FlightAware	ADS-B		CPA420-1546151180	
3	2019-01-01 19:57	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.12674	127.0147	239	9450	-577	246	West	FlightAware	ADS-B		CPA420-1546151180	
4	2019-01-01 19:57	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.11312	126.9772	221	9125	-606	245	Southwest	FlightAware	ADS-B		CPA420-1546151180	
5	2019-01-01 19:58	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.10628	126.9586	213	8975	-913	245	Southwest	FlightAware	ADS-B		CPA420-1	0
6	2019-01-01 19:58	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.09424	126.9258	209	8425	-1100	245	Southwest	FlightAware	ADS-B		CPA420-1	0
7	2019-01-01 19:59	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.08257	126.894	209	7875	-950	245	Southwest	FlightAware	ADS-B		CPA420-1	0
8	2019-01-01 19:59	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.07021	126.8604	206	7475	-717	246	West	FlightAware	ADS-B		CPA420-1	0
9	2019-01-01 19:59	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.06368	126.8425	206	7325	-574	246	West	FlightAware	ADS-B		CPA420-1	1
10	2019-01-01 20:00	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.05214	126.81	208	7025	-559	246	West	FlightAware	ADS-B		CPA420-1	0
11	2019-01-01 20:00	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.0475	126.7869	198	6850	-462	275	West	FlightAware	ADS-B		CPA420-1	0
12	2019-01-01 20:01	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.05553	126.7529	192	6625	-398	290	West	FlightAware	ADS-B		CPA420-1	0
13	2019-01-01 20:01	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.06155	126.7368	191	6525	-386	308	West	FlightAware	ADS-B		CPA420-1	0
14	2019-01-01 20:01	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.07644	126.7265	193	6400	-459	343	North	FlightAware	ADS-B		CPA420-1	0
15	2019-01-01 20:02	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.10275	126.7178	186	6150	-443	346	North	FlightAware	ADS-B		CPA420-1	0
16	2019-01-01 20:02	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.12611	126.7105	172	5950	-429	346	North	FlightAware	ADS-B		CPA420-1	0
17	2019-01-01 20:03	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.15218	126.7022	173	5700	-508	346	North	FlightAware	ADS-B		CPA420-1	0
18	2019-01-01 20:04	CPA420	A333	RCTP	RKSI	2019-01-0	37.17759	126.6942	174	5400	-581	346	North	FlightAware	ADS-B		CPA420-1	0

그림 6. GoAround 세부 데이터  
Fig. 6. GoAround Detail Data

을 사용하였다. 또한 시각화를 위한 프로그래밍 언어는 java 버전(1.8.0-openjdk-1.8.0.265)을 사용하였고, 프레임워크는 전자정부프레임워크(egovframework 3.7)을 사용하였다.



그림 7. 항공안전 위해요인 시각화를 위한 테이블 구성  
Fig. 7. Table creation for visualizing aviation safety hazards

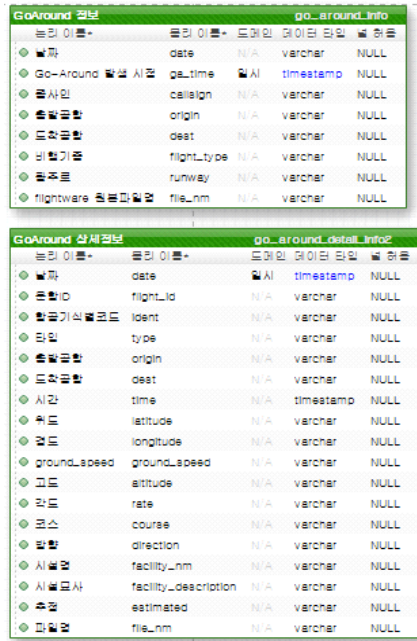


그림 8. Go-Around 테이블 구성  
Fig. 8. Go-Around Table Creation

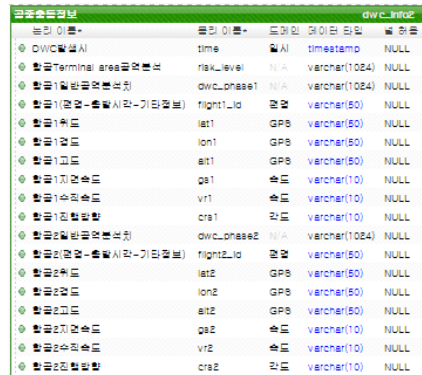


그림 9. Airborne Proximity(Mid Air Collision) 테이블 구성  
Fig. 9. Airborne Proximity(Mid Air Collision) Table Creation.

Go-Around와 Airborne Proximity를 시각화 하여 보여주기 위한 테이블의 구성은 [그림 8]과 [그림 9]와 같다.

### III. 항공안전 위해요인 시각화

본 논문에서는 항공안전 위해요인 발생 이벤트의 시공간(Temporalspatial) 분석을 정밀하게 진행하기 위해 데이터를 가공하였으며, GIS 지도 상에 이벤트를 표현하고 시간의 흐름에 따른 표현으로 시공간 상에 위해요인을 시각화하는데 집중하였다.

[그림 10]은 [그림 5]와 [그림 6]의 데이터를 조합한 [그림 8]의 테이블을 활용하여 이를 지도 상의 공간좌표에 Go-Around 표시한 시각화 화면이다. 주로 인천공항 주위에서 Go-Around가 많이 발생한 것을 볼 수 있지만 의외의 지역에서도 Go-Around 발생 지역이 있음을 알 수 있다. 이런 분석을 통해 Go-Around가 집중적으로 발생하는 시점 및 지역을 파악할 수 있으며, 예상치 못한 의외의 지역에서 발생하는 Go-Around 현황도 파악할 수 있다.

[그림 11]은 시점별 항공사들의 Go-Around 현황을 시각화한 화면이다. 어느 시기에 Go-Around가 많이 발생하는지 그리고 어느 항공사에서 Go-Around가 발생하는지의 분석을 통해 집중 관리할 수 있도록 시각화 하였다.

[그림 11]의 X축은 시간의 흐름이며 Y축은 Go-Around 건수를 표시하였다. 이 그래프에서 시간 변화에 따른 Go-Around 현황을 보면 3월, 5월, 7월에 Go-Around가 많이 발생한 것을 볼 수 있으며, 어느 항공사가 Go-Around를 얼마나 했는지도 파악할 수 있도록 시각화 하였다.

[그림 12]는 항공사별 Go-Around를 보여주는 화면

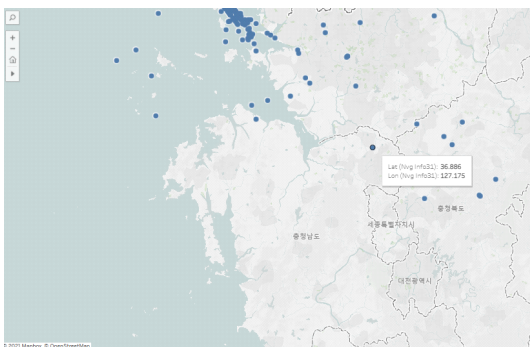


그림 10. 지도 상의 공간좌표에 Go-Around 발생 위치 표시  
Fig. 10. Mark the location of Go-Around occurrence on the spatial coordinates on the map

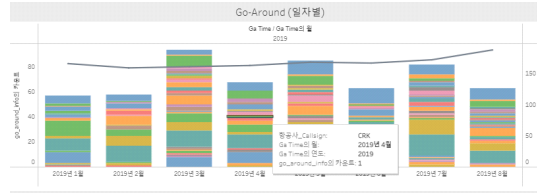


그림 11. 시간 변화에 따른 항공사의 Go-Around 현황 시각화  
Fig. 11. Visualize the airline's Go-Around status over time.

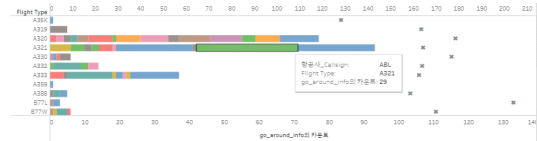


그림 12. 항공사별, 기종별 Go-Around 건수 시각화  
Fig. 12. Visualize the number of Go-Arounds by airline and flight type.

으로, X축은 발생 건수, Y축은 항공기 기종(Flight Type) 그리고 막대 그래프 색상은 항공사를 구분하여 어느 항공사의 어느 기종이 Go-Around를 많이 하는지를 분석하기 위한 시각화 표현이다.

또한, 오른쪽 X 표시된 부분은 공항별 수치를 Sum 해서 팝업(Pop-up)으로 보여주기 위한 용도로 사용하였다.

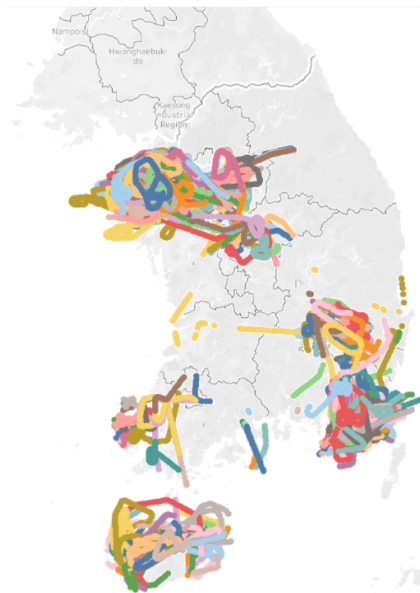


그림 13. 시간 변화에 따른 항공사의 Go-Around 현황 시각화  
Fig. 13. Visualize the airline's Go-Around status over time.

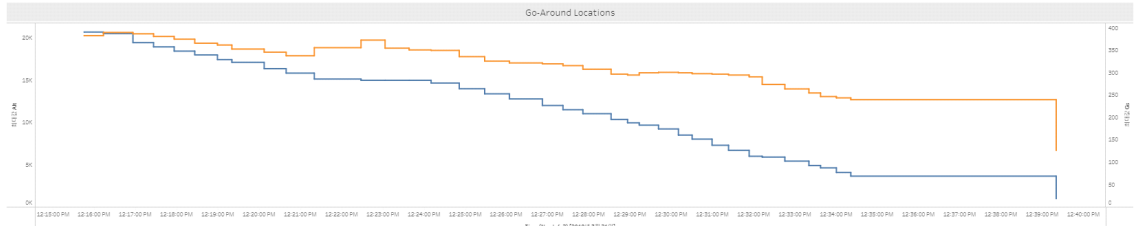


그림 14. Go-Around가 발생한 특정 항공기의 고도 변화 시각화  
Fig. 14. Visualize the change in altitude of a specific aircraft with Go-Around.

[그림 13]은 확보한 ADS-B 데이터에서 항공기가 운항한 항적 중 Go-Around가 주로 발생한 공간을 기준으로 우리나라 지도 위에 표시한 화면이다. 주로 주요 공항 근처에서 Go-Around가 많이 발생하였음을 알 수 있고, 세부적인 Go-Around 시점과 좌표를 파악할 수 있다.

[그림 14]는 Go-Around가 발생한 항공기를 선택했을 때 시간에 따른 고도를 시각화한 화면으로 착륙하기까지의 고도 변화를 확인함으로써 Go-Around의 원

인을 파악하는데 사용할 수 있도록 시각화 하였다.

항공기 운항 중 Go-Around가 발생하면, 그만큼 High Energy가 소비되며, 사고의 확률이 더 높아지게 되는만큼 체계적인 관리가 필요하지만, 현재까지의 항공안전 관리는 사고가 발생한 후에 항공사고보고 등을 처리하는 경우가 대부분이었다. 하지만 이런 데이터에 기반한 Go-Around 등을 시각화하여 살펴봄으로써 사고의 원인이 되는 지역이나 특정 이벤트 (Go-Around)가 많이 발생하는 시점 등을 파악하여 향후 관제나 항공교통에 대한 계획을 세울 때 참고하도록

공중 충돌 위험 발생 목록

Ind.	Occurrence time	Airplane No 1	Airplane No 2	Risk Level
1	2017-05-03 23:55:00	71C005_1	780A9E_1	4
2	2017-05-03 23:55:00	71C005_1	780A9E_1	4
3	2017-05-03 23:55:00	71C005_1	780A9E_1	4
4	2017-05-03 23:55:00	71C005_1	780A9E_1	4
5	2017-05-03 23:55:00	71C005_1	780A9E_1	4
6	2017-05-03 23:55:00	71C005_1	780A9E_1	4
7	2017-05-03 23:55:00	71C005_1	780A9E_1	4
8	2017-05-03 23:55:00	71C005_1	780A9E_1	4
9	2017-05-03 23:55:00	71C005_1	780A9E_1	4
10	2017-05-03 23:55:00	71C005_1	780A9E_1	4

1 - 10 of 2589 items

그림 18. 공중 충돌 위험 발생 목록  
Fig. 18. Mid Air Collision risk list.

3C4AD9_0_DLH713.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
4BA9EB_0_THY52.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
4B8145_0_THY90.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
4CAA98_0_AZA759.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
06A13B_0_QTR858.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
71BA00_0_KAL1115.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
71BA00_1_KAL1116.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
71BA00_2_KAL1123.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
71BA00_3_KAL1124.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
71BA02_0_KAL023.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
71BA04_0_KAL601.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
71BA04_1_KAL602.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
71BA05_0_KAL130.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
71BA05_1_KAL025.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
71BA06_0_KAL914.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
71BA06_1_KAL781.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
71BA06_2_KAL782.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
71BA07_0_KAL074.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
71BA07_1_KAL071.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...
71BA08_0_KAL124.csv	2021-01-22 오후 6:06	Microsoft Excel ...

그림 15. 특정 날짜에 운항한 항공기별 ADS-B 데이터  
Fig. 15. ADS-B day for each aircraft operated on a specific date.

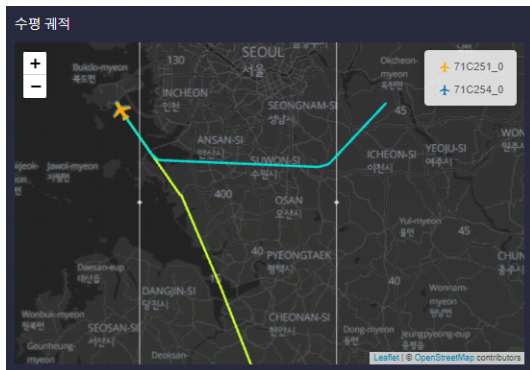


그림 19. 지도 상에 공중 충돌 위험 상황 시각화  
Fig. 19. Visualize the risk of Mid Air Collision on a map

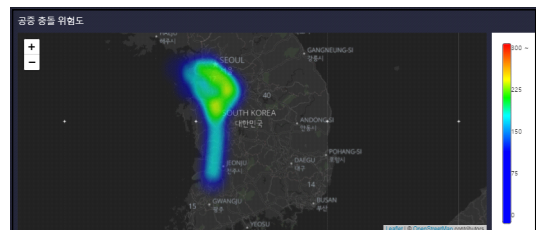


그림 16. Airborne Proximity 발생 지역 시각화  
Fig. 16. Visualize the area where the Airborne Proximity



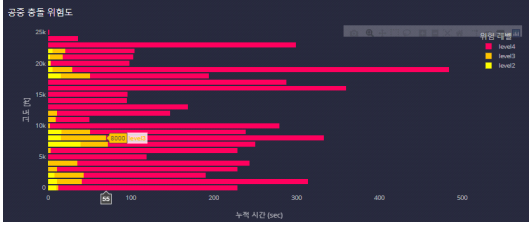


그림 17. 시간 변화에 따른 고도별 근접 비행 시각화  
Fig. 17. Visualization of close flight by altitude according to time change.

록 하였다.

본 논문에서 또 하나 확인해 볼 데이터는 근접 비행(Airborne Proximity)으로 이 또한 ADS-B 데이터만으로도 확인이 가능하며, 실제로 사고로까지 이어지는 않았지만 근접 비행이 발생한 지역 등을 분석해 봄으로써 향후 항공안전에 대한 계획을 세울 수 있도록 주제로 선정하였다.

[그림 15]는 Airborne Proximity를 파악을 위해 특정 날짜에 운항한 항공기별로 정리한 ADS-B 데이터이다.

[그림 16]은 Airborne Proximity가 자주 발생하는 지역을 시각화한 것으로 지도를 보면 주요 공항 근처에서 근접 비행(Airborne Proximity)이 많이 발생한 것을 알 수 있다. 예상되는 결과이기는 하지만 어느 시간대에 특히 근접 비행(Airborne Proximity)이 많이 발생하는지 등을 분석할 수 있도록 시각화를 진행하였다.

[그림 17]은 시간 변화에 따른 고도별 근접 비행(Airborne Proximity)을 시각화하였다. 이 시각화를 통해 특정 시간대에 특정 고도에서 얼마나 많은 근접 비행(Airborne Proximity)이 일어나는지를 분석할 수 있도록 하였으며, 위험 레벨(근접도)에 따라 빨강, 주황, 노랑의 3단계로 표시하였다.

또한, 공중 충돌 위험(근접 비행) 발생 목록을 [그림 18]과 같이 표시하여, 해당하는 공중 충돌 위험 상황을 지도에서 확인할 수 있도록 하였다.

위의 [그림 18]에서 [공중 충돌 위험 발생 목록] 중 하나를 선택하면 [그림 19]와 같이 두 항공기의 항적과 어느 지점에서 [공중 충돌 위험 상황]이 발생하였는지 지도 상에서 확인할 수 있도록 하였다.

[그림 20]은 공중 충돌 위험 상황에 대해 시간에 따른 고도 차를 확인할 수 있도록 하는 시각화 화면으로 구성하였다.

지금까지 항공안전 위해요인을 파악하기 위한 데이터는 전부 ADS-B 항적 데이터를 가공하여 사용하였



그림 20. 공중 충돌 위험 상황에 대한 고도 시각화  
Fig. 20. Visualize the altitude of Mid Air Collision risk situations.

으며, 이를 통해 본 논문에서는 Go-Around와 근접 비행(공중 충돌 위험)에 대해 위해요인으로 설정하고 가시화를 진행하였다.

이 시각화를 통해 국토교통부에서는 어느 지점에서 복행과 공중 충돌 위험 상황이 발생했는지와 어느 항공사에서 복행과 공중 충돌 위험 상황이 많이 발생했는지 그리고 어떤 계절에 복행과 공중 충돌 위험 상황이 많이 발생했는지를 데이터를 직접 보지 않고도 본 논문의 시각화를 통해 확인함으로써 항로 등의 정책 수립과 계절에 따른 관제 등을 달리 할 수 있으며 궁극적으로는 위험 지역이나 시간에 대해정책을 세울 수 있도록 함으로써 위험 상황을 줄일 수 있는 기반을 마련하였다.

#### IV. 결 론

본 연구는 국제적으로 통용되는 항공안전에 대한 위해요인을 먼저 식별하고 국내환경에 맞는 위해요인을 찾아 시각화 하는데 그 목표를 두었다. 하지만 항공안전 사고라는 특성상 항공사고 자체의 데이터가 많지 않고, 또한 항공사에서는 사고에 대한 데이터에 대해 외부에 공개하는 것에 꺼려하는 분위기이며, 항공안전 위해요인을 식별하기 위한 데이터를 확보하는 것이 쉬운 환경은 아니다. 이에 본 논문에서는 항공기 운항에 대한 폭넓은 정보 확보가 가능하고, 시공간에 따른 분석이 가능한 ADS-B 데이터를 시각화 데이터의 기본으로 사용하였다.

또한 확보한 ADS-B 데이터를 그냥 사용하지 않고, 유추나 가공이 가능한 데이터로 확장하였으며, 이를 토대로 Go-Around와 Airborne Proximity에 대한 시각화와 분석을 진행할 수 있었다.

Go-Around는 활주로에 곧바로 착륙하지 않고 다시 회항하여 특정 시간이 지난 후 착륙을 시도하는 것으로 항공기의 특성상 High Energy를 소비하게 되고, Go-Around 상황이 많이 발생할수록 항공안전 사고가 발생할 확률도 급속히 올라가게 된다.

이에 본 논문에서는 항공사고가 발생하기 전 미리 예방하는데 활용할 수 있는 시각화 자료로 Go-Around를 선정하였으며, 본 연구를 통해 Go-Around에 대한 시공간 분석을 진행할 수 있었다.

또한 근접 비행(Airborne Proximity) 시각화를 통해 공항 근처에서 많이 발생하는 근접 비행과 그 근접 정도 그리고 근접 비행이 많이 발생하는 시간을 확인할 수 있었으며, 공항 근처가 아니더라도 근접 비행이 발생하는 지역 등을 확인할 수 있었다.

이러한 실제 항공기 운항 데이터를 근거로 하는 분석을 통해 항공안전 사고를 줄이고 향후 항공운항 및 안전에 대한 계획을 세울 때 도움이 될 것으로 기대한다.

그리고, 항공안전에 대한 이해관계자(Stake Holder)들의 요구사항인 항공안전 데이터를 특정 시간, 특정 위치에 따라 추출하고, 발생한 사건(Events) 정보를 확인하고, 정상 데이터와 비교, 분석하여 항공안전에 도움을 줄 수 있는 데이터를 추출하여 활용할 수 있는 근거를 마련하였다.

본 논문을 통해 Go-Around가 자주 발생하는 지역과 시간을 확인할 수 있었으며, 어느 항공사, 어느 공항에서 Go-Around가 많이 발생하는지 직관적으로 확인할 수가 있었다. 또한 근접 비행(공중 충돌 위험)이 많이 발생하는 지역과 시간, 그리고 실제 근접 비행을 했던 항공기의 위도, 경도, 고도의 경로를 비교함으로써 어느 정도의 위험이 있었는지를 파악할 수 있도록 하였다.

현재 항공 분야에는 수많은 데이터가 실시간으로 저장되고 있지만, 이를 활용하는 것은 또다른 영역이다. 데이터를 효과적으로 활용하기 위해서는 이해관계자가 데이터를 직관적으로 이해할 수 있는 시각화 화면이 필수적이며, 분석가들은 이를 통해 항공안전에 위해가 되는 요인에 대해 정밀하게 분석하게 파악할 수 있으며, 나아가 항공안전에 대한 계획을 수립할 때 정확한 적용이 가능하다.

이런 면에서 항공안전 위해요인에 대해 데이터를 효과적으로 시각화해 보는 본 논문은 여러 가지 측면에서 큰 의미가 있으며 항공안전에도 크게 기여할 것으로 기대한다.

## References

- [1] KyungHwa Son, "Regulations on the Processing and Utilization of Aviation Safety Data", "Order No. 1290 of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport", p45-50, Mar. 2020.
- [2] YunJin Yun, HoJong Baek, ohun Kwan, "Final Report on the Development of Aviation Safety Management Technology Based on Big Data", "Final Report on the Land Transportation Research Project", p29-30, Sep. 2018.
- [3] ICAO Common Taxonomy Team, "Definitions and Usage Notes", "Aviation Occurrence Categories" p1-34, Dec. 2017.
- [4] JinOh Song, TaeJin Park, JongSuk Kim, YunChol Choi, "A Study on the Visualization Technique of Flight Path Using Aircraft Condition Transition Information", "Journal of the Korean Society of Information Science in Autumn", p. 176, Oct. 2007.
- [5] HaRim Lee, TaeWon Kang, JiWon Seo, "Development of an algorithm and visualization tool for generating safe distance for unmanned aerial vehicles based on LTE positioning in urban areas", "Journal of Advanced Navigation Technology", p. 411, Oct. 2019.

김 영 곤 (Young-gon Kim)



2020년 3월~현재 : 한양대학교  
컴퓨터·소프트웨어학과 박사  
과정

2020년 5월~현재 : [빅데이터  
기반 항공안전기술 개발 및  
플랫폼 구축] 공동기관 연구  
책임자

2013년 8월 : 한양대학교 컴퓨터공학과 석사

<관심분야> 빅데이터, AI, 디지털 트윈

조 인 휘 (Inwhee Joe)



현재, 한양대학교 컴퓨터·소프  
트웨어학과 (정)교수

미국 Georgia Tech, Electrical  
and Computer Engineering,  
Ph.D

미국 University of Arizona,  
Electrical and Computer  
Engineering, M.S.