

화산재대응시스템을 위한 항공교통정보 프레임워크

The Framework of Aeronautical Information System for Volcanic Ash Hazard Management

남 두 희* · 이 진 선** · 이 상 수***

* 주저자 : 한성대학교 정보시스템공학과 교수

** 교신저자 : 우송대학교 철도경영학과 교수

*** 공저자 : 아주대학교 교통공학과 교수

Doohee Nam* · Jinsun Lee** · Sangsoo Lee***

* Professor, Dept. of Information Systems Engineering, Hansung University

** Professor, Dept. of Railroad Management, Woosong University

*** Professor, Dept. of Transportation Systems Engineering, Ajou University

† Corresponding author : Jinsun Lee, jinsun@wsu.ac.kr

Vol.16 No.1(2017)

February, 2017

pp.166~175

ISSN 1738-0774(Print)

ISSN 2384-1729(On-line)

<https://doi.org/10.12815/kits.2017.16.1.166>

2017.16.1.166

Received 1 February 2017

Revised 15 February 2017

Accepted 15 February 2017

© 2017. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

요 약

최근 아시아 태평양 지역의 항공교통량이 증가하는 가운데 한반도 주변국의 화산분화로 인하여 항공로에 많은 영향을 줄 것으로 예상된다. 이에 화산분화로 인한 항공산업의 손실을 줄이기 위하여 국내의 항공현황 및 항공로를 분석하고, 한반도 주변국의 화산분화 시나리오를 기반으로 항공교통에 대한 피해정도를 예측할 필요가 있다. 이를 위한 관련 화산재, 항공정보를 수집하고 처리하는 프레임워크가 필요하다. 항공로와 공항의 폐쇄에 따른 항공교통 피해를 계산하기 위해 GIS geometry analysis 기법을 사용하여 항로, waypoints, 공항의 화재 영향 여부를 판별하는 체계를 제시하였다. 화산이 분화하였을 때 타 분야와는 달리 항공에 대한 영향은 바로 집계 가능한 특징이 있다. 이를 위해 실시간 항공정보의 수집과 저장은 매우 중요한 요소로 화산재대응시스템의 구성이 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

핵심어 : 화산재, 항공정보시스템, 응용프로그래밍 인터페이스, 화산재난

ABSTRACT

Hazardous volcanic activity will continue to occur in the ring of fire, a major area in the basin of the Pacific Ocean where a large number of earthquakes and volcanic eruptions occur. and, because of rising populations, development pressures, and expanding national and international air traffic over volcanic regions, risks to life and property through exposure to volcano hazards continue to increase. During an eruption, volcanic contamination can reach and exceed the cruising altitudes of turbine-powered aircraft, among others, within minutes and spread over vast geographical areas within a few days. Volcanic ash can affect the operation of aircraft at aerodromes. Volcanic ash deposition at an aerodrome, even in very small amounts, can result in the closure of the aerodrome until all the deposited ash has been removed. In this study, air traffic information framework is presented along with algorithms to define affected routes, waypoints and airports using GIS geometry analysis.

Key words : Volcano, Volcanic Ash, Aeronautical Traffic Information, Application Programming Interface, ICAO, Ashtam

I. 서론

1. 개요

국제적으로 활동적인 활화산을 보유한 국가에서는 자국 내의 활화산에 대한 잠재적인 화산재해를 최소화하기 위하여 화산에 대한 다양한 자료의 DB 구축 및 각종 모니터링 관측 기법을 사용하여 운용중이다. 현재의 기술 수준은 특정 화산체의 마그마 플라밍 시스템(magma plumbing system) 구축을 통하여 정확하게 화산 분화 시점을 예측하는 수준에 도달해 있다. 화산에서 분출되는 화산재는 항공교통에 막대한 영향을 미친다. 실제로 2010년 4월 아이슬란드 남부에 위치한 에이야프얄라요쿨(Eyjafjallajokull) 화산분화로 인하여 유럽 대부분 지역에 항공 대란이 발생되고 많은 경제적 피해가 야기되었다. 313개 유럽 내의 공항이 폐쇄됨에 따라 유럽 항공사는 1주일간 항공화물이 약 61% 가량 감소하여 최대 17억 달러에 달하는 경제적 피해를 입었다. 우리나라의 유럽노선은 그동안 여객 약 30,000명, 화물은 총 4,060톤 운송에 차질을 빚었다. 특히, 화물의 경우는 하루 평균 2천 8백만달러 어치의 수출품 차질이 발생하는 것으로 분석되었다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2010). 우리나라 항공 순위(14년도 국내+국제 기준)는 여객수송 세계 16위, 화물 세계 4위, 종합 세계 8위의 규모를 나타낸다. 국적항공사인 대한항공과 아시아나도 여객과 화물 실적에서 상위권을 나타내고 있다. 2016년 하계스케줄 기준으로 국적항공사들은 45개국 148개 도시에 취항하고 있으며, 250개 노선으로 주 2,608회(여객 2,412회, 화물 196회) 운영하고 있다. 외국항공사의 경우 36개국 113개 도시에 228개 노선을 운항하고 있으며, 주 1,691회(여객 1,498회, 화물 193회) 운항하고 있다. 2016년 5월 기준으로 총 741대의 항공기가 등록되어 있으며 2016년 3월 기준 업체별 종사자는 조종사, 항공정비사, 운항관리사, 객실승무원을 모두 합하면 총 23,312명이다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2016). 최근 아시아 태평양 지역의 항공교통량이 증가하는 가운데 한반도 주변국의 화산분화로 인하여 항공로에 많은 영향을 줄 것으로 예상된다. 이에 화산분화로 인한 항공 산업의 손실을 줄이기 위하여 국내의 항공현황 및 항공로를 분석하고, 한반도 주변국의 화산분화 시나리오를 기반으로 항공교통에 대한 피해정도를 예측할 필요가 있다. 국내에는 화산분화에 따른 사회·경제적 영향성 분석 및 항공교통 부문 위험요인의 분석 및 대응방안에 대한 연구가 수행되었으나, 화산재 확산에 따른 항공교통의 영향성에 대해서 계획된 항공편의 결항 및 공항폐쇄 등의 정량화 연구는 수행되지 않았다. 화산재대응시스템 뿐만 아니라 항공정보가 필요한 관련 분야에 쓰일 수 있도록 설계와 구현을 재사용이 가능하게끔 일련의 협업화된 형태로 항공정보를 제공하는 프레임워크가 필요하다. 이를 통해 항공교통 대응체계 수립과 항공교통에 미치는 피해정도를 정량적으로 예측할 수 있도록 항공정보를 수집하여 피해를 예측하는 프레임워크를 설계하였다.

II. 화산재 항공피해

1. 화산재해 연구 동향

우리나라 주변의 많은 화산을 가진 일본은 다양한 자료와 모니터링 기법 등을 적용하여 화산을 감시 중에 있다. 러시아 캄차카 지역은 화산 분화 시에 알래스카를 통과하는 항공로에 심각한 영향을 미치므로 USGS (United State Geological Survey)의 지원을 받아 화산을 모니터링하고 있으며, 중국은 중국 국가지질국 지질연구소 활화산연구중심을 설립하여 백두산을 비롯한 중국내의 화산의 분화 가능성 진단에 주력하고 있다. 지

구상의 활화산의 80%가 분포하는 환태평양 지역의 대부분의 화산들은 USGS의 지원을 받아 감시 중에 있으며, 영국은 과거 대영제국에 속하였던 독립 국가들에게, 프랑스는 자국의 식민지에, 이탈리아는 그리스 로마 시대부터 분화중인 에트나 화산, 스트롬볼리 화산, ‘폼페이 최후의 날’을 기록한 베수비우스 화산 등에 대하여 화산재해를 최소화하기 위하여 각종 연구 개발지원 및 화산모니터링 장비 구축 작업이 진행되고 있다. 유럽의 경우 화산이 없는 스위스와 같은 국가에서도 보험 및 재보험사의 필요에 의하여 주요 주변국의 화산에 대한 특성을 파악하는 연구를 지원하는 등 당사국 외에 화산의 특성을 이해하고자 하고 있다. 특히 영국의 브리스톨 대학의 경우는 8명이 넘는 화산전문가들이 협업적 연구를 통해서 영국령 및 주변 국가의 화산에 대한 지화학적 모델, 지구물리적 모델, 열역학적 모델, 그리고 지화학적 모델을 수립해 가고 있다. 우리나라의 경우 백두산 지역에 중국과의 국제공동연구를 통하여 지표면 변형 감시(Electronic Distance Measurement)와 화산가스 모니터링을 실시하고 있으며, 한라산에 지자기측정, 지진계관측을 초보적으로 시행된 바 있다. 국내에서 이루어진 화산연구는 주로 활동을 멈춘 화산(제주도, 울릉도 등) 또는 수만 년 이상 된 고기 화산암의 화쇄류와 화쇄난류에 대한 것이 일반적이고 용암류, 화쇄류 혹은 라하르에 대한 연구는 백두산을 제외하고 거의 없는 형편이다(Ministry of Public Safety and Security, 2016).

2. 화산재 항공피해 정량화 연구

화산분화로 인해 화산재 구름이 공중에 형성될 경우 항공교통에서는 운항중인 항공기가 직접적인 영향을 받아 심각한 피해를 초래할 수 있다. 직접적인 피해 유형으로는 화산재의 기내 침투로 인한 항공기 계기 이상, 전력 상실, 엔진 고장, 터빈날개 손상, 유리창 손상, 기체 및 각종 센서 손상과 같은 피해가 있으며 간접 피해 유형으로는 대규모 항공기 결항 또는 비행제한과 전기통신기계 및 지상시설 피해로 인한 공항 폐쇄, 그리고 이에 따른 사회·경제적 피해를 생각할 수 있다. 2010년 아이슬란드 에이아프얄라요쿨 화산 폭발 이후로, 단순히 과거 실제 화산 폭발 이력에 기반한 항공 산업 피해정도에 대해 진행한 국내외 연구는 다수 이루어졌으나, 가상의 화산 폭발 시나리오를 기반으로 한 항공교통 분야 피해예측분석에 관한 연구는 주로 해외에서만 수행되고 있다. Scani et al.(2014)는 고도별 화산재 확산거리와 공항의 위치, 항공편의 이동경로 데이터를 분석해 GIS를 활용하여 공항 및 항공편 피해 규모를 예측하는 방법론을 제시하였다. 특히 공항의 경우 주변 지역의 대기 중 화산재 농도에 기반하여 항공편의 경우 화산재 구름 영역 하에 들어간 항공로를 도출하여 규모를 산출하는 방법을 사용하였다. 화산재 확산모델에 관한 연구 중 VAFTAD(Volcanic Ash Forecast Transport And Dispersion) 모델을 응용하여 화산 폭발 시나리오 내에서 단일 항공로의 화산재 피해 확률 분석 방안을 제시했다. 화산재 구름의 확산 영역에 겹치는 항공로 노선 자체를 피해로 집계하는 다른 연구들과 달리 피해의 표현이 화산재와 마주할 확률에 기반을 두는 것이 특징이다(Hufford, 2000). 국제민간항공기구(ICAO: International Civil Aviation Organization)에서 발간한 비행안전과 화산재 매뉴얼에서는 화산재에 의한 대기 오염이 예상될 때 국가가 규제기관의 감독 아래 항공운송사업자가 대응할 수 있는 권한을 주는 방안과 관련 가이드라인을 제안하였다. 그리고 비행운영의 안전성 확보와 함께 더 많은 유연성을 제공하고 화산재가 확산된 영공 일대를 비행하는 항공사의 운영 결정을 권장하였다(ICAO, 2012). 항공교통에 대한 화산재 영향성은 화산 폭발에 따라서 계획된 항공편의 결항 및 공항 폐쇄 등을 파악하는 방법으로 정량화 된다. 국내에는 화산분화에 따른 사회·경제적 영향 분석 및 항공교통 부문 위험요인 분석 및 대응방안 연구가 일부 수행되었다(Zhuhua Jiang, 2013).

Ⅲ. 항공정보 프레임워크

1. 항공정보

화산재에 대응하기 위한 항공정보에는 항공로, waypoints, 공항의 위치 등의 정적인 정보와 기상, 운항현황, 화산재 확산 범위와 같은 동적인 정보로 구분할 수 있다. 항로 및 공역의 폐쇄 등의 정보는 NOTAM (NOtice To Air Man)을 통해 관련자에게 배포되며, 기상은 SIGMET(Significant Meteorological Information)을 통해 전파된다. 화산재의 경우 NOTAM의 특별형태인 ASHTAM(ASH To Air Man)으로도 전파된다. 항공기의 출도착 등 운항현황은 국토교통부 항공교통센터를 통해 실시간으로 제공된다. “항공로”라 함은 항공교통업무를 제공하기 위하여 설정된 ATS 비행로(Air Traffic Services Route)를 말하며, 조연비행로, 관제 또는 비관제비행로, 도착 또는 출발 비행로 등 여러가지 형태의 총칭이다. 항공로는 식별부호, 중요지점, 중요지점간의 거리, 보고요건 및 최저안전고도 등으로 표시한다. 항공로는 대부분 항법시설(VOR 등)을 활용하여 구간별로 구성되어 있다. 우리나라에는 표와 같이 45개의 국내/외 항공로가 설정되어 있으며, 국제항공로인 경우 인접국(일본, 중국 등)과 연결되어 있다. 항로의 명칭은 항공로설계지침에 정한 바에 따르며, 공역실무위원회의와 공역위원회의 심의를 거쳐 최종적으로 결정한다. 공항, 항공노선의 위치 정보는 국토교통부의 AIP (Aeronautical Information Publication)의 자료를 사용한다.

<Table 1> Air Routes in Korea FIR (2016.9.13.)

		RNAV(X)	Effective Date (KST)		Total
International	A582 A586 A593 A595 B332 B467 B576 G339 G585 G597	L512(5)	'07.4.13		11
Domestic	V11 V543 V547 V549 W45 W61 W62 W66	Y655(5) Y644(5)	'05.2.18	2	34
		Z51 Z52 Z53 Z63(5)	'12.5.3	9	
		Y711(2)(5) Y722(2)(5)	'12.6.28		
		Z50 Z81 Z82(5)	'12.10.18		
		Y65(5)_NOTAM	'13.3.7	6	
		Y744 Y253 Z83 233	'13.5.2		
		Z54, Z50연장	'13.6.27		
		Y579(5)	'13.12.26		
		Y657 Y659 Z55(5) Y677(5)	'14.12.11	4	
		Y782, Y685, Z91, Z84	'15.6.25	4	
		Z85	'16.9.15	1	
			8	26	
Total	18	27		45	

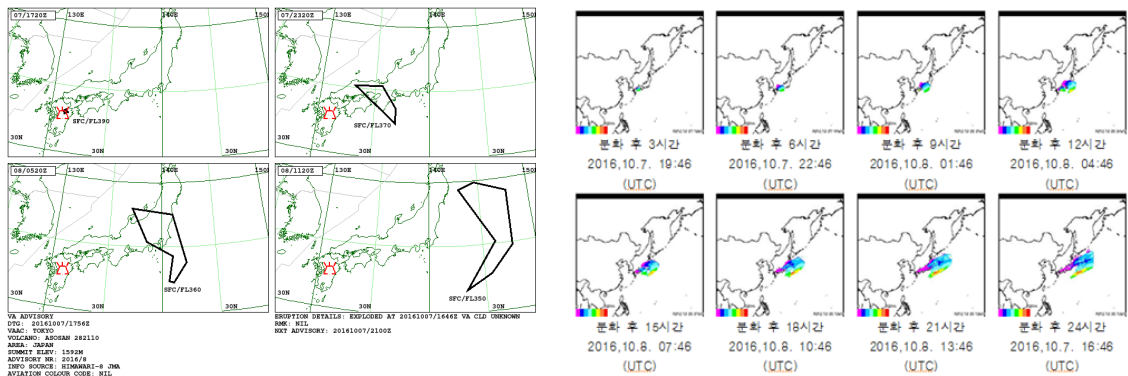
2. 화산재확산정보

국제민간항공기구(ICAO)는 항공기에 대한 화산재 정보제공과 항공기 안전을 위하여 전 세계를 9개의 권역으로 나누어 화산재정보센터(VAAC: Volcanic Ash Advisory Center)를 운영하고 있다. 각 권역을 대표하는 지역의 기상청에 그 임무를 부여하여 운영하고 있는데 우리나라 주변은 일본의 Tokyo VAAC에서 담당하고 있다. 화산의 분화시 VAAC는 Volcanic Ash Graphic (VAG), Volcanic Ash Graphic for Initial Distribution

(VAGI), Volcanic Ash Graphic Forecast for Narrow Area (VAGFN) 등을 발표한다. 2016년 10월 일본 아소산 분화시의 Volcanic Ash Advisory (FVFE01) information과 화산재 확산예측 발표 사례는 다음과 같다.

<Table 2> VANET Advisory Information

RJTD DDhhmm	Header, location indicator, date/time of volcanic ash advisory issuance
VA ADVISORY	Type of message
DTG	Time of origin (year, month, date, time in UTC)
VAAC	VAAC name
VOLCANO	Volcano name and number
PSN	Volcano location (degrees and minutes)
AREA	Volcano location (state or region)
SUMMIT ELEV	Volcano summit elevation
ADVISORY NR	Year of issuance and advisory number (consecutive numbers for each volcano starting with 1 for the first advisory)
INFO SOURCE	Information source
AVIATION COLOUR CODE	Aviation colour code (NIL - unused by Tokyo VAAC)
ERUPTION DETAILS	Date, time and other details of eruption
OBS VA DTG	Date and time of volcanic ash observation (UTC)
OBS VA CLD	Horizontal (degrees and minutes) and vertical extent of ash clouds and related direction/speed at the time of observation. If no ash cloud is identifiable from satellite imagery, wind direction and speed at the reported ash top height are given.
FCST VA CLD	Forecast height and area (degrees and minutes) of ash clouds 6, 12 and 18 hours ahead of the time of observation. The forecast date and time are also given (UTC).
RMK	Remarks as necessary
NXT ADVISORY	Time, date, month and year of next advisory (UTC)



<Fig. 1> Asosan Volcanic Ash Prediction by VAAC (2016. 10. 7) and PUFF-UAF result

2. 실시간 항공정보

항공노선의 경우, 국가 간의 양자협약으로 노선권을 득하는데, 이는 몇 개의 노선을 주당 몇 회 혹은 좌석수로 체결한다. 이에 대부분의 국제노선의 경우도 주단위로 항공스케줄이 반복됨을 알 수 있다. 구축되는 데이터베이스는 인천공항공사와 한국공항공사가 관리하는 모든 민간공항의 출발지-목적지(OD: Origin-Destination)

정보와 편명, 운항사, 운항기종을 포함하여 구축하였다. 항공로의 경우는 목적지에 따라 최단 항로를 사용하는 것으로 가정한다. 항공스케줄을 수집방안에는 항공스케줄 구매, 공항사이트 및 항공포털사이트 이용, API(Application Programming Interface)를 통한 기관연계 등 4가지로 나눌 수 있다. 실시간으로 항공기 운항 정보를 표출하고 운항스케줄을 실시간으로 업데이트를 하기 위해 API(Application Programming Interface)를 이용하여 정부공유자원포털(<http://data.go.kr>)의 항공관련 정보를 수집하여 구축하도록 하였다.

〈Table 3〉 API Flight Status Information

Service	Service
Status Of Passenger Flights	Status Of Passenger Departures KR
Status Of Cargo Flights	Status Of Cargo Arrivals KR
Status Of Srv Airlines	Status Of Cargo Departures KR
Status Of Srv Destinations	Status Of Passenger Arrivals EN
Aviation Stats By Airline	Status Of Passenger Departures EN
Aviation Stats By Country	Status Of Cargo Arrivals EN
Aviation Stats By Airport	Status Of Cargo Departures EN
Aviation Stats By Timeline	Status Of Facility
Status Of Passenger Arrivals KR	

3. 화산재 항공교통 영향 판별 체계

항공로와 공항의 폐쇄에 따른 항공교통 피해를 계산하기 위해 GIS geometry analysis기법을 사용하여 항로, waypoints, 공항의 화재 영향 여부를 판별한다. Geometry Analysis는 지리데이터 사이의 패턴과 관계를 밝혀 문제를 해결하는 기능이다. static자료와 dynamic하게 생성된 화산재확산 polygon을 기본 자료로 사용한다. 화산재로 항공교통이 영향을 받는 기준으로는 ICAO의 권고안인 $2 \times 10^3 \text{g/m}^3$ 이상과 $4 \times 10^3 \text{g/m}^3$ 이상 두 개의 polygon을 생성하고 선택적으로 화산재 polygon으로 항공로와 공항폐쇄를 처리한다. 화산재관리시스템의 화산재 확산 모형의 자료는 실시간 현황자료가 아닌 예측자료이므로 Flight Level에 따라 별도의 처리를 할 수 있다.

〈Table 4〉 Geometric Analysis and Data

Geometry type	Description	Example
Point	A single point location	Airport, Volcano, Waypoints
Line	A single two-vertex line	Flight Routes
Polyline	lines , each with two or more vertices	Volcano Ash Extent(FL, Density)
Polygon	An area, possibly multipart	Volcano Ash Extent(FL, Density)

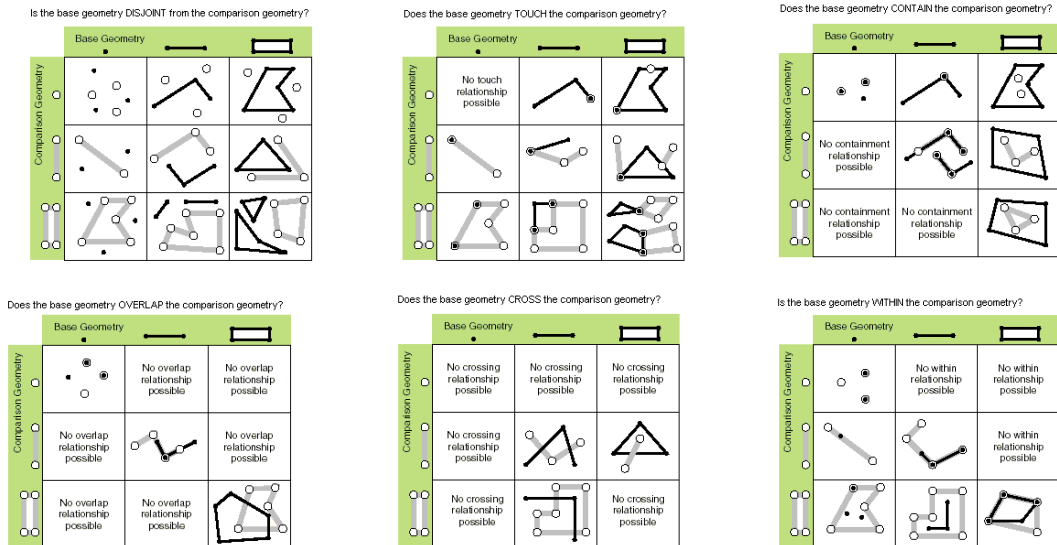
〈Table 5〉 ICAO rule by ash concentration level

Contamination Level		Zone
$> 4 \times 10^3 \text{g/m}^3$	High	No Fly Zone (NFZ)
$2 \sim 4 \times 10^3 \text{g/m}^3$	Medium	Enhanced Procedure Zone (EPZ: Prior Permission)
$0.2 \sim 2 \times 10^3 \text{g/m}^3$	Low	Enhanced Procedure Zone (EPZ: Time Limitation)

첫 번째 기본 자료의 생성을 위해 화산재 polygon buffer 설정한다. 각 항로의 폭은 약 8-10NM(15-19Km)이므로 화산재 polygon 외부를 20km buffer 설정하여 geometric analysis에 사용한다. 화산재확산 polygone과 line과 point로 된 속성과의 다음과 같은 spatial relationship을 통해 영향을 받는 항로와 공항을 판별한다.

<Table 6> Geometric Relationship

Geometric Relationship	Description
Contains	The base geometry completely contains the comparison geometry
Crosses	The geometries share some interior area, but not all interior area
Disjoint	No part of the base geometry intersects the comparison geometry
Intersects	Not disjoint
Overlaps	The intersection of two points, lines, or polygons is also a point, line, or polygon, respectively
Touches	The boundaries of the geometries intersect, but not their interiors
Within	The base geometry lies completely within the comparison geometry



<Fig. 2> Geometric Analysis (ESR, 2016)

1) 항로 segment 생성

분기되는 waypoint를 기준으로 항로 segment를 설정한다. 사용하는 Geometry analysis: contain, touches, within을 OR연산으로 해당하는 항로 segment판별한다. 항로의 일부분이 contain, touches, within에 의해 판별될 경우 해당 항로 폐쇄로 판정한다.

2) 화산재확산 polygon과 공항

먼저, 공항은 point 자료이나 공항의 항공공역을 고려하여 buffer처리한다. 인천공항은 40km, 그외 공항은 20km buffer처리한다. 사용하는 Geometry analysis는 contain, touches, within로 OR연산으로 해당하는 공항을 판별한다. 공항의 폐쇄는 연결되는 모든 항로의 폐쇄로 판정한다, 예를 들면 인천공항이 화산재확산범위에

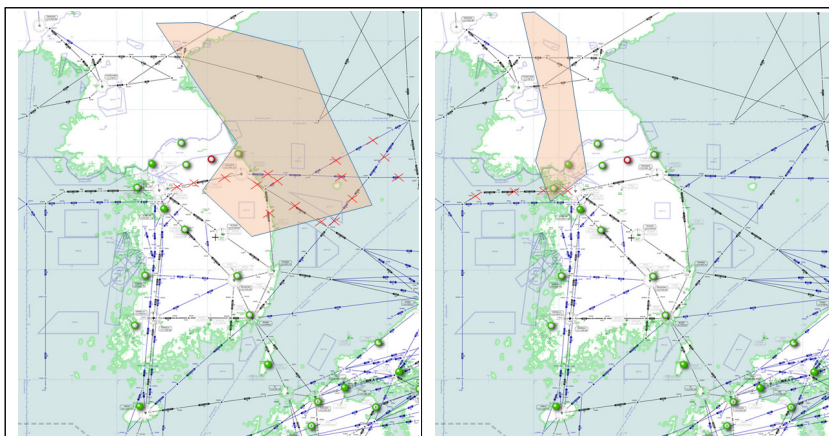
contain되면 다음 분기되는 waypoint까지 연결되는 G597, Y697항로를 폐쇄한다. 이는 GOGET-MANASI구간, GOGET-GONAV, GOGET-ANYANG segment가 해당한다.

3) 화산재확산 polygon과 waypoints

사용하는 Geometry analysis는 contain, touches, within이며 OR연산으로 해당하는 waypoint를 판별한다. 해당 waypoint에서 연결되는 다음 분기 waypoint까지인 항로 segment 폐쇄로 판정한다.

〈Table 7〉 Air Route Segments for International in INCHEON FIR

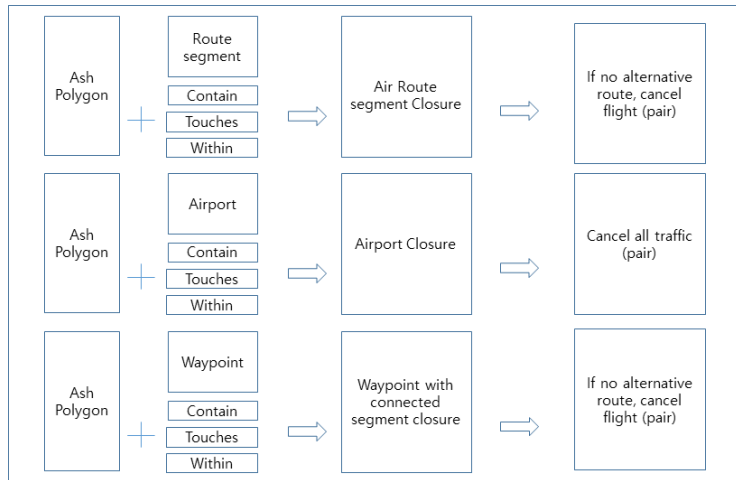
Route	segments
A582	SEL(서울)-POLEG/POLEG-SOT(송탄) SOT(송탄)-OSPOT-VASLI-MAKDU-BITUX BITUX-TGU(대구) TGU(대구)-KALOD-PSN(부산) PSN(부산)- APELA-(Fukoka FIR)
A586	TENAS-AGSUS AGSUS- DABIK-BULGA BULGA-BEDOM- PSN(부산) PSN(부산) - TOPAX- GOSBO- MAKET- ATINA ATINA- CJU(제주) CJU(제주)- TOSAN- -RUGMA-(Fukoka FIR)
A593	(Fukoka FIR)- ONIKU-NIRAT NIRAT-PONIK PONIK-SADLI-LAMEN-(Shanghai FIR)
A595	CJU(제주) - TAMNA - SAMDO - (Fukoka FIR)
L512	ANDOL-SABET SABET-TENAS
B332	(Pyongyang FIR)- KANSU-PALDU-SABET-IGRAS - (Fukoka FIR) SABET-IGRAS - (Fukoka FIR)
B467	KAE(강원)-NOMEX NOMEX-BUSKO BUSKO-TENAS TENAS-MASLO-KANSU-(Pyongyang FIR)
B576	SEL(서울)-POLEG POLEG- SOT(송탄)- OLMEN OLMEN- ENTEL- RINBO RINBO-LINTA- KWA(광주) KWA(광주)- IPDAS- CJU(제주) CJU(제주)- SOSDO- SAMLO- NIRAT NIRAT- TESIM- ATOTI- (Fukoka FIR)
G339	PSN(부산)-INVOK-(Fukoka FIR)
G585	SEL - KALMA- KAKSO KAKSO - GUKDO- BASEM BASEM- BIGOB- CUN(예천)- ELAPI- KPO(포항) KPO(포항) - BULGA BULGA - SAPRA - (Fukoka FIR)
G597	(Shanghai FIR)- AGAVO - GONAV GONAV - DANTI - ANSIM-BINIL - NOPIK - GOGET GOGET - SEL(서울) SEL(서울) - EGOBA EGOBA - KARBU - BIKSI- KAE(강원) KAE(강원) - PILIT PILIT- AGSUS AGSUS - LANAT - (Fukoka FIR)



〈Fig. 3〉 Example of INCEON and route closure

4) 항공기 운항 영향 판단

항공기가 이용하는 항로는 최단거리인 방향별로 일정한 항로가 이용된다. 항로의 폐쇄가 무조건 항공기의 결항을 의미하는 것은 아니다. 수용이 가능한 우회항로가 존재하는 경우에는 해당 노선은 지연 운항이 될 가능성은 있으나 결항되지는 않는다. 국제선의 경우 Fukuoka FIR, SHANGHAI FIR과의 접경에 위치한 다음 중요 waypoint인 AGAVO, LAMEN, ATOTI, POTET, SAMDO, APELA, INVOK, KALEK, SAPRA, LANAT, SABET의 화산재 영향 여부가 중요하다. KANSU는 Pyongyang FIR 연결점으로 북한영공을 통과하는 항로이나 통상적으로 쓰이지 않으므로 제외한다. 사용 가능한 우회항로가 존재하지 않는 경우에 해당 항공편 결항으로 처리한다. 이때 복항편을 고려하여 항상 pair로 결항 처리한다. 공항이 화산재의 영향권에 속하는 경우 해당 공항을 출발/목적지로 하는 항공편 모두 결항 처리한다. 이 경우에도 복항편을 고려하여 항상 pair로 결항 처리한다. 다음 그림은 정적인 정보와 동적인 정보를 바탕으로 geographic analysis 처리 과정을 나타내는 개발된 항공정보프레임워크를 나타내고 있다.

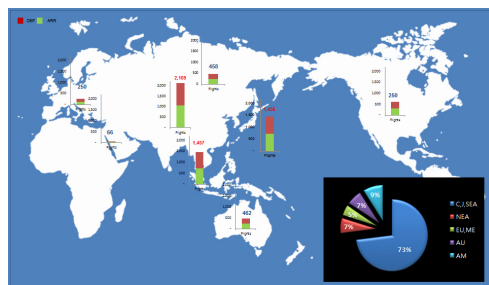


<Fig. 4> Ash and Air Traffic Information Framework

제시된 항공정보프레임워크로 영향 항공노선, 공항이 판별되면 화산재로 인한 노선의 영향을 다음과 같은 표와 그림으로 표시된다.

	USA Part JPN (G597_R)	PSN-RUS PSN-JPN (A586_R)	ICN-KPO ICN-PSN (G585/A582)	GU-PSN (A566_L)	PSN-JPN (G203)	ICN-CJU / S.CHN/SEA (Y711/Y722)	ICN-CHN /EU/ME (G397_L /Y644)	Total
1 st Day	102							102
2 nd Day	102	13	175	45	16			351
3 rd Day	102	13	175	45	16	312		663
4 th ~7 th Day	102	13	175	45	16	312	172	835
	102	13	175	45	16	312	172	835
	102	13	175	45	16	312	172	835
Total	714	78	1,050	270	96	1,560	688	4,456

(a) Cancelled # of flight



(b) Cancelled flights from volcano ash by region

<Fig. 5> Example of cancelled flights from volcano ash

V. 결 론

본 연구에서는 화산재로 인한 항공운항 영향 판단기법과 항공교통에 대한 화산재 피해 평가를 위한 실시간 데이터베이스 구축에 대한 연구를 진행하였다. API를 통한 실시간 항공스케줄의 구축과 노선별, 공항별 운영 통계가 가능하도록 구축하였다. 항공로와 공항의 폐쇄에 따른 항공교통 피해를 계산하기 위해 GIS geometry analysis 기법을 사용하여 항로, waypoints, 공항의 화재 영향 여부를 판별하는 체계를 제시하였다. 화산이 분화하였을 때 타 분야와는 달리 항공에 대한 영향은 바로 집계 가능한 특징이 있다. 이를 위해 실시간 항공정보의 수집과 저장은 매우 중요한 요소로 화산재대응시스템의 구성에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 정부(국민안전처)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임 [MPSS-자연-2015-81]

REFERENCES

- ESRI(2015), *ARCGIS Runtime SDK for iOS Documentation*.
- Hufford, G. L., Salinas, L. J., Simpson, J. J., Barske, E. G., Pieri, D. C.(2000), “Operational implications of airborne volcanic ash,” *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 81, no. 4, pp.750-752.
- ICAO(2007), *Volcanic Ash, Radioactive Material and Toxic Chemical Clouds*, Doc 9691.
- ICAO(2012), *Flight Safety and Volcanic Ash*, ICAO Doc 9974, First Edition, 2012.
- Jinag , Zhuhua, Soonyoung Yu, Seongmin Yoon, Kihong Choi(2013), “Damage and Socio-Economic Impact of Volcanic Ash”, *Journal of Korean Earth Science Society*, vol. 34, no. 6, pp.536-549.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2010), *Press Release*, 2010.4.21.
- Ministry of Public Safety and Security(2016), *Development of Advanced Volcanic Disaster Response System considering Potential Volcanic Risk around Korea*, Final Report.
- Scaini, C., Folch, A., Bolic, T., Castelli, L.(2014), “A GIS-based tool to support air traffic management during explosive volcanic eruptions”, *Transportation Research Part C*, vol. 49, pp.19-31.
- Zhuhua Jiang, Soon-Young Yu, and Seong-Min Yoon(2013), *Damage and Socio-Economic Impact of Volcanic Ash*, *The Korean Earth Science Society*, vol. 34, no. 6.