
부처 맞춤형 과정 훈련 결과보고서

- 항공기상기술 발전을 위한 4차 산업혁명 접목 -

2020. 1.

기상청

< 훈련결과보고서 요약서 >

훈련자	김성근 김진원 변가영	직급	기상주사 기상주사 기상서기
소 속	기상청 항공기상청 제주공항기상대 기상청 항공기상청 항행기상팀 기상청 항공기상청 관측예보과		
훈련국	미국	훈련기간	2020.1.6.~1.18.
훈련기관	미국국제전자제품박람회(CES) 미국기상학회(AMS)	훈련구분	단기
훈련목적	항공기상기술 발전을 위한 4차 산업혁명 접목	보고서매수	119매
내용요약	<p>< 미국국제전자제품박람회 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 최근 기술의 발전에 따라 전 세계는 인공지능(AI)·양자 기술(Quantum Technology)·가상현실(VR)·증강현실(AR)·5G 실생활 적용·로봇 등의 기술을 통하여 빠르게 변화 ○ '19년 미국 소비자 기술 산업(Consumer Technology Industry)의 규모는 약 4,000억 달러(2018년 약 3,770억 달러)로 추정 ○ 기술발전이 대부분의 산업 분야에 적용되어 CES 행사에는 여행, 뷰티, 농업, 개인/기업 컨설팅 등 가전 업계 이외의 여러 기업이 참가하여 최신 기술을 접목 ○ 161개 국가에서 4,500여 개 업체, 약 18만 명이 참가하였으며, 우리나라 기업 390곳 참가로 미국과 중국에 이어 세 번째로 많음 ○ 이번 CES 슬로건은 'AI in everyday life' 으로 '20년에 주목해야 할 5대 기술(디지털 치료, 비행하는 자동차, 미래 식품, 안면인식, 로봇)을 선정하고 이를 중심으로 전시가 구성됨 		

< 미국기상학회 >

- 이번 학회에서는 항공기상예측/관측 방법의 발전과 그 적용을 위한 다양한 기술이 소개. 특히, 급격하게 발전하고 있는 소형 무인 항공기를 위한 항공예보 방안과 착빙, 난류, 운고 및 가시거리(C&V)에 관한 다양한 연구가 발표됨
- 앞으로 기후변화로 인한 청천난류 발생빈도는 약한 난류 59%, 약함~보통 강도 난류 75%, 보통 강도 난류 94%, 보통~심한 강도 난류는 127%, 심한 강도 난류는 149% 증가하는 것으로 예측
- 제한된 운고과 시정 조건은 일반 항공의 사고 비율이 불균형적으로 높아짐. 미연방항공청은 운고와 시정 예측정보 개선을 추진하였으며, 이와 관련한 헬리콥터 응급의료서비스의 현황과 개선 방향을 소개
- 미연방항공청은 항공운항에 영향을 주는 기상 정보에 대한 접근을 쉽게 하고자 국가 공역의 기상 전문 지식 등을 제공하는 WISER(Weather Information Services for Enterprise Research) 체계 개발. 이를 통해 기상학, 항공 및 컴퓨터 분야를 모으고 관련자들에게 연구 자료 제공
- 상대적으로 낮은 속도로 비행하는 소형 무인 항공기는 약한 바람에도 민감. 바람의 영향을 정량화하기 위해 고해상도의 모델링 필요
- 지금까지 난류 관측은 조종사보고(PIREP)를 통해 수집되었으나 향후 방송형 자동 종속시스템(ADS-B)을 통해 난류 관측을 보강하는 연구 현황 공유

국외훈련 개요

1. 훈련국 : 미국
2. 훈련기관명 :
국제전자제품박람회(CES, Consumer Electronics Show)
미국기상학회(AMS. American Meteorological Society)
3. 훈련분야 : 직무교육(부처맞춤형과제)
4. 훈련과제 : 항공기상기술 발전을 위한 4차 산업혁명 접목
5. 훈련기간 : 2020. 01. 06.(월) ~ 01. 18.(토)

〈 목 차 〉

I. 국외훈련 개요	1
II. 미국 국제 전자제품 박람회(CES)	8
1. CES 최근 동향	8
2. CES 2020 개요 및 테마	8
3. 전시장 별 주요 참가 기업 소개	10
4. 주요 기조연설	24
III. 미국 기상학회	29
1. 미국 기상학회 개요	29
2. AMS 100th Annual Meeting	29
3. 보스턴 대학 투어	35
4. 항공기상청 Poster Session 참가	36
IV. 소감	43
V. 참고자료 및 관련 사진	44
[부록] 20th Conference on Aviation Range and Aerospace Meteorology 세부내용	47

I

국외훈련 개요

1. 훈련의 목적 및 필요성

□ 훈련 분야

- 직무교육(부처맞춤형과제)

□ 훈련 과제

- 항공기상기술 발전을 위한 4차 산업혁명 접목

□ 훈련 목적

- 지속적인 항공교통량 증가로 항공산업이 빠르게 성장함에 따라 국제민간항공기구(ICAO)는 항공운항의 효율성, 정규성 및 안정성 향상을 위해 미래지향적 전략계획을 수립하였다.
- 안전한 항공기 운항과 항공산업의 지속적 발전을 위해 항공산업계는 국제적으로 합의되어 제공되는 항공기상서비스 수준의 개선을 요구한다.
- 이에, 우리나라 항공기상기술의 발전을 위해 4차 산업혁명의 신기술과 항공기상기술을 접목 분야 발굴을 목적으로 국제전자제품박람회 및 미국 기상학회에 참석하고자 한다.

□ 훈련 필요성

- 기상관측기술에 적용할 수 있는 머신러닝, 인공지능, 로봇 등의 기술현황을 파악하며, 관측자료 데이터 관리, 항공기상 콘텐츠 개발을 위한 선진 과학기술 과제 발굴이 필요하다.

- 미국기상학회의 인공지능과 항공기상을 연계시킨 세션에 참가하여 국제적인 정책·기술 동향을 파악하며, 4차 산업을 접목한 항공기상기술을 구현하기 위한 기술 습득이 필요하다.

□ 훈련국가 및 훈련기관 선정의 적합성

훈련국	훈련예정기관	선정이유(목적 및 기능 등)
미국	국제전자제품박람회 (CES, Consumer Electronics Show)	○ IoT, 인공지능, 로봇 등 다양한 신기술이 적용된 제조품을 탐구하여 항공기상 기술 발전과 서비스 개선에 적용 가능한 아이디어 발굴
	미국기상학회 (American Meteorological Society)	○ ‘인천공항 윈드시어 특성 연구’ 발표 및 항공기상 세션에 참가하여 신기술이 적용된 항공기상 연구 동향 파악 및 신기술 습득

□ 훈련참여자 역할분담 및 필요성

부처명	담당부서	대상자	훈련참가의 필요성 및 분장업무
기상청	항공기상청 제주공항 기상대	김성근	○ 필요성: 선진 항공기상습득과 아이디어 발굴을 통한 항공기상 업무 현업업무 개선 및 서비스 제공 ○ 분장업무: 4차 산업혁명 신기술과 접목 가능한 항공기상기술 조사, 미국기상학회 포스터 발표
기상청	항공기상청 항행기상팀	김진원	○ 필요성 : 항공기상기술 향상에 활용 가능한 신기술 분야 조사 및 아이디어 발굴로 현업에 적용 가능한 기상기술 개발 ○ 분장업무 :항공기상서비스 개선 사례 조사, 미국기상학회 포스터 발표
기상청	항공기상청 관측예보과	변가영	○ 필요성: 선진 항공기상습득과 아이디어 발굴을 통한 항공기상 업무 현업업무 개선 및 서비스 제공 ○ 분장업무: 4차 산업혁명 신기술과 접목 가능한 항공기상기술 조사, 미국기상학회 포스터 발표

2. 훈련국(기관) 및 파견기간

훈련국	훈련기관	훈련방법	파견기간
미국	국제전자제품박람회 (CES, Consumer Electronics Show) 미국기상학회 (American Meteorological Society)	훈련기관 방문 자료 조사 및 학회 참석	2020. 01.06. ~ 01.18. (13일)

3. 훈련의 주요 내용

□ 훈련기관의 사전 조사

- 국제 전자제품 박람회(Consumer Electronics Show: CES)는 미국소비자 기술협회(CTA)에서 주관하는 미국 소비자 기술 산업을 대표하는 전시회로, 세계 최고의 유명 브랜드로 구성된 2,200여 개의 기업을 비롯한 소규모, 스타트업 기업 등이 참여하는 세계적인 행사이다.
 - 일상, 사업 등 사회 전반의 다양한 분야에서 사용될 수 있는 기술을 공유하고 혁신적인 기술을 접목한 제품을 소개되며, 이번에 개최되는 CES 2020에서는 4차 산업혁명에 따른 IoT, 인공지능, 로봇 등 다양한 신기술이 적용된 제품을 탐구하여 항공기상 기술발전과 서비스 개선에 적용 가능한 아이디어 발굴이 가능하다.
- 미국기상학회(AMS)는 대기과학의 기술 개발, 응용 및 서비스 발전을 통해 사회적 이익창출을 위해 매년 대기, 해양 및 수문 등 다양한 기상 분야의 기술발전과 정보를 공유하고 있다.
 - 특히, 이번 미국기상학회는 100주년 기념으로 ‘미국기상학회의 과거, 현재 및 미래, 사회에 필요한 정보를 지식으로 연계’를 주제로 개최되며 항공 분야는 미국기상학회 기간 중 총 12회 세션으로 실시간예보(Nowcasting), 의사결정지원(Decision-making), 위험기상 탐측(detection) 및 예측(prediction) 등 선진 항공기상의 연구 동향 파악이 가능하다.

□ 전시회 및 학회 참석

- 국제 전자제품 박람회('20.01.07.~01.10.)에서는 Smart Home Platforms, Tech is Ready for Our 5G Future, Smart City Development 등 콘퍼런스에 참석하고, 신기술이 접목된 애플, 삼성 등 선도적 기업의 제품을 조사한다.
- 미국기상학회('20.01.12.~01.16.)에서는 제20차 항공, 우주기상 콘퍼런스에서 '인천공항 윈드시어 특성 연구 결과'에 대한 포스터 발표를 통해 우리나라 윈드시어 연구에 대한 세계 전문가의 의견을 청취하고, 다양한 항공기상 분야에서 개발 또는 적용 중인 기술연구 동향을 파악한다.

4. 세부 훈련 일정

날짜		콘퍼런스	담당	목적
Day 1 (1.6.)	-	○ 출국(인천 → 라스베이거스)	-	-
Day 2 (1.7.)	오전	○ Transforming Routine Habits into Meaningful Consumer Behaviors 콘퍼런스 ○ Las Vegas Convention Center(LVCC) Grand Lobby, 'Tech East CES 2020'	CES	4차산업 혁명 신기술 동향 파악
	오후	○ LVCC North Hall, 'Tech East CES 2020' ○ The Path to the Future of Work 기조연설		
Day 3 (1.8.)	오전	○ Quibi Keynote ○ LVCC Central Hall, 'Tech East CES 2020'	CES	"
	오후	○ LVCC Central Hall, 'Tech East CES 2020' ○ LVCC Central Plaza, 'Tech East CES 2020'		
Day 4 (1.9.)	오전	○ LVCC South Hall 1, 2, 'Tech East CES 2020' ○ LVCC South Hall 3, 4, 'Tech East CES 2020'	CES	"
	오후	○ Future of Connectivity: 5G and More 콘퍼런스 ○ Sands Expo 'Tech West CES 2020'		
Day 5 (1.10.)	오전	○ Sands Expo 'Tech West CES 2020'	CES	"
	오후	○ LVCC South Plaza 'Tech East CES 2020'		
Day 6	-	○ 이동(라스베이거스 → 보스턴)	-	-

(1.11.)				
Day 7 (1.12.)		<ul style="list-style-type: none"> ○ Presidential Forum & Awards Ceremony 참석 	AMS	항공기 상기술 동향 파악
Day 8 (1.13.)	오전	<ul style="list-style-type: none"> ○ 20th Conference on Aviation, Range, and Aerospace Meteorology - [Session 1] History of ARAM: Evolution of capabilities for detecting and predicting aviation weather hazard: Saving lives - [Session 2] Research Programs, Services, and Initiatives to Support the Aviation, Range, and Aerospace Meteorological Communities 	AMS	"
	오후	<ul style="list-style-type: none"> ○ 20th Conference on Aviation, Range, and Aerospace Meteorology - [Session 3] Weather needs for Small UAS and the Potential for Improving their Own Guidance ○ Poster Session 참가 및 포스터 발표 		
Day 9 (1.14.)	오전	<ul style="list-style-type: none"> ○ 20th Conference on Aviation, Range, and Aerospace Meteorology - [Session 4] Scaling Down the Weather to Support Urban Air Mobility - [Session 5] Advancements in the Analysis and Prediction of Turbulence for Aviation, Range and Aerospace Operations 	AMS	"
	오후	<ul style="list-style-type: none"> - [Session 6] John T. Madura session on developing weather technologies to support range operations through R2O and O2R pathways - [Session 7] Studies Involving Aviation Impacts Translation Modeling - [Poster Session 1] Properties, detection, prediction and mitigation of aviation weather hazards 		
Day 10 (1.15.)	오전	<ul style="list-style-type: none"> ○ 30th Conference on Weather Analysis and Forecasting (WAF)/26th Conference on Numerical Weather Prediction (NWP) - [Joint Session 36] Advances in Data 	AMS	"

		<p>Assimilation, Verification, and Probabilistic Forecasting of Aviation Weather Hazards</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 20th Conference on Aviation, Range, and Aerospace Meteorology - [Session 8] Session on Advancements in the Analysis and Prediction of Aircraft Icing and Methods/Tools for Icing Mitigation - [Joint Session 42] Statistical Methods for Optimized Aviation Hazard Detection and Prediction 		
	오후	<ul style="list-style-type: none"> ○ 20th Conference on Aviation, Range, and Aerospace Meteorology - [Session 9] Advancements in the analysis, nowcasting and prediction of convectively-induced turbulence 		
Day 11 (1.16.)	오전	<ul style="list-style-type: none"> ○ 20th Conference on Aviation, Range, and Aerospace Meteorology - [Session 10] Influence of US National Security Programs on Improved Analysis and Prediction of Aviation and Range Weather - [Session 11] Aviation Decision-Making Using Forecast Uncertainty - [Session 12] Advancements in the Detection, Prediction, Decision Support for Mitigating the Effects of Convection and Lightning on Airborne Operations - [Session 13] Overview and Early Results from the In-Cloud Icing and Large-Drop Experiment(ICICLE) 	AMS	"
	오후	<ul style="list-style-type: none"> ○ Boston University Tour 		
Day 12 (1.17.)	-	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이동(보스턴 → 인천) 	-	-
Day 13 (1.18.)				

4. 훈련기관 개요

명 칭	2020 국제 전자제품 박람회 (CES(Consumer Electronics Show) 2020)
소 재 지	미국 네바다주 라스베이거스
홈 페이지	https://www.ces.tech/
기관소개	<ul style="list-style-type: none"> · 1967년 최초의 CES가 뉴욕시에서 개최되어 100개 이상의 전시자와 17,500명이 참석하였으며, 포켓 라디오와 통합회로가 (Integrated Circuit) 부착된 TV가 선보임 · 1978년부터 1994년 사이에는 CES가 1월에는 라스베이거스에서, 6월에는 시카고에서 일 년에 두 번 개최되었으나, 6월 행사에 관한 관심이 줄어, 1998년부터는 일 년에 한 번 개최 · 2005년 라스베이거스에서 개최된 CES에서 삼성전자가 102인치(2.6m) 플라즈마 TV를 선보였음 · 2006년에는 HDTV를 주제, HD DVD와 Blue-ray Disc 간 표준 경쟁이 있었으며, 최초의 HD 영화와 플레이어가 선보임 · 2018년 CES에서는 삼성전자의 마이크로 LED TV, 장거리 무선 충전 기술, LG전자의 4k UHD 프로젝터를 비롯한 총 31개의 혁신 수상이 이루어졌음

명 칭	미국기상학회 (American Meteorology Society)
소 재 지	미국 매사추세츠 보스턴
홈 페이지	https://www.ametsoc.org/
기관소개	<ul style="list-style-type: none"> · 미국기상학회는 1919년 매사추세츠 밀트 소재 블루힐 관측소의 찰스 프랭클린 브룩에 의해 설립되었고 초기 회원은 미군과 미국기상청 등 600명 이하였음 · 1930~1940년대, 제2차 세계대전 동안 지상 활동과 항공 등 군 작전 지원으로 대기과학의 주목할 만한 발전이 이루어졌고, 많은 기상학자가 훈련됨 · 1945년 최초로 학회의 과학 저널을 위한 체계를 마련하였고, 나중에 응용 기상학 저널과 대기과학 저널로 나눠짐 · 학회의 역할은 과학적이고 전문적인 기관으로 대기과학 및 관련된 과학 분야를 지원하는 것으로 매년 기상 저널을 발간하고 많은 과학 콘퍼런스를 개최함 · 학회는 검증된 방송용 기상학자(CBM, Certified Broadcast Meteorologist), 검증된 상담 기상학자(CCM, Certified Consulting Meteorologist) 2개의 인증 프로그램을 운영하고 있음

II

국제 전자제품 박람회(CES)

1. CES 최근 동향

- 최근 기술의 발전에 따라 전 세계는 인공지능(AI)·양자 기술(Quantum Technology)·가상현실(VR)·증강현실(AR)·5G 실생활 적용·로봇 등의 기술을 통하여 빠르게 변화하고 있다.
- CES의 주최 기관인 미국 소비자 기술협회(Consumer Technology Association, 이하 CTA)에 따르면 2019년 미국 소비자 기술 산업(Consumer Technology Industry)의 규모는 약 4,000억 달러(2018년 약 3,770억 달러)였을 것으로 추정되며, 이는 연 2.2%가량의 가시적인 발전을 보인다.
- 또한, 기술발전이 관련 업계뿐만이 아니라 대부분의 산업 분야에 적용됨에 따라 CES 행사에는 여행, 뷰티, 농업, 개인/기업 컨설팅 등 가전 업계 이외의 여러 기업이 참가하여 최신 기술을 접목하고 있다.

2. CES 2020 개요 및 테마

2.1 CES 2020 개요 및 테마

- 2020년 CES는 한국 기업 390곳 참가로 미국과 중국에 이어 세 번째로 많았음. CTA(미국 소비자기술협회) 자료에 따르면 미국 1933개, 중국 1368개를 이어 한국이 390여 개로 3위를 기록했음. 올해는 161개 국가에서 4,500여 개 업체, 약 18만 명이 참가하였다.
- 2020년 슬로건: AI in everyday life
 - CTA는 2019년 11월, ‘2020년에 주목해야 할 5대 기술 경향(5 Technology Trends to Watch 2020, 아래 표 참조)’을 발표하였으며, 이를 바탕으로 CES 2020의 전시가 이루어지고 있다.

5 Technology Trends to Watch 2020)
디지털 치료(Digital Therapeutics)
플라잉 카(Flying Cars)
미래 식품(The Future of Food)
안면인식(Facial Recognition)
로봇(Robots)

2.2 CES 2020 전시장 소개

○ 주요 전시장으로 사용되는 Las Vegas Convention Center는 크게 4개의 Hall과 2개의 Plaza로 이루어져 있으며, 그 외의 주요 전시장은 라스베이거스의 주요 호텔 및 Sands Expo 등에서 개최되었다. 공식 전시장은 11개이며, 크게 East, West, South로 이루어져 있다. 전시장의 총면적은 2,322,576 m² 이상이다.



전시장 지도

3. 전시장 별 주요 참가기업 소개

3.1 Central Hall & Central Plaza

3.1.1 Central Hall

○ LG Electronics

- 올해는 인공지능과 초연결(hyper-connectivity) 기술로 미래의 현실을 체험할 수 있는 공간 제공 및 비전인 심리스 라이프(Seamless life)를 제시했다. 고객의 제품과의 연결을 통해 최적의 서비스를 제공하는 진정한 인공지능 홈 라이프와 집에서 차량, 차량에서 집으로 이어지는 인공지능을 탑재한 커넥티드 카(Connected Car)와 자동차 소프트웨어 ‘웹OS 오토(webOS Auto)’를 최초 공개했다.
- 작년 ‘올레드 폭포’를 구현해 신선함과 놀라움으로 이목을 끄며, 올해는 오픈 전 LG 전시관 입구에 많은 사람이 운집했고, 오픈된 전시관 입구 쪽 천장에는 200여 개의 다양한 곡률의 올레드 사이니지를 이어붙인 바다의 ‘새로운 물결(New Wave)’을 연출했다.
- 대규모 씽크존에는 위에서 아래, 아래에서 위로 화면을 펼쳐주는 롤 다운 방식의 롤러블TV(CES 혁신상 수상)를 선보였다. 또한, 더욱 강력한 인공지능 프로세서인 ‘알파9 3세대’를 탑재한 ‘리얼 8K’를 확대 전시하였다.

○ Royole Corporation

- Royole는 현장에서 폴더블 디스플레이의 다양한 응용에 관한 다양한 사례를 보여주었다. Royole의 폴더블 디스플레이는 종이 정도의 두께를 가진 얇은 디스플레이로, 폴더블 휴대폰, 달력, 가방 등 여러 응용 방법을 사용할 수 있다.

- 또한, 7.8인치 AMOLED 플렉서블 터치 디스플레이가 장착된 Mirage Smart Speaker를 선보였다. 이 스피커는 미국 샌디에이고에 위치한 오디오 전문 기업 클리어(Cleer)와 협력하여 제작한 제품으로, 잡음 소거(noise canceling) 등 몰입형 사운드 구현 등을 특징으로 하고 있다.
- Royole에서 선보인 또 다른 제품 중 하나인 스마트 공책 ‘로라이트(RoWrite)2’는 고도로 예민한 센서들이 필압을 감지해 필기 내용을 스마트폰에 실시간으로 전송하고, 글씨와 낙서 등이 즉시 디지털화할 수 있다.

○ Delta Air Lines, Inc.

- 항공업계 최초로 CES에 참가한 델타항공은 항공분야에서 활용될 미래 선도적인 기술들을 선보였다. 특히 평행현실(Parallel Reality)는 하나의 전광판에서 각 사용자들에 맞춘 언어로 필요한 정보를 동시에 제공하는 것으로 같은 화면에서 다른 정보를 보여주는 멀티뷰 픽셀 기술을 사용하였다. 이 기술은 미국 디트로이트 메트로폴리탄 공항에서 시범 서비스 될 예정이다.
- 또한, 델타항공은 고객들의 만족도 향상을 위해 기술 혁신이 필요하며, 끊임없이 많은 사용자들 경험을 제공하기 위해 리프트와 협력하고 있으며, 클라우드 시스템을 활용한 엔터테인먼트 제공, 기내 무료 와이파이 제공 등을 계획하고 있다.

○ Samsung Electronics Inc.

- 삼성전자는 CES 2020에서 CES 혁신상 46개, 현장 어워드 298개를 수상하였으며, CES 2020의 주요 출품 제품은 QLED 8K, The SERO TV, 사운드 바 Q950R, 갤럭시 노트 10+ 5G, 패밀리 허브 냉장고, 포터블 SSD T7 Touch 등이었다. 이 중 5년 연속 혁신상을 수상한 패밀리 허브 냉장고는 기기에 설치된 모니터에 있는 화면을 통해 다양한 활동이 가능하며,

음식에 관련된 기능(냉장고 안 관찰, 인터넷을 통한 메뉴 검색, 식재료 구매) 및 가족의 스마트폰과의 연결, TV 미러링 등을 탑재하였다.

- 삼성에서 선보인 Gait Enhancing & Motivating System은 신체적 어려움을 겪는 이들이 걸을 수 있도록 돕고, 운동을 효율적으로 할 수 있게 만드는 웨어러블 보행 보조 로봇으로 디지털 치료라는 CES의 테마에 맞추었다.
- 삼성의 미래 AI 프로젝트 NEON은 인공 인간(Artificial Human)을 만들고 활용하는 디지털 인간을 만들기 위해서 비밀리에 진행됐다. 다양한 인종, 다양한 생김새의 인공 인간들이 전시되었고, 실제 사람의 모습과 매우 흡사하여 일상생활에 다양하게 접목 시킬 수 있을 것으로 전망되었다. 프로젝트 네온의 리더인 프라나브 미스트리는, “미래에는 2차원적인 이미지와 소리뿐만 아니라 3차원적이고 다양한 모습을 보여주어야 할 것”이라고 발언하였다. 지능형 반려로봇(Companion Robot) 볼리(Ballie) 또한, 미래 AI 프로젝트의 일환으로서 선보였다.

○ SK Telecom

- 초고속, 초저지연, 초연결로 대표되는 5G 기업으로 ‘미래를 향한 진화의 주체(Evolve Towards The Future)’라는 주제로 우리나라 통신사 중 유일하게 공동전시 부스를 마련하였다.
- 삼성전자와 공동개발한 초고화질 영상 무선 직접 수신하는 5G-8K TV, 모바일 영상통화시스템인 Callar(Call+AR) for Sero TV, 5GX 멀티뷰 등 다양한 미디어기술과 통합차량용 인포테인먼트(IVI), HD맵 업데이트 기술인 로드러너, 차세대 단일 광자 라이다 등 자율주행과 관련된 모빌리티 기술을 선도하고자 많은 투자와 노력을 기울이고 있다.

3.1.2 Central Plaza

○ Google

- Google Translate: 2019년 CES에서 Google은 건물 내부의 스마트 디스플레이 중 하나에 부착하여 CES 근처 호텔에서 실시간 통역 기능을 제공하기 시작하였다. 올해 개선 제공된 기능은 모두 성장했으며 회사의 Google Nest Hub 기기를 통해 실제 의미와 다른 부분에 대한 손실을 만회하는 방법을 모색하였다.
- 현재 Google은 이 서비스를 호텔이나 은행과 같은 비즈니스에 판매하고 있으며, 주요 사용처는 존 F. 케네디 국제공항의 국제 터미널, 카타르의 스포츠 경기장, 주요 호텔 체인 및 난민들과 함께 일 하는 비정부단체인 머시 코프스 (Mercy Corps)의 안내 데스크 등에서 이용되고 있다. 구글 뿐만 아니라 다른 회사들도 AI, 딥러닝과 같은 기술을 이용하여 독자적인 통번역 기술을 배양하고 있으며, 이는 빠른 속도로 개선되고 있다.

○ Impossible Food

- 올해 CES의 테마 중 하나인 미래 식품(The Future of Food)에 발맞추어, CES에 다양한 형태의 식재료를 제시하는 기업의 참가가 증가하였다. Impossible food는 2016년에도 대체육을 선보여 주목받은 기업 중 하나이며, 2019년 7월 FDA(미국 식품의약품안전청)에서 정식 승인을 받으면서 식물성 돼지고기와 소시지가 들어간 햄버거와 샌드위치를 제공하기 시작하였다.
- 현재 해당 기업은 미국 내 체인 레스토랑에서 임파서블 버거의 판매를 시작하였으며, 주요 거점인 캘리포니아를 기반으로 슈퍼마켓, 버거킹 등 다양한 회사에 자사의 소시지와 햄버거 패티를 공급할 예정이다.

○ Valeo

- 프랑스의 자동차 관련 업체인 발레오(Valeo)는 2019년 중국의 전자상거래 플랫폼인 '메이투안 디안핑(Meituan Dianping)'과 제휴를 시작하

였다. 2020년 CES에서는 자율배송 드로이드(Droid, 배송용 로봇)인 ‘발레오 e딜리버4유(Valeo eDeliver4U)’를 개발하여 공개하였다.

- 해당 차량은 전기로 충전하며 17인분의 음식을 가지고 이동할 수 있고, 스마트폰 앱으로 예약한 고객을 대상으로 시속 약 12km의 속도로 배송서비스를 할 수 있다. 또한, 1개의 전면 카메라, 2개의 어안 카메라, 2개의 레이더, 6개의 초음속 센서를 갖추고 있어 제한된 공간에서 음식물을 배달하는 서비스에 최적화되어 있다.
- 또한, 인공지능 솔루션 ‘발레오 무브 프리딕트.ai(Move Predict.ai)’를 공개하여, 차량 주변 360도를 인식하면서 교통약자를 감지하고 그들의 통행에 관련된 의도를 예측할 수 있는 시스템을 선보였다.

3.2 North Hall

○ Hyundai Motor Company

- 현대자동차는 우버와 함께 우버택시 개발을 위한 협력을 발표함과 함께 차세대 이동수단으로 UAM(Urbal Air Mobility)를 공개했다. 드론 형태의 UAM은 개인용 비행체로 기존의 도로를 이용하는 차량을 대신하여 하늘을 이동 통로로 사용하는 이동수단이다.
- 현대자동차 부스에서는 VR을 통한 가상체험을 제공하였다. 우버와 공동으로 2028년부터 상용화를 목표로 하는 현대자동차는 현장 브리핑에서 이동 시 발생할 수 있는 소음을 줄이기 위하여 헬리콥터의 단일 로터 방식에서 기체 주위의 여러 개의 작은 로터들로 분산하였으며, 승차공유를 위해 수직이착륙이 가능하도록 우버와 협력하였다. 초기에는 사람이 탑승하여 시범 운영할 예정이며, 추후 자율 운행을 적용하려 한다.

○ Amazon Automotive

- 세계 최대 전자상거래 기업인 Amazon에서는 CES 2020에서 처음으로 모빌리티 전시관을 선보였다. 그 규모는 글로벌 자동차업체의 규모와 비슷하였다. 전시 주제는 '미래 모빌리티의 가속화'로 정하고 자동차 제조업체와 개발자가 차세대 소프트웨어 기반 차량을 만드는 데 도움이 되는 실험 프로젝트에 대한 전시를 메인으로 삼아 자사의 다양한 시도를 보여 주었다. 아마존은 Amazon Web Services (AWS)라는 서비스를 통해 안정적이고 확장 가능하며 저렴한 클라우드 컴퓨팅 서비스를 제공하고 있다.
- 대표적인 전시품은 인공지능 스피커 알렉사(Alexa)와 자동차를 결합한 자동차용 알렉사 디바이스인 'Echo Auto'였으며, Alexa Home에서 자동차 간 통합을 보여주며 Amazon Pay , Fire TV 및 Ring을 포함한 여러 Amazon & Alexa 제품을 전시했다.
- 또한, 부스에서는 제로라이트(ZeroLight)에 의해 구동되고 AWS에서 실행되는, 영업 및 마케팅을 위한 실시간 3D 시각화 플랫폼을 체험할 수 있었다. 알렉사 오토 SDK(Software Development Kit)와 AWS 기계 학습을 사용해, AWS의 클라우드 서비스에 운전자의 프로파일을 저장하고 기계 학습으로 반복되는 행동을 찾는 미래 이동성에 관한 시연을 수행했다.

○ Daimler AG(Mercedes-Benz - A Daimler Brand)

- 메르세데스 벤츠는 수평 이동이 가능하고 스티어링 휠이 없는 새로운 방식의 차량인 비전 AVTR을 공개했다. AVTR(Advanced Vehicle Transformation)은 진보한 운송수단의 변화를 의미하는 것으로 공상과학 영화에서나 등장할 전혀 새로운 형태의 차량이다. AVTR은 제임스 카메론 할리우드 영화감독과 협업을 통해 미래에 대한 상상력과 벤츠의 미래 선도적 기술이 접목된 것으로 매끄러운 유선 형태로 미래지향적 느낌을 주며 기본적으로 자율주행이 탑재되고 재활용이 가능한 소재로 만들어져 있다.

○ Nissan Motor Co., Ltd

- 닛산은 새로운 개념의 차량 '아리야(ARIYA)'를 비롯한 전기차들과 지능형 이동수단 체계들을 선보였다. 아리야는 닛산의 전기차 관련 기술이 집약된 고성능의 주행시스템인 ProPilot Assist 2세대가 탑재되어 주행 중 차로 유지 및 가속 등 3단계 수준의 자율주행이 가능하며, 300마일까지 주행할 수 있다. 또한, 닛산에서 생산된 차량 중 최초로 트윈모터를 채택하였으며, 사륜 제어 기술인 e-force가 적용되었다.

○ Qualcomm

- 미국의 반도체 전문 기업인 Qualcomm은 자율주행차용 운영시스템 '스냅드래곤 라이드'를 공개하였다. 스냅드래곤 라이드는 차선 제어와 전자동 운전 기능을 모두 처리할 수 있다. 해당 시스템이 적용된 차량은 2023년부터 생산할 수 있을 것으로 예정되어 있다. 또한, 이 시스템은 고성능, 전력 효율성을 특징으로 하고 있다.
- 또한, 회사에서 공개한 새로운 차량 클라우드 서비스는 퀄컴 스냅드래곤 오토모티브 콕핏 플랫폼과 퀄컴 스냅드래곤 오토모티브 4G 및 5G 플랫폼을 통합해 커넥티드 카 서비스 형태로 제공할 예정이다.

○ Ford Motor Company

- 국제적인 유명 자동차 회사와 신생기업 어질리티 로보틱스(Agility Robotics)의 2족 보행 배송 로봇의 협업을 하고 있다.
- 배송 로봇인 '디지털(Digit)'에 사용되는 기술은 포드 자율주행 차량의 기술인 '라이다(LiDAR)' 센서 등을 이용한 것으로 장애물을 만났을 때 이를 통제하고 재명령할 수 있는 컴퓨팅 기능을 선보임으로 차세대 자동차 트렌드를 선도한다.

○ Honda Motor Co., Ltd

- 자율주행과 증강현실을 접목한 증강 주행 개념은 자율주행뿐만 아니라 수동주행도 혼합하려는 여러 기술을 포함하고 있다. 운전자의 눈동자를 읽는 기술을 통해 자율주행과 수동주행을 자동으로 전환하는 기술이다.
- AI를 기반으로 하는 차량용 음성 개인비서‘OK Honda’를 공개함으로 차량을 생활공간으로 확장하는 모빌리티 기술을 선보였다.

3.3 South Hall & South Plaza

3.3.1 South Hall

○ Doosan

- 두산중공업 이미지에 맞게 소프트웨어적인 부분보다는 하드웨어적인 부분에 관련된 미래 제품을 선보였으며, 세프 로봇, 자동차 조립 로봇, 드론 등 기계적인 부품에 대부분 전시공간을 이용하였다. 또한, 미국 중기계 업체인 Bobcat을 인수해 미국에서의 점유율도 점차 상승 중이며, 두산은 중공업 기계의 무인작업을 통해 위험 요인을 감소시켰다.

○ Hancom Group

- 한컴 그룹은 3년 연속 CES에 참가하고 있으며, 2020년 CES에는 ‘첨단 기술을 통해 꿈을 현실로 구현한다.’라는 주제로 한컴 그룹 총 16개 그룹사 중 13개의 그룹사와 함께 참가하고 있다. 이번 전시에서는 로봇, 블록체인, 인공지능, 스마트시티와 관련된 제품들이 전시되었다.
- 한컴그룹 중 하나인 한컴로보틱스의 인공지능 로봇 ‘토키Toki’는 가정용 로봇으로, 한컴 그룹이 주요 시장으로 보고 있는 분야이다. 가정 내 보안과 자녀 교육은 물론이거니와 사용자와의 대화도 원활할 수 있도록 도와주는 방향의 인공지능을 탑재하였다.

- 또한, 블록체인 기술과 관련하여, 블록체인을 인터넷의 대체 요소로 삼는 전략을 추진하고 있다. 일상생활은 물론이거니와 금융, 에너지, 산업 등 다양한 분야에서 블록체인으로 구축함으로써 전 세계의 블록체인 산업을 이끌어 나갈 계획이다.

○ UBTech Robotics Corp.

- 중국 로봇 전문 유니콘기업(기업가치 1조원 이상의 스타트업)으로 학습능력과 주변 환경 인식 능력이 한층 강화된 로봇이 아닌 인간으로 진화한 휴머노이드 로봇 ‘워커(Walker)’를 공개하였다.
- 또한, 재고관리, 안전 및 보안관리 등의 작업을 하는 실내전용 모니터링 로봇 ‘에임봇(AIMBOT)’과 클라우드 기반의 지능형 서비스 로봇인 ‘크루저(Cruzer)’ 외에 파이어봇 키트, 챔프봇 키트 등 교육용 로봇의 새로운 시리즈를 준비 중이다.

○ Shenzhen Timekettle Technologies Co., Ltd.

- 중국의 웨어러블 통역기기 스타트업 기업인 Timekettle은 노르웨이어, 한국어를 포함하여 40개의 언어, 93개의 악센트를 번역할 수 있는 기기를 선보였다. 해당 기업은 통역 기기의 선두주자인 Waverly Labs와 Google 등의 거대기업에 지지 않는 성능을 탑재하기 위해 계속 노력하고 있다.
- Timekettle의 실시간 번역은 iOS앱과 자동으로 페어링되며 음성 모니터링을 통해 사용할 수 있다. 유사한 다른 앱과의 차별성은 이어폰을 공유하고 별다른 인터페이스를 이용하지 않아도 된다는 것이며, 통역 시의 지연을 최소화(약 1~3초)하기 위해 노력하고 있다. 또한, 휴대폰에 설치하는 Zero Translator 기기를 통해 다국적 참가자의 회의 및 인터뷰 등에서 자연스러운 통역을 할 수 있는 환경을 갖추고자 한다.

○ Robosens

- 로보젠은 세상에서 가장 진보되고 프로그래밍 가능한 로봇인 T9을 소개하였다. T9은 이미 판매되고 있는 로봇으로 3,000 여 개로 구성된 요소와 총 22개의 서보 모터를 사용하여 민첩하고 유연하며, 로봇 형태의 이족보행 능력을 비롯하여 음성 또는 애플리케이션을 통해 자동차 형태로 자동변환이 가능하다.

3.3.2 South Plaza

○ CES 2020 대구·경북 공동관

- 대구광역시는 2020년까지 8년 연속으로 CES에 참가하여 기업공동관을 운영해 왔음. 2020년에는 ICT 융복합 분야의 벤처/중소기업 44개 회사, 스타트업 3개 회사가 참가하였다.
- 라미테크: 드론용 방수 모터를 개발하는 회사로, K-MOTOR의 브랜드를 가지고 특수 용도의 방수 드론용 모터를 생산하고 있다. 개발한 방수 모터는 알루미늄 재질로 코일을 만들고 테프론과 폴리아미드로 코팅해 가볍고 습기와 열에 강한 특성이 있다. 현재 해당 모터는 국제방수기준(KOLAS IP43)을 통과한 고성능, 고신뢰성 모터로 평가되고 있다.
- 정안헬스케어: 정안헬스케어는 2019년 CES에서 처음 선보인 테라피 기기 업체이다. 테라피 기기인 'Color Therating Happy Light'은 무선 충전, 블루투스 스피커, 파워뱅크, 인테리어 무드등 등 4가지의 기능이 있으며 컬러/아로마/사운드 테라피를 함께 경험할 수 있다. 또한, 이와는 별도로 '커피등'을 출시하였는데, 이 제품은 카페, 레스토랑, 식당, 캠핑장 등을 겨냥한 제품으로 컬러테라피와 한방 색채요법을 바탕으로 하고 있다.
- 우경정보기술: 우경정보기술에서는 빅데이터를 활용한 인공지능 기반

영상분석 기술을 이용하여 얼굴 인식 및 영상정보 보호시스템을 선보였다. 이는 인공지능을 이용한 스마트시티 관제시스템으로도 사용될 수 있다. 이 회사는 하드웨어, 소프트웨어, 서비스와 솔루션을 모두 포함한 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있으며, 정보보안 분야와 비정형 데이터 보안 분야에서 원천기술을 확보하였다. 특히 ‘secuwatcher for CCTV’는 영상 유출 및 위·변조 방지용 영상정보 보안 솔루션으로 개인정보보호법에 기반하고 있다. 이 시스템은 고화질 영상의 암호화 및 복호화를 고속으로 가능하게 하며 접근 권한 따라 필요한 정보를 제공할 수 있도록 한다.

- 우리소프트: 인지 재활 훈련용 모바일 게임을 통하여 CES의 Innovation Award에서 수상하였다. 이번 전시회에서는 진단용 3D 게임이자 평가 플랫폼인 ‘뉴로월드(Neuro-world)’를 선보였으며, 차후 재활병원과의 협력을 포함해 인지재활허브센터를 구축을 계획하고 있다. 해당 시스템을 이용하면 기존 훈련 도구, 혹은 현재 한국에서 시행되고 있는 재활 훈련과 그 서비스에 대한 문제를 해결할 수 있으며, 게임을 이용하고 인공지능 기술이 융합되어 있어 가정에서도 재활훈련을 쉽게 한다.
- (주)아이델: 건축신소재인 플라스틱 압출시트를 선보였다. 황변 현상 방지를 위하여 공압출 공법을 사용한 것이 특징이다. 이 방법을 사용하면 소재의 표면을 깨끗하게 유지할 수 있다. 현재는 TV와 LED조명 분야에 시장을 확대하고 있다. 또한, 신기술로는 방범 시트 및 곤충 방지 시트를 개발하여 신규 시장 개척을 위해 노력하고 있다.

3.4 Aria & Sands Expo & C Space

○ KAKAO Friends Home Kit

- 카카오프렌즈의 전자제품을 제작하는 회사인 카카오 IX는 카카오프렌즈의 디자인을 기반으로 다양한 IoT(사물인터넷) 가전제품을 전시하였다. 국내 캐릭터 브랜드 중에서는 처음으로 CES에 진출한 사례로 손꼽히며,

스마트 체중계, led 무드등, 공기 청정기, 가습기, 알람, 센서, 체온계의 7가지 항목이 전시되었다. 기존 제품들과는 달리, 해당 제품들은 휴대폰과 연동되어 다양한 설정과 기록을 통해 자신에 맞는 제품으로 꾸며나갈 수 있다. 해당 기업은 카카오톡과의 연동 가능성도 염두에 두며 개발을 해 나가고 있으며, 일부 기종은 1월부터 점진적으로 시장에 선보일 예정이다.

○ Seoul Metropolitan Government

- ‘스마트시티 & 스마트 라이프’란 주제로 서울 창업허브 입주기업과 서울시 산하기관의 지원을 받아 창업한 스타트업 20여개 기업의 부스(서울관)를 마련하여 처음으로 참가했다.
- 별도의 기기 없이도 스마트폰으로 동공을 촬영해 심장 정보를 측정하는 앱(App), 인공지능(AI)으로 음성을 만들어주는 AI 성우 서비스, 피부를 측정해 제품을 추천하는 스마트 거울, 원거리 무선 충전 등의 기술을 선보였다. 또한, 서울관 전면에 서울시장실과 같은 ‘디지털 시민 시장실’을 구현하여 서울시 스마트행정을 소개함과 동시에 ‘서울라운지’를 조성해 방문객들이 직접 체험할 수 있도록 하였다.

○ Procter & Gamble (P&G)

- P&G는 일상생활의 질을 향상 시키기 위한 신개념 전동 칫솔 Oral-B iO 시리즈 9, 피부 관리를 위한 옵테 정밀 스킨케어, 가열식 면도기 등 다양한 생활제품을 소개하였다.
- Oral-B iO 시리즈 9은 이번 CES의 혁신상(Innovation award)을 받은 작품으로 많은 사람의 양치질 습관을 체계적으로 분석하여 사용자들의 경험을 결합한 한 단계 발전한 제품이다. 옵테 정밀 스킨케어는 CES2019에서 호평 받은 1세대에서 발전한 2세대로 초당 200 프레임을 캡처하는 디지털 방식으로 사용자의 피부를 스캔하고 분석하여 주변 피부색과 완벽한 조화를 이룰 수 있도록 잉크젯 프린터로 인쇄하여 보정한다.

○ POW Audio

- POW오디오는 미국의 음향기기 회사 중 하나로, 360도로 입출력되는 마이크와 에코를 제거하는 기술, 노이즈 제거 기술을 통하여 화상회의의 질을 높이는 기술을 선보였다.
- 또한, POW오디오에서 특허를 받은 오디오 확장기술은 WaveBloom을 바탕으로 두 개의 새로운 스피커를 선보였다. 그 첫 번째는 Una Biz인 접이식 블루투스 스피커이다. 또한, 개선된 버전인 Una Ultra는 그 하이엔드 모델로서, 조금 더 큰 디자인과 고음질의 오디오 드라이버를 탑재하였다. POW 오디오는 이 기술을 바탕으로 CES 혁신상을 받았다.

○ Medwand

- 메드워드(Medwand)의 디지털 치료 장비는 편도선 관찰, 체온, 심장박동, 혈중산소농도, 폐의 잡음 등을 감지할 수 있는 센서를 통하여 치료진과 소통하며 원격의료를 가능하게 한다. 의사가 환자에게 직접 접촉하여 진료를 볼 수 없는 경우, 원격진료는 다양한 징후를 판독하는 것뿐만 아니라, 환자의 정보를 실시간으로 알 수 있는 도구이기도 하다.

○ Becon

- 국내 스타트업 기업 중 하나인 비컨은 삼성전자의 C랩 프로그램을 통하여 2020년 CES에 참가하였다. 비컨은 두피케어와 탈모예방에 대한 가정치료 솔루션을 통하여 두피 상태를 진단한 후, 10가지 항목을 측정하여 사용자에게 제공한다. 이때 머리숱, 민감도, 온도, 유수분, 각질 등의 데이터를 애플리케이션으로 실시간으로 제공하는 것은 물론, 측정된 데이터를 토대로 두피 상태 분석, 솔루션 등을 제공하고 있다.

○ Mieron

- 미국 스타트업 기업 중 하나인 미에론(Mieron)은 가상현실(VR) 콘텐츠를 이용하여 뇌의 활동을 활성화하고, 이를 통해 정신 건강, 우울증 대비, 신경성 질환 환자의 상태 개선을 위한 기술을 접목했다. 해당 기술을 통해 질환의 치료와 고통에 관한 관리함으로써 삶의 질을 높이는 것을 목표로 하고 있다.

○ Pundi X

- CES에서 선보인 최초의 블록체인 휴대폰은 Function X로 구동되는 휴대폰이다. 기존 휴대폰과 같이 전화, 인터넷, 각종 서비스가 모두 제공되는 것은 물론이거니와, BOB를 사용할 경우 사용자 외의 누구도 통화, 메시지 또는 데이터를 차단, 모니터링 할 수 없다. 또한, 기존 사용자의 유입을 위하여 F(x) OS에는 이중 모드 기능을 제공하여, 블록체인 모드와 기존 안드로이드 모드 간의 전환을 원활하게 유지할 수 있다. 블록체인 모드에서 통화가 발생하면, 휴대폰은 자체적으로 기존의 중앙 집중식 전화 교환 방식이 아닌 노드를 통해 라우팅 되는 방식으로 통화가 연결된다. 해당 제품은 2018년 10월 BOB 프로토타입을 공개한 이후 지속해서 발전되어 왔다.
- FX의 운영체제는 안드로이드 9.0버전을 기반으로 제작되었으며, 대부분의 안드로이드 애플리케이션에 접속할 수 있다. 사용자는 블록체인 휴대폰 BOB를 주문할 경우, 직접 휴대폰을 조립하여 사용하게 된다. 또한, 추가 부품이 필요하다면 3D프린터로 직접 주문할 수 있는 모듈 형태의 휴대폰이다.
- BOB는 인상적인 디자인과 기능으로 “모바일 장치 및 액세서리” 부분에서 CES 혁신상을 받았다.

○ Winston Privacy

- Winston의 개인정보보호 필터는 WiFi 라우터와 모뎀 사이에 설치하여 작동한다. 이 기계는 집 안에 있는 모든 장치의 데이터 흔적을 줄이기 위해 회피조작을 수행한다. Winston은 단순한 가상 개인 정보 보호 네트워크 (또는 VPN) 이상으로 집에서 들어오고 나가는 트래픽을 검색하여 광고를 차단하고 쿠키를 필터링하며 웹 사이트 흔적들을 처리하며 인터넷 주소를 숨길 수 있다. 또한, Winston은 많은 온라인 추적기 및 광고가 재생되지 않기 때문에 인터넷 속도가 향상될 수 있음을 시사한다.

4. 주요 기조연설

4.1 Transforming Routine Habits into Meaningful Consumer Behaviors(P&G)

- 시간 및 장소: 1월 7일(화) 9:00 ~ 10:00, LVCC
- 발표자: Susan Shook, P&G Global Privacy Officer(국제 개인정보 보호 책임자)
- 중국 및 아시아권 국가들과 더불어, P&G에서는 소비자의 사용 형태별 제품을 차별화하고 있다. 패브릭 제품과 더불어 구강 건강도 그 대표적인 예 중 하나이다.
- P&G는 많은 사람이 양치질을 권장 사항인 1일 2회, 최소 2분을 잘 지키지 않는 것으로 확인되고 있다. 조사 대상의 20%만 권장 사항을 지키고 있었고, 약 70%는 실제로 권장 사항을 지키지 않고 있으나 지키지 않아 많은 사람이 잇몸병으로 고생하고 심한 경우 발치하기도 한다. 이러한 문제점을 인식한 P&G는 P&G 칫솔을 사용하는 사용자들이 권장 사항을 잘 지켜 건강한 구강을 유지할 수 있도록 소비자들의 양치 습관을 AI를 활용하여 체계적으로 분석하였고, 그에 따라 Oral-B iO를 이번 CES에서 선보였다. Oral-B iO는 2020년 CES의 혁신상을 받은 제품으로 최상의 임상실험과 사용자들의 경험을 결합한 가장 진보한 칫솔 제품이며 Oral-B iO 혁신적인 구강 관리 기술의 결정체로 이 제품을 사용함으로써 사용자

들이 뛰어난 구강 건강을 유지시킬 수 있다.

4.2 The Path to the Future of Work(일자리의 미래를 향한 길)

- 시간 및 장소: 1월 7일(화) 14:00 ~ 15:00, Venetian Palazzo Ballroom
- 발표자: Ivana Marie "Ivanka" Trump 미국 행정부 백악관 선임 고문
- 이방카 트럼프는 CES에 참여한 CTA의 CEO인 게리 샤피로(Gary Shapiro)와 백악관이 미국 근로자를 재교육하고 디지털 경제 시대에 대비할 수 있도록 이들을 준비시키는 방법에 대해 연설을 진행하였다. 또한, 현 트럼프 정부의 일자리 정책을 홍보하였으며, 이에는 디지털 교육도 포함된다는 점을 강조하였다. 연설에서는 특히 미국 내 대기업들의 근로자를 위한 투자를 강조하였다.

4.3 Delta Keynote and the CTA State of the Industry Address

- 시간 및 장소: 1월 7일(화) 8:30~9:00, Venetian Pallazo Ballroom
- 발표자: Ed Bastian, Delta CEO
- 여행은 인간의 삶에 필수적인 부분 중 일부가 되었으며, Delta 항공사는 여행의 모든 여정에서 현재의 항공 여행 경험을 어떻게 변화할 수 있는지 보이기 위하여 CES에서 기조연설을 하기 위한 자리를 마련하였다.
- 전시관에서는 새로운 형태의 서비스 모니터를 포함한 다양한 콘텐츠를 제공하는 아이디어를 선보였다.
- CES 2020 기조연설에서의 Delta의 주력 홍보 방향 중 하나는 기내에서의 무료 Wi-fi 제공이었으며, 이는 다른 항공사에서 여러 번 도전하였으나 실패한 프로젝트 중 하나이다. 기조연설에서는 항공업계의 2세대 서비스

개선은 기술을 계속 혁신하기 위한 도구이며, 이를 위하여 2년 안에 항공기 내에서의 Wi-fi를 무료로 제공하는 방안을 추진하겠다고 강조하였다. Bastian은 비행기에 탑재되는 Wi-fi서비스가 아직 기술적인 능력과 능력을 가지고 있지 않아, 시스템이 중단될 가능성이 높으며, 접속률이 10%가 넘으면 성능이 저하되고 있는 것으로 나타났다.

- 차량 탑승 공유 서비스인 Lyft Inc.와의 합작을 통하여 2.67%의 승객을 집에서부터 픽업하여 게이트 탑승, 비행 및 출발시간 예상, 약천후 시 비행스케줄 관리를 수행하였으며, 이를 위한 소프트웨어 지원도구를 위해 딥러닝을 진행하고 있다고 밝혔다.
- 발표자인 Ed Bastian은 2016년 5월 Delta의 CEO가 된 이후 안정적인 항공사로서의 Delta항공 서비스에 주력하고 있으며, 서비스 개선을 지속적으로 유지하며, 특히 직원 복지에 관한 세대별 투자를 증대시키고 있다. Bastian은 2018년 Fortune지 선정 “세계에서 가장 위대한 지도자 50인”으로 선정되었으며, 2019년에는 외교위원회(Council of Foreign Relations) 회원으로 선출되었다.

4.4 Quibi의 새로운 스트리밍 서비스 소개

- 시간 및 장소: 1월 8일(수) 9:30~10:30, LVCC
- 발표자: Meg Whitman, Quibi CEO
- 스트리밍 서비스의 발전 방향: 시장조사기관 eMarketer에 따르면 모바일 비디오 시청은 2012년 6분에서 2018년 하루 60 분으로 급격히 증가했으며, 2019년 이후에도 지속적으로 늘어날 것으로 전망된다. Quibi(Quick bite)의 CEO Meg Whitman은 초고속 5G 네트워크가 장악함에 따라 시청 시간이 가속화될 것으로 예상됨에 따라, 자사의 스트리밍 서비스인 Quibi의 발전성에 주목하고 있다.

- Quibi의 스트리밍 서비스 소개: 캘리포니아 헐리우드 (Hollywood, Calif)에 기반을 둔 신생 기업이 벤처 자금으로 10 억 달러의 매출을 올렸다. 이 기업은 두 가지 사업 부문에 초점을 맞추고 있다. 5G네트워크를 기반으로 장편 영화부터 4-10분의 짧은 동영상을 제공하고 있다. Walt Disney사, Fox사를 비롯하여 각종 TV프로그램, 뉴스 등에 이르기까지 다양한 정보를 생산자로부터 제공 받아, 유료로 소비자에게 제시하고 있다. 그 가격은 광고 포함 \$4.99, 광고 미포함 \$7.99이다. Whitman는 “기존의 엔터테인먼트 플랫폼과 차별화 된 플랫폼을 만들기 위하여 Quibi에서는 실리콘밸리와 할리우드의 기술을 함께 가지고 오고 있다”고 발언하였으며, 또한, 자신들의 서비스를 “스튜디오가 아니라 콘텐츠 제작을 의뢰하는 스튜디오”라고 소개하였다.

4.5 Conference discussion: Future of Connectivity: 5G and More

- 시간 및 장소: 1월 8일(수) 오후 15:30~16:30, LVCC
- 참가자: Brian Markwalter(CTA), Alicia Abella(AT&T), Glenn Lurie (Synchronoss Technologies), Derek Peterson(Boingo Wireless), Nadhu Nandhakumar(LG)
- 이번 CES2020의 핵심 주제 중 하나인 5G는 스마트시티, 자율주행자동차 등의 실현 기반이 되는 기술에 대한 전반적인 경향을 다루고 있다. 전문가들은 참석하여 5G 영향에 대한 전략과 예측에 대해 논의했다.
- 이 콘퍼런스에서 일상생활의 모든 것들이 5G 기술로 인해 향상될 것으로 예측되었으며, 유선 기계들이 무선 기계들로 대체되면서 산업부문에서도 유용하게 적용될 것으로 예측되었다. 또한, 5G는 고밀도 지역에서도 빠르고 고용량 데이터를 제공할 수 있는 서비스이며, 기존보다 더 넓은 범위를 커버할 수 있다. 5G 기술로 컴퓨터의 대기시간을 활용하는 엣지컴퓨팅, 이동통신사를 위한 새로운 클라우드 서비스, 네트워크 슬라이싱 및 동적 분리가 실현될 수 있다. 이러한 많은 응용분야를 고려하여 5G가 개

발되었으나, 아직 그 잠재력을 다 알 수 없는 상황이며, 향후 일어날 일을 예측하는 것은 매우 어렵기 때문에 혁신적인 방식으로 최대한 활용하는 방법이 논의되었다.

1. 미국 기상학회 개요

1.1 미국 기상학회 최근 동향

○ AMS 로고 변경



- AMS에서는 100주년을 기념하여 AMS의 브랜드와 명성을 나타내기 위하여 새로운 로고 사용을 시작하였다.
- 새 로고는 날씨, 물, 기후과학 및 서비스에 대한 신뢰할 수 있는 기관임을 나타내며, 과학의 발전과 그로부터 얻는 혜택을 통하여 능력을 높이는 작업에 관여하는 다양하고 포괄적인 기관임을 나타낸다.
- 3차원의 지구에 대한 색상은 기후과학의 기본 요소인 대기, 물, 그리고 지구를 나타내며, 그 요소를 분리하는 파도는 역동성을 더하는 동시에 지구의 대표적인 순환인 Rossby 순환을 나타낸다. 글씨체는 단순하고 독특하며 작은 글씨로도 읽을 수 있도록 설계되었다.

2. AMS 100th Annual Meeting

미국기상학회에서 2020년에 개최한 'AMS 100th Annual Meeting'은 1월 12일부터 16일까지 미국 매사추세츠 주 보스턴 컨벤션 센터에서 열렸고, 이번 국외 단기훈련에서는 그 중 '20th Conference on Aviation Range and Aerospace Meteorology(항공 및 우주 기상학 콘퍼런스)'에 참가하였다.

2.1 20th Conference on Aviation Range and Aerospace Meteorology 세부 일정

날짜	학회 세부 내용
1.13	[Session 1] History of ARAM—Evolution of Capabilities for Detecting and Predicting Aviation Weather Hazards: Saving Lives [Session 2] Research Programs, Services, and Initiatives to Support the Aviation, Range, and Aerospace Meteorological Communities [Session 3] Weather Needs for Small UASs and the Potential for Improving Their Own Guidance Formal Poster Viewing Reception
1.14	[Session 4] Scaling Down the Weather to Support Urban Air Mobility [Session 5] Advancements in the Analysis and Prediction of Turbulence for Aviation, Range, and Aerospace Operations [Session 6] John T. Madura Session on Developing Weather Technologies to Support Range Operations through R2O and O2R Pathways [Session 7] Studies Involving Aviation Impacts Translation Modeling Formal Poster Viewing Reception – Poster Session 1: Properties, Detection, Prediction, and Mitigation of Aviation Weather Hazards
1.15	[Joint Session 36] Advances in Data Assimilation, Verification, and Probabilistic Forecasting of Aviation Weather Hazards [Session 8] Session on Advancements in the Analysis and Prediction of Aircraft Icing and Methods/Tools for Icing Mitigation [Joint Session 42] Statistical Methods for Optimized Aviation Hazard Detection and Prediction [Panel Discussion 1] Mitigating Aviation Weather Hazards and Managing Operational Impacts in 2050 [Session 9] Advancements in the Analysis, Nowcasting, and Prediction of Convectively Induced Turbulence Formal Poster Viewing Reception – Poster Session 2: Properties, Detection, Prediction, and Mitigation of Aviation Weather Hazards
1.16	[Session 10] Influence of U.S. National Security Programs on Improved Analysis and Prediction of Aviation and Range Weather [Session 11] Aviation Decision-Making Using Forecast Uncertainty [Session 12] Advancements in the Detection, Prediction, and Decision Support for Mitigating the Effects of Convection and Lightning on Airborne Operations [Session 13] Overview and Early Results from the In-Cloud Icing and Large-Drop Experiment(ICICLE)

2.2 20th Conference on Aviation Range and Aerospace Meteorology 주요 내용 [세부 내용은 부록 1 참조]

2.2.1 현황

- 참가기관: FAA, UKMO, NASA, NOAA/NWS, NCAR, Oklahoma Univ., American Airlines, Southwest Airlines Co., MITRE Corporation, Univ. of Reading, JPSS/STC, MIT Lincoln Laboratory 등
- 발표 건수 : 구두 64건, 포스터 37건, 패널토론

2.2.2 주요 연구 내용

- 주요 내용: 항공기상예측/관측 방법의 발전과 그 적용을 위한 다양한 기술이 소개되었다. 특히 급격하게 발전하고 있는 소형 무인 항공기를 위한 항공예보 방안과 착빙, 난류, 운고 및 가시거리(C&V)에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있다. 또한, 항공 예측 모델인 LAMP(Localized Aviation MOS Program)에 대한 개선도 이루어진다.
 - 기후모델 시뮬레이션을 통해 기후변화로 인한 청천난류 발생 빈도를 예측할 때, 약한 청천난류가 59% (intra-ensemble range 43~68%), 약함 ~ 보통 강도의 청천난류가 75%(39-96%), 보통 강도의 청천난류가 94%(37-118%), 보통 ~ 심한 강도의 청천난류는 127%(30-170%), 심한 강도의 청천난류는 149%(36-188%)가 증가하는 것을 발견했다. 이러한 결과는 기후변화에 따라 대서양의 겨울철 청천난류의 확산이 모든 강도 범주에서 크게 증가할 것임을 시사한다. (1.2)
 - 국제민간항공기구(ICAO, International Civil Aviation Organization) 부속서(Annex) 3은 2016년부터 디지털 형식(WXXM/IWXXM)으로 기상 관련 메시지를 전송할 수 있도록 회원국들에 권장하고 있다. 이에 따라 미국 내 IWXXM 교환 모델 글로벌 구현의 현재 상태 및 이 구현에서 발생하는 문제 및 질문, IWXXM이 SWIM 환경에서 FIXM 및 AXIM과 상호 작용하는 방법에 대해 발표되었다. (2.1)

- 제한된 운고 및 가시거리(C&V, Ceiling and Visibility) 조건은 일반적인 항공 사고(GA, General Aviation)의 비율이 불균형적으로 높아지는데 치명적인 영향을 준다. FAA C&V 연구의 목표는 항공 의사 결정에 사용되는 모든 C&V 정보의 개선을 목표로 이번 발표에서는 해당 연구 분야에 대한 소개가 있었다. 2020년까지의 연구 분야는 헬리콥터 응급의료서비스(HEMS, Helicopter Emergency Medical Service) 날씨 도구 개발, 카메라 기반 가시거리 추정 기술 개발, HRRR(High Resolution Rapid Refresh) C&V 분석 및 단거리 예측 모델의 지속적 개선, 지속적인 LAMP(Localized Aviation MOS Program) C&V 개선 등이 있다. (2.2)
- 미연방항공청(FAA, Federal Aviation Administration) 항공 안전부서는 지상 착빙, 운항 착빙, 엔진 결빙과 관련된 연구를 수행하는 항공 연구 부문 항공기 착빙 프로그램을 지원하고 있다. 착빙 연구는 운항 착빙(IF, In-Flight Icing), NextGEN을 위한 터미널 지역 착빙 기상 정보(TAIWIN, Terminal Area Icing Weather Information for NextGen), 그리고 고고도 착빙(HIWC, High Ice Water Content)의 세 가지 프로젝트에 중점을 두고 있다. (2.3)
- FAA에서는 기상이 기업들의 항공운영에 직접적인 영향을 미치기 때문에, 이를 위해 기상 정보에 대한 접근을 더욱 쉽게 하는 연구를 진행 중이다. 기상이 국가 공역에 미치는 영향을 줄이려는 해결방안을 탐색하고 개발하기 위해 현재 사용 가능한 것보다 기상자료 및 항공자료에 더 빠르게 접근할 수 있어야 한다. FAA의 항공기상 부서는 비용 및 일정 영향을 완화하고 국가 공역의 기상 전문 지식에 대한 프로그램 접근을 확대하기 위해 WISER(Weather Information Services for Enterprise Research) 체계 개발했다. WISER의 비전은 많은 프로그램과 프로젝트에서 접근할 수 있는 공유 리소스(예: 데이터, 프로세스 및 서비스)이다. 목표는 기상학, 항공 및 컴퓨터 과학을 하나로 모으고 NAS 사용자에게 연구 자료를 제공하는 것이다. (2.4)

- MIT Lincoln 연구소에서는 UAS 운영에 대한 기상 현상의 중요성과 UAS 운영자에 대한 현재 날씨 정보의 가용성에 기초하여 총 12개의 주요 기상 정보 격차가 식별되고 우선순위를 정한다. 또한, 조사 결과에 따르면 일반적인 유인 비행 프로파일 보다 낮은 고도의 공항 외부 비행을 지원하는데 사용할 수 있는 기상 정보가 훨씬 적다는 것이 밝혀짐 UAS 작동 위치 근처의 최저 온도, 가시거리 및 바람에 대한 관측 부족으로 인해 해당 위치의 기상 조건에 대한 수치 일기 예보의 유효성이 가장 중요하다. (3.1)
- UAS 통합 연구는 NAS에서 안전하고 효율적인 UAS 운영을 가능하게 하는 규정, 정책, 절차 및 지침 자료를 게시하는 주요 FAA 미션 및 기능을 지원한다. UAS 2019-2024 통합 연구 계획은 날씨를 ‘중점 영역’으로 여긴다. 날씨 연구 활동은 날씨 정보 견고성, 탄력성 및 효율성에 대한 표준, 요구 사항, 기능 및 시스템과 같은 결과를 알리는데 초점을 두고 날씨가 UAS 성능에 미치는 영향을 해결하기 위한 완화 전략에 중점을 두고 있다. (3.2)
- 상대적으로 낮은 속도로 비행하는 소형무인항공기시스템(UAS)은 약한 바람 변화에도 민감하다. 약한 바람이 UAS에 미치는 영향을 정량적으로 분석하기 위해서는 소규모로 바람을 정확하게 모델링 해야한다. 따라서 NCAR/RAL은 LES법을 통해 바람장을 모델링하고 분석 및 수치적 방법을 통해 합성 난류장 모델링 기능을 개발하고 있다. (3.3)
- 항공기상센터(AWC, Aviation Weather Center)는 AWRP(Aviation Weather Research Program) 및 AWDE(Aviation Weather Demonstration and Evaluation) 서비스 그룹의 FAA 파트너와 긴밀히 협력하여 도구의 온도 및 가시거리(C&V) 기능을 개선하고 있다. 개선된 격자 C&V 분석 도구와 C&V 예측은 2020년 봄에 구현될 예정. AWC는 일반 항공사용자를 위한 도구인 GFA(Graphical Forecasts for Aviation)와 같은 체계에 HEMS 도구 기능을 통합할 예정이다. 저고도 GFA(GFA

- LA)는 HEMS 커뮤니티의 요구를 계속 충족시키며 다른 제품과의 일관성을 높여 모든 항공 사용자에게 공통된 사용자 경험을 제공할 것이다. (4.2)
- CASA(Collaborative Adaptive Sensing of the Atmosphere) 공학 연구 센터는 노스 센트럴 텍사스 정부 협의회와 협력하여 이 지역의 공공 및 민간 기관과 긴밀한 협력을 통해 악천후(우박, 토네이도, 홍수) 관측 및 경보 기술을 시제품, 시연 및 운영할 것이라고 발표하고 있다. 여기에는 델러스포트워스 메트로플렉스의 지상에 가까운 X-밴드 기상 레이더 네트워크(0-2000 feet AGL)와 상황에 따라 위치와 위치에 따라 사용자 정의된 기상 정보를 제공할 수 있는 심각한 기상 경보 기술이 포함된다. (4.3)
- 기존 난류 관측을 보강하는 한 가지 가능한 옵션은 방송형 자동 종속 시스템(ADS-B, Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)인데, 1초 위치 및 속도 데이터를 사용하여 난류가 있음을 나타낸다. 보다 정확한 위치/시간 정보와 함께 ADS-B 장착 항공기에서 제공할 수 있는 많은 보고로 인해 기존 난류 PIREP을 항공기 종속 보고서로 보완하면 실질적인 운영상의 이점을 얻을 수 있다. (5.2)
- 현업운영 중인 착빙 예측시스템(CIP, Current Icing Product)은 착빙 확률, 범주형 착빙 심각도 및 과냉각 대형 수적(SLD)의 가능성에 대한 시간별 3차원 진단을 제공하고 있다. 이러한 진단은 정지 기상위성, 기상레이더, METAR, PIREP 및 낙뢰 네트워크에서 관측값을 합성한 다음 이를 진단된 시간 관측값에 유효한 수치기상예측모델(NWP)과 결합하여 생성하고 있다. 현재 운영 중인 CIP는 진단을 생성하는 데 사용되는 WRF-RAP NWP 모델 예측 데이터와 동일한 13km의 수평 그리드 간격으로 이러한 출력을 제공한다. 최근 수평 그리드 간격이 3 km 인 NWP 예측 데이터가 작동 가능해졌다. 새로운 NWP 데이터 세트 외에도 최근 새로운 정지 위성 데이터 세트가 GOES-R 시리즈에서 제공된다. (8.5)

- 아메리칸 항공(AA, American Airline)의 복잡하고 역동적인 일일 운영 세계에서 날씨 정보를 예측의 다양한 정도의 불확실성과 통합하는 중요한 전략적 및 기술적 결정이 이루어지고 있다. 이 발표에서는 AA가 날씨 예측과 불확실하게 연관된 복잡한 운영 결정을 이해함으로써 이익을 얻는 방법을 살펴본다. 또한, 항공사 위험 및 예측 신뢰가 퍼즐에서 중요한 부분인 방법을 강조한다. 마지막으로, 날씨 연구 커뮤니티가 일기 예보 정보의 상업적 항공 격차를 이해하도록 돕기 위해 미래의 도전과 연구 요구에 대해 다룬다. (11.1)

3. 보스턴 대학(Boston University) 투어

AMS에서는 100주년을 맞아 지속가능한 발전에 대한 논의를 위한 보스턴 대학 투어를 진행하였다. 기후변화에 대응하고 적응하기 위하여 보스턴 시에서는 2040년까지 모든 에너지를 석유자원이 아닌 다른 에너지로 바꾸는 것을 목표로 하고 있다.

이에 따라 현재 건립 중인 컴퓨터 데이터 과학 대학의 건물은 건물 구조의 디자인 변화, 지열 이용, 물 순환 등의 방법을 이용하여 건물 내의 온도를 적정 수준으로 유지하고, 에너지 사용을 줄이도록 만들어 지고 있다. 뿐만 아니라 보스턴 대학의 10년 동안 전기와 가스 사용량은 점차 줄어들고 있으며 최종적으로는 탄소를 발생하지 않는 전기사용을 목표로 하고 있다.

또한, 보스턴의 전형적인 건물 구조에서 에너지 사용을 가장 효율적으로 만드는 방법을 연구하는 Green House Project도 진행 중이며, 이는 학생들에게 직접적으로 기후변화와 에너지에 대한 인식을 심어준다.

투어 코스에 포함된 보스턴 학생 서비스 센터는 Leadership in Energy and Environmental Design(LEED, 미국 내 에너지 및 환경 설계분야의 리더쉽)에서 GOLD 등급을 받은 건물로, 환경 친화적 단열재, 고효율 조명, 음식물 쓰레기 펄프화를 통한 퇴비 시스템, 친환경 후드 배기 시스템 등의 환경 친

화적 건축 방법을 사용하여 에너지 효율이 높은 건물로 인정되고 있다.

4. 항공기상청 Poster Session 참가

- 항공기상청 국외 단기 훈련 참가자들은 AMS 100th Annual Meeting 36th Conference on Environmental Information Processing Technologies의 Poster Session에 참가하였다.

4.1 포스터 발표 내용

- 인천국제공항의 최근 3년간 윈드시어 특성과 현업 적용

1. 서론

윈드시어는 짧은 거리에서 바람의 변화를 말하는데, 강한 기온역전 혹은 밀도경도와 연관된 수평과 연직으로 발생한다. 윈드시어는 저고도나 고도고에 상관없이 발생한다. 일반적인 원인은 전선의 활동, 천둥번개, 기온역전, 수평장애물 등에 의한다(FAA, 2008). 특히 저고도 윈드시어는 상당히 많은 항공기 사고의 원인 혹은 기여요인이 되어 1943년 이래 1973-1985년 미국에서 400명 이상의 사망자, 전세계에서 1400명의 사망자를 추정했다(NCAR, 2017).

인천국제공항(N37 27 45, E126 26 21, 해발고도 7m)은 2001년 개항하여 영종도와 용유도 사이 바다를 메워서 만든 해상공항이므로 내륙공항인 김포국제공항과 달리 24시간 운항이 가능한 공항이고, 국제선 전용공항이므로 국내선의 환승용, 심야 국내선 커피타임에 따른 대체 착륙용으로도 활용 가능한 공항이다. 2019년 ACI(Airport Council International) 자료에 따르면, 2018년 인천국제공항의 여객처리실적 68 million 의 많은 여객수로 인해 안전 운항이 최우선으로 위험기상관련 항공기상의 중요성이 강조되고 있다. 최근 3년 동안의 발생 특성과 시선속에 의한 형태를 구분하여 매카니즘을 이해하였다.

이 연구는 2015년 12월부터 2018년 11월까지 3년간 인천국제공항의 윈드시어 경보에 대한 발생특성과 시간단위 기록특성을 살펴보고자 한다. 2081년 TDWR 결과자료를 이용하여, 윈드시어의 발생 시 피해를 최소화할 수 있는 시선속도 활용방안을 제시하여 인천국제공항 공항안전에 기여하고자 한다.

2. 윈드시어 관측자료

Terminal Doppler Weather Radar(TDWR)은 공항주변과 항로상의 위험기상을 탐지, 예보 경보 감시 목적으로 2001년부터 운영중이다. 레이더 장치는 (주)미쓰비시 전기가 담당하고 레이더 신호처리장치인 비디오 프로세스 및 레이더 콘트롤 프로세스와 IRIS 소프트웨어는 Vaisala사(도입 당시는 미국 SIGMET) 제품이다. 안테나와 안테나 서버 컨트롤러를 제외한 모든 장비가 이중화되어 소프트웨어와 하드웨어로 된 두 개의 독립된 장비의 채널을 가지고 있으므로 한 개의 시스템 장애가 발생하여도 시스템이 자동 전환된다. 주파수 밴드는 C-Band(5.637GHz), 송신기 출력관은 Klystron(최대출력 250kW)이며, 탐지거리는 도플러 모드에서 150m~120km. 인텐시티 모드에서 300m~428km의 성능을 가진다.

Low Level Windshear Alert System(LLWAS)는 인천국제공항에는 최초로 2001년에 설치되었고, 현재 활용되는 장비는 2010년에 설치된 독일의 Selex ES GmbH(현재)Leonard LEONARDO Germany GmbH사의 제품이다. 이 항공기상측기는 활주로 주변으로 설치되어 있는 12개의 센서부를 이용하여 공항 주변의 고도 30m 부근의 윈드시어와 마이크로버스트를 탐지한다.

윈드시어 경보자료의 시간체계는 0시-23시로 구분하였고, 발생시각을 중심으로 시간단위로 구성하여 분석하였다. 예를 들면 15시 35분에 윈드시어가 발생했다면 15시로 정의하였다. 자료의 계절적 특성을 살펴보기 위하여 4계절 12월-1월-2월을 겨울철, 3월-4월-5월을 봄철, 6월-7월-8월은

여름철, 9월-10월-11월은 가을철로 구분하였다. 자료의 최근 3년은 2015년 12월부터 2018년 11월까지를 말한다.

3. 자료 분석

3-1. 계절적 특성(기후자료적 관점)

두 윈드시어 관측장비의 정밀도를 통해 윈드시어 정보의 신뢰성을 파악할 수 있다. 정밀도는 3년간 월별로 임계성공지수(CSI)를 산출하여 진단해보았다. 임계성공지수는 TDWR과 LLWAS 동시 발생 빈도수, TDWR만 발생하고 LLWAS에서 발생하지 않은 빈도수, LLWAS만 발생하고 TDWR에서 발생하지 않은 빈도수를 조합하여 산출하였다. CSI 90점 이상 나타낸 월인 2015년의 12월, 2016년의 1월, 5월, 6월, 2017년의 1월, 4월, 2018년의 4월, 11월로 TDWR과 LLWAS의 발생의 일치성을 보여 정밀도가 높았고 반면에 CSI 60점 미만 나타낸 월인 2016년의 5월, 10월, 2017년의 3월, 5월, 7-9월, 2018년의 6월로 일치성이 떨어져 정밀도가 낮았다. 계절적 특성을 찾기는 어려웠다.

2015년 12월부터 2018년 11월까지 인천국제공항에서는 윈드시어 발생빈도는 겨울(D-J-F)에 평균적으로 22-29시간 간격으로 한번 발생, 반면에 여름(J-J-A)에는 평균 50-100시간 간격으로 한번 발생했다.

인천국제공항의 윈드시어 경보 발생 시간대별로는 태양 남중을 중심으로 오후시간에 발생 상대적으로 많이 발생했다. 태양활동에 따른 대류의 활성화, 해안에 위치한 공항입지에 의한 해륙풍의 위상변화에 의한 효과 또한, 고려해야 할 것으로 보인다. 특별히 다른 특성을 보인 시기는 2016년 가을(S-O-N)에는 야간 18시 이후 다음날 5시(해뜨기 전)까지 높은 발생빈도를 보이기도 했다.

3-2. 시선속도 유형에 따른 분류(레이더 영상 특성적 관점)

시선속도에 의한 분류는 4가지형태로 구분하였다. 첫째로 하층제트형은 속도접힘이 나타났고, 윈드시어 현상 발생에 근접할수록 이 빈도가 증가했고, 접근과 후퇴의 풍속이 나타난다. 시선속도 풍향이 남동풍에서 남서풍으로 변화하면서 마이크로버스트 발생확률이 증가 한다. 둘째로 수렴과 발산형은 특성화된 패턴이 보이지 않아 연속적 감시를 통해 판단해야 한다. 레이더 주변으로 수렴과 발산이 나타나는 형태이다. 셋째로 S자형과 역S자형은 발생빈도수는 낮지만 확률은 높다. 고도에 따라 풍향이 시계방향으로 회전하는 온난이류 형태이기도 하다. S자가 선명할수록 마이크로버스트 접근이 확실시 된다. 넷째로 수평시어형은 수렴과 발산이 나타나 시어가 발생하는 형태이지만 마이크로버스트 발생까지는 발달하지 않았다.

인천국제공항에서는 봄철에는 S자형과 역S자형이 발생하였고, 여름에는 하층제트형, 가을에는 수렴과 발산형이 주로 발생하였다.

4. 초단기예보 도구로의 응용

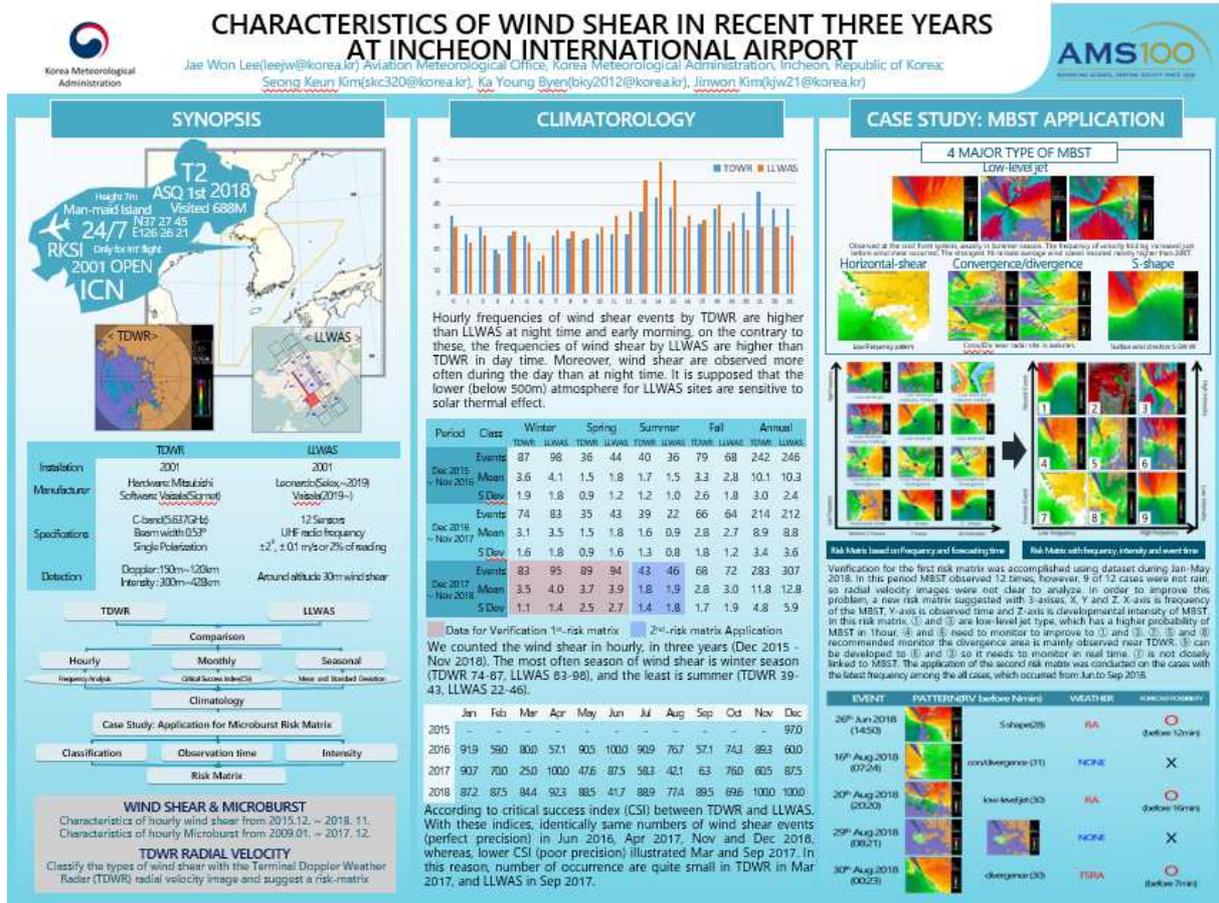
그림에서 보는 바와 같이 (A)는 4가지 유형을 기반으로 발생시각과 빈도수로 구성된 리스크-매트릭스를 구성하여 2018년 1-5월까지 검증을 해보았다. 시선속도의 한계인 강수일과 무강수일의 가독성 차이, 유형 발생 시 2시간 이내 마이크로버스트 발생가능성을 예측하는 정확성을 향상시키고자 새로운 매트릭스를 구성하였다. (B)는 2018년 6-9월까지 현업에 적용한 결과이다. 무강수일 때는 시선속도의 4가지 유형을 보이지 않아 예측이 힘들었지만 강수일과 흐린날에는 유형이 선명하여 선행시간을 확보하고 충분히 예측이 가능하였다.

5. 참고문헌

FAA, 2008: Wind Shear. FAA-P-8740-40 HQ101130.

NCAR, 2017: Wind Shear Detection and Alerting: Microburst - Aviation Hazard

○ 발표 포스터



○ 포스터 초록

Characteristics of wind shear in recent three years at Incheon International Airport

Jae Won Lee, Seong Keun Kim, Ka Young Byen, and Yeong Hun Kim

Aviation Meteorological Office, KMA

1. Introduction

Wind shear is a microscale meteorological phenomenon which refers to changes in wind direction and/or speed over a short distance. It can normally occur due to strong temperature inversion or atmospheric density gradients. (FAA, 2008). In particular, low-level wind shear has contributed to a significant number of aviation accidents and has given rise to more than 400 deaths in the United States and 1,400 deaths worldwide from 1973 to 1985 (NCAR, 2017).

Incheon International Airport (N37 27' 45", E126 26' 21", elevation 7m) is a maritime airport constructed on a man-made island in 2001. It operates 24-hour unlike the other inland international airports in South Korea. There is no domestic flight except for transfer in Incheon International Airport, but it can be used for emergency landings at curfew time of other international airports. The paper studied the characteristics of occurrence of hourly wind shear from December, 2015 to November, 2018. We focused on the Terminal Doppler Weather Radar (TDWR) radial velocity to classify the types of wind shear and tried to contribute to the safety of Incheon International Airport by suggesting a risk-matrix to minimize the damage in the occurrence of severe wind shear.

2. Dataset and method of research

In Incheon International Airport, Aeronautical Meteorological Personnel (AMP) is using mostly two ways to observe wind shear. One is TDWR and the other is Low Level Wind shear Alert System (LLWAS). If air-traffic controllers or

pilots report regarding wind shear to AMP, AMP makes a database about the reports.

TDWR has been operating since 2001 to detect and forecast weather conditions on and around airports. The radar device is product of Mitsubishi Electric Co., Ltd. The video process and radar control process, which are radar signal processing devices, and IRIS software are products of Vaisala (US SIGMET at the time of introduction). All of the equipment except the antenna and the server controller have two independent channels of software and hardware, so that the system automatically switches in the event of one system failure. The frequency band is C-Band (5.637GHz), the transmitter output is Klystron (maximum output 250kW), and the detection range is 150m - 120km in Doppler mode. It has a performance of 300m - 428km in intensity mode.

LLWAS was installed in Incheon International Airport for the first time in 2001, and currently utilized equipment is the product of Selex ES GmbH (now) Leonard LEONARDO Germany GmbH in Germany installed in 2010. The top of the aircraft uses twelve sensors located around the runway to detect wind shear and microbursts near the airport at altitudes around 30 meters.

3. Analysis

3-1. Accuracy analysis of observation equipment

The data quality of wind shear alarm near Incheon International Airport can check the precision of the two wind shear instruments. Unfortunately, the accuracy of the alarm cannot be evaluated because of absence of true alarm data. Precision

was assessed by calculating the Critical Success Index (CSI) monthly for three years.

3-2. Monthly and Seasonal characteristics (Climate data perspective)

At the Incheon International Airport during December 2015 - November 2018, the frequency of wind shear occurred once in every 22-29 hour-interval in winter, while an average of 50-100 hour-interval in summer.

The incidence of wind shear alarm at Incheon International Airport occurred relatively in the afternoon. The effect of convection on the solar activity and the phase change of the sea breeze due to the location of the airport on the coast should also be considered. In the autumn of 2016, the period of particularly showing different characteristics showed a high incidence from evening to dawn.

3.3. Classification according to radial velocity type (radar image characteristic point of view)

Classification by radial velocity can be divided into 4 types:

(1) Low-level jet shape: When the low level jet-stream analyses about 850hPa, the low-level jet shape observed in summer season. Also, this shape signifies the strong wind so in the radial velocity image, we could see the velocity folding. The frequency of velocity folding increased just before wind shear occurred. The strongest 10-minute average wind speed recorded mostly higher 20KT. As the wind direction changes from SE to SW, the probability of microburst increases.

(2) The convergence-divergence pattern: It is a form where both convergence and divergence appear around the TDWR. There was no clear and visible shape in this pattern, so the observer should have monitored in real time.

(3) S-shape: The S-shape does not appear

frequently, but when it does, wind shears was observed with a high probability. If the shape makes a clear 'S', then wind shear and microburst can appear together. The clearer the S-shape is, the higher possibility the microburst occur. S-shape is more likely to occur at atmospheric veering.

(4) The horizontal-shear shape: This type is similar to the low-level jet shape, but the microburst does not occur. Not like the low-level jet shape, the strongest wind speed line makes convergence and divergence.

Usually, the S-shape can be observed in spring, the low-level jet shape in summer, and the convergence-divergence shape in autumn.

4. Application to operational now-casting for aviation

As shown in the figure (A), a risk-matrix which is composed of frequency of occurrence (i.e., small to large) and leading-time (i.e., 30-120 min) deducted in the pattern study. Verification for the risk matrix was accomplished using dataset during January-May 2018. In order to improve operational aviation weather monitoring for decision making and visualization, an enhanced risk-matrix was reconstructed using June-September 2018 dataset (B in the figure), and verified. The one concern is, TDWR cannot process the radial velocity clearly when it rains, so forecasters have difficulties to use the risk-matrix.

When the forecasters decide to warn wind shear and microburst, it is very important to notice even before several minutes these phenomena occur. In this reason, this study to upgrade the risk-matrix should be continued.

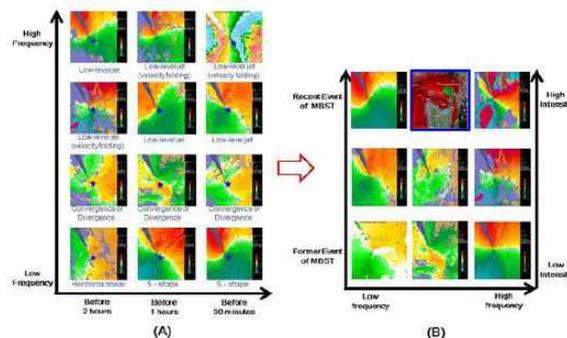


Figure 1. Wind shear Risk Matrix with radial velocity patterns: (A) dataset during January-May 2018, (B) data during June-September 2018 (upper middle panel; made by Dr. Kevin Kloessel in University of Oklahoma, 2013 KMA Guest Lecture).

- 국제 전자제품 박람회(CES)는 전 세계의 신기술이 한자리에서 선보여지는 자리로서, 항공기상이 4차 산업혁명 시대에 나아가야 할 길을 제시하고 있다. 그 분야는 비단 산업, 기술에만 머물지 않으며 생활, 서비스 등에도 지속해서 적용된다.
- CES에는 다양한 항공 관련 산업이 매년 전시되고 있으며, 특히, 소형 항공기와 드론의 증가는 도시 국지 미기상 관측 및 예보에 대한 수요를 증가시킬 것이다.
- 또한, CCTV 등의 감시기술 발전, 고해상도 카메라와 IoT의 발전은 항공기상 관측에 있어서 많은 변화를 가져올 것이며, 선진항공기상예보시스템의 발전을 위해서 지속해서 주시해야 할 필요가 있다.
- 미국기상학회(AMS) 중 항공 및 우주 기상학 콘퍼런스(20ARAM)에서는 소형항공기의 증가에 따른 미기상학 연구에 대한 수요가 증가한 것을 알 수 있었다.
- 미래 항공기상에 대한 수요는 기존 대형 항공기뿐만이 아니라 도시형 무인항공기를 비롯한 소규모 항공기에 대한 수요도 늘어날 것이며, 이를 위한 고해상도 국지예측모델에 대한 연구가 이루어져야 한다.
- 또한, 항공기 운항에 가장 큰 영향을 미치는 위험기상인 난류와 착빙 현상에 대해서도 지속적인 연구가 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 항공기상청에서도 이에 발맞추어 항공사와의 교류를 통한 ADS-B 자료 수신 본격화, LAMP 개발 등 여러 과제를 발굴하고 발전시켜야 할 것이다.
- 미국의 항공기상업무는 미연방항공청(FAA)의 주관으로 미국 기상청(NWS) 및 항공기상센터(AWC) 등 정부기관과 NCAR, MIT Lincoln Laboratory, Oklahoma University 등 학계를 비롯한 다양한 분야에서 국가 공역 내의

항공운항의 안전과 효율성을 위해 체계적인 항공기상 기술 개발이 추진 중이다.

- 이에, 우리나라의 항공기상 분야의 연구가 현업에 적용되어 항공사 등 수요자 요구를 충족시켜 항공기상서비스 발전으로 이어지기 위해서는 기상청 중심으로 체계적인 항공기상 연구개발이 추진되어야 한다.
- 아울러, 소형항공기, 무인항공기 등 차세대 항공기 운영에 필요한 항공기상 정보서비스의 개념 마련하고 이와 관련한 기상청의 역할을 정립이 필요하다.

V

참고자료 및 관련 사진

참고자료

- CES Web

- <https://www.ces.tech/>

- AMS 100th Annual Meeting Web

- <https://ams.confex.com/ams/2020Annual/meetingapp.cgi>

□ 관련 사진

○ CES



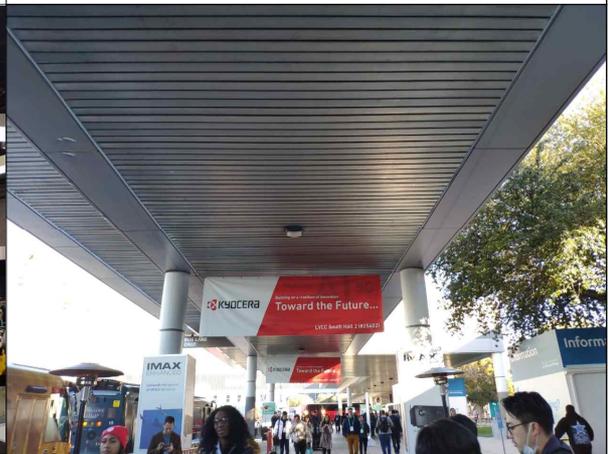
CES P&G 기초연설



CES 이방카 트럼프 기초연설(@CES Tech)



CES South Hall 전경



CES LVCC 전경



CES Sands Expo 전경



CES 한국 관련 부스

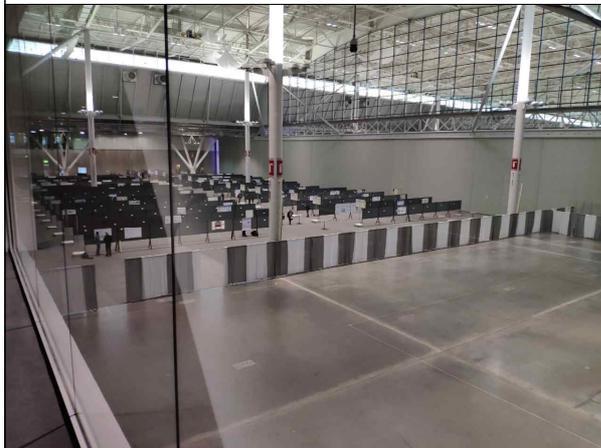
○ AMS



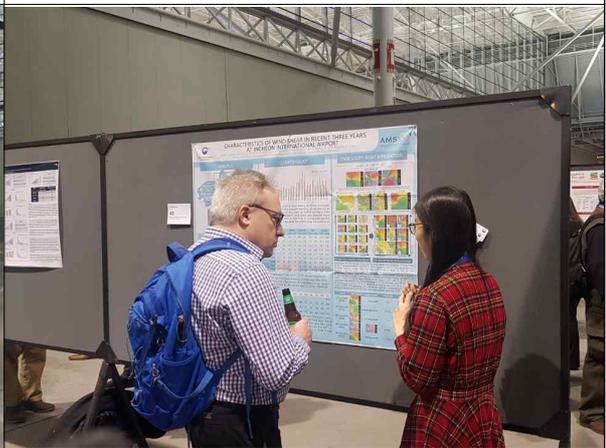
AMS 100 회장 전경



AMS 부스 세션 전경



AMS 포스터 세션홀 전경



항공기상청 포스터 발표



University of Art and Science 건물
견학 ©AMS2020



보스턴 학생 서비스 센터 견학
©AMS2020

[부록] 20th Conference on Aviation Range and Aerospace Meteorology

[세션1] ARAM의 역사: 항공 기상에서의 위험감지·예측 능력 개발

의장: James Pinto, NCAR, Research Applications Laboratory, NCAR, Boulder, CO

공동의장: Mike Robinson , MITRE Corporation, Center for Advanced Aviation System Development, McLean, VA

본 세션은 AMS 100 주년 기념행사의 주제인 “AMS의 과거, 현재 및 미래: 지식과 사회에 정보를 연결하다(LINKS)” 라는 주제를 따라 마련된 주제이다. 이 세션에서 진행되는 발표들은 ARAM의 세 가지 주요 구성 요소와 해당 하위분야(예: 난기류, 착빙, 실링, 시정 및 항공에서 수렴에 의한 기상학적 위험의 역사적 개요)에서 현재와 미래의 연구를 위한 노력에 대해 역사적인 맥락을 제공하였다.

(1) 항공에 대한 마이크로 버스트 위협 해결 : 연구 운영 성공 사례

발표자: John McCarthy, National Center for Atmospheric Research (NCAR), Boulder, CO; NCAR, Boulder, CO; and R. Serafin and B. Mahoney

대기 과학 역사에서보다 성공적인 R2O (Research-to-operations) 프로그램 중 하나는 상업적 항공에 대한 마이크로 버스트와 윈드시어의 위협의 발견과 사실상 완전히 제거되었다. 1972년에서 1995년 사이에 윈드시어는 상업 항공에 중대한 안전 위협을 가했다. 이 기간 동안 거의 800 명의 승객, 승무원 및 지상의 일부 사람들이 윈드시어로 인한 항공 사고로 사망했다. 위협이 해결되지 않은 상태라면 세계 항공산업의 생존 가능성이 크게 영향을 받았을 것이다.

최종 솔루션에는 일련의 발견, 연구, 개발, 테스트 및 교육이 포함되었다. 이러한 노력으로 1995년까지 미국 항공모함 사고가 끝났을 때 지상 기반 및 항공 기술 운영이 전개되었다.

1975년 테드 후지타 교수의 다운 버스트 및 마이크로 버스트 현상에 대한

연구가 시작되었다. 후지타 교수의 발견에는 원인, 구조, 강도의 범위 및 마이크로 버스트 빈도를 더 잘 정의하고 정량화하기 위해 신중하게 설계된 여러 현장 실험이 이어졌다. 프로토 타입 관측 시스템을 구축하고 테스트했다. 이 연구에는 국립 연구소, 대학 및 민간 부문의 수백 명의 과학자와 엔지니어, 여러 연방 기관, 국립 과학 아카데미 및 항공사가 참여했으며, 미국에서 실시되는 동안 국제 항공 커뮤니티에도 그 노력이 확대되었다.

(2) 기후변화로 인한 약한, 보통, 심한 청천난류의 증가에 대한 대응
발표자: Paul D. Williams, Univ. of Reading Reading, UK

관측을 통한 새로운 증거에 따르면 북대서양 지역의 대기 제트 기류는 1979년 이래 항공기 순항 고도에서 15% 더 기울어졌다. 수직 윈드시어의 강화는 인위적인 기후 변화의 결과이다. 이러한 강화는 기울기의 불안정성을 증가시켜 청천난류의 발생을 증가시킬 것으로 예상된다. 이에 상응하는 기후 모델링 연구에 따르면 겨울철 대서양 횡단 노선에서 온난화 또는 청천난류의 양은 기후 변화에 따라 앞으로 크게 증가 할 것으로 나타났다. 그러나 항공기 운영에 대한 중요성에도 불구하고, 약한 청천난류에 대한 대응은 연구되지 않았다.

여기서 연구자들은 기후 모델 시뮬레이션을 사용하여 5개의 항공 관련 난류 강도 범주에서 기후 변화에 따른 대서양 횡단 겨울 청천난류 반응을 분석하였다. 21개의 대기-난기류 진단의 앙상블에 대한 확률 분포는 일반적으로 대기 이산화탄소 농도가 두 배가 될 때 오른쪽으로 치우친다. 연구에서는 약한 청천난류가 59% (intra-ensemble range 43-68%), 약함 ~ 보통 강도의 청천난류가 75%(39-96%), 보통 강도의 청천난류가 94%(37-118%), 보통 ~ 심한 강도의 청천난류는 127%(30-170%), 심한 강도의 청천난류는 149%(36-188%)가 증가하는 것을 발견하였다. 이러한 결과는 기후 변화에 따라 대서양의 겨울철 청천난류의 확산이 모든 강도 범주에서 크게 증가 할 것임을 시사한다.

추가 분석에 따르면 이러한 결과는 대서양의 겨울철 난기류에만 국한되지

않고 모든 계절, 여러 비행 수준 및 여러 기후 모델에 따라 전 세계적으로 적용되었다. 연구에서는 기후 변화로 인한 대기의 난기류 증가는 위성 시대가 시작된 이래로 제트 기류에서 더 강한 윈드시어의 새로운 관찰 증거와 함께 기후 변화에 대한 온도풍 반응과 일치하는 강력한 발견이라고 결론지었다.

(3) 25년 이상 연구한 항공기 착빙의 과정과 예측 과정

발표자: Gregory Thompson, NCAR, Boulder, CO; and B. C. Bernstein

이 연구에서는 항공기 착빙 진단 및 예측을 위한 자동화 된 알고리즘에 대한 간략한 이력이 제시되었다. 초기의 예측 알고리즘은 수치 날씨 예측 모델에서 도출된 온도 및 상대 습도 변수의 간단한 조합이며, 기존 조건의 진단은 표면 관찰과 레윈존데(rawinsonde) 데이터에서 유사하게 수행되었다. 위성, 레이더, 번개 및 기타 데이터를 사용하는 미세 조정으로 정확도가 향상되었지만, 오늘날에도 기존의 방법이 그대로 유지되고 있다. 마찬가지로 더욱 정교한 물리적 매개 변수화를 사용하는 더 나은 날씨 예측모델은 항공기 결빙을 훨씬 더 정확하게 예측하기 위해 일반적인 온도 및 습도 변수를 부분적으로 대체하였다. 미래의 항공기 결빙 분석 및 예측은 매우 상세한 관측(예 : GOES-R 및 편광계 NEXRAD)을 동화 할 수 있을 만큼 충분한 컴퓨터 전력의 도착으로 인해 더 큰 잠재력이 있다. 이러한 미래의 착빙 시뮬레이션에 대한 최신 정보는 최근 FAA가 지원하는 구름 내 착빙 및 큰 입자 실험(ICICLE)과 관련되어 있다.

[세션 2] 항공, 범위 및 항공우주 기상 커뮤니티를 지원하기 위한 연구 프로그램, 서비스 및 이니셔티브

의장: Matt Fronzak, Department P122, The MITRE Corporation, McLean, VA

공동의장: Randy Bass, AWRP, Washington DC

(1) 국제민간항공기구 기상정보교환모델(IWXXM) 글로벌 및 미국 구현 현황

발표자: M. Pat Murphy, FAA, Washington, DC

국제민간 항공기구(ICAO) Annex 3은 2016년부터 디지털 형식(WXXM/IWXXM)으로 기상관련 메시지를 전송할 수 있도록 회원국들에 권장한다. Annex 3은 2020년까지 모든 회원국이 IWXXM을 구축하도록 권고하고 있다. IWXXM(공식 WXXM)은 현재 본질적으로 운영 구현 단계에 있다. 따라서 기술, 정책 및 데이터 교환 모델 문제 및 질문 등이 국제 워킹그룹에 의해 결정되고 있으며, 이는 날씨 정보가 의사 결정에 교환되고 통합되는 방식에 크게 영향을 미칠 것이다. IWXXM은 비행 정보(FIXM) 및 항공 정보(AIXM) 와도 상호 작용해야 한다. 해당 연구에서는 IWXXM 교환 모델 글로벌 구현의 현재 상태 및 이 구현에서 발생하는 문제 및 질문, IWXXM이 SWIM 환경에서 FIXM 및 AXIM과 상호 작용하는 방법을 검토하였다.

(2) 연방 항공국 (FAA) 실링 및 가시거리(C&V) 연구

발표자: Jennifer A. Colavito, FAA, Washington, DC

제한된 C&V 조건은 일반적인 항공 사고(GA)의 비율이 불균형적으로 높아지는 데 치명적인 영향을 미친다. 정기적인 일정의 항공 운송자의 경우 불리한 C&V 조건은 모든 공항의 효율성에 영향을 미치며 특정 터미널 지역과 교통량이 많은 공항은 다른 공항보다 영향을 받기 쉽다. FAA C&V 연구의 목표는 항공 의사 결정에 사용되는 모든 C&V 정보의 개선을 목표로 하고 있다.

C&V 연구 프로젝트는 다면적이며, 초기 기상 감지에서 수치 기상 예측 모델링에 이르기까지 C&V 정보 처리 흐름에 따른 모든 단계를 고려하여 의사 결정에 사용한다. 2019~2020년의 연구 분야는 다음과 같다.

- ① C&V 데이터를 개선하고 전체 도구를 더욱 쉽게 사용할 수 있도록 헬리콥터 응급 의료 서비스 (HEMS) 날씨 도구에 대한 안전 관련 업데이트 지원
- ② 카메라 기반 가시성 추정 기술 개발
- ③ HRRR (High Resolution Rapid Refresh) C&V 분석 및 단거리 예측모델의 지속적인 개선

- ④ RTMA (Real Time Meso scale Analysis) 2D 및 3D 구름장 개발 지원
- ⑤ 지속적인 LAMP (Localized Aviation MOS Program) C&V 개선, HRR R 모델 자료 수집 및 예측의 시간적 해상도를 높인 분석과 예측 수행
- ⑥ 경사 가시성 운영 요구, 과제 및 기회 평가
- ⑦ C&V 분석 및 예측생산물 공항용량과 안전 영향으로 변환하는 방법연구
- ⑧ 알래스카에서 추가 운고 관측 평가 필요

(3) 연방 항공 관리 항공기 장식 날씨 연구

발표자: Stephanie DiVito, FAA, Atlantic City International Airport, NJ

미연방 항공국(Federal Aviation Administration)은 항공기 착빙을 국가 공역 시스템에 대한 중대한 안전 위협으로 여기고 있다. FAA 항공 안전부서는 지상 착빙, 운항 착빙, 엔진 결빙과 관련된 연구를 수행하는 항공 연구 부문 항공기 착빙 프로그램을 지원하고 있다. FAA 항공기상 부서의 항공 날씨 연구 프로그램(AWRP)은 항공 연구부서의 지원을 받아 착빙과 관련된 연구를 수행한다. 착빙 연구는 운항 착빙(In-Flight Icing, IFI), Next GEN을 위한 터미널 지역 착빙 기상 정보(Terminal Area Icing Weather Information for NextGen, TAIWIN), 그리고 고고도 착빙(High Ice Water Content, HIWC)의 세 가지 프로젝트에 중점을 두고 있다. 각 프로젝트는 착빙 조건의 진단 및 예측을 돕는 다양한 착빙 날씨 도구를 연구하고 개발하고 있다.

IFI 프로젝트는 착빙 심각도 및 가능성뿐만 아니라 작은 입자 및 큰 입자 환경을 영역으로 나타내는, 국가 규모의 운항 중 착빙 영역 표시에 중점을 두고 있다. TAIWIN 프로젝트는 3차원 터미널 공역(현재 공항 주위 30마일 반경 및 수직 10,000ft로 정의된 공역)에서 시간 및 공간 분해능이 더 높은 소규모 및 대형 낙하 환경 영역을 나타내는 진단 및 예측 기능 개발에 중점을 두고 있다. HIWC 프로젝트는 지역 규모의 대류성 날씨와 관련된 높은 고도의 얼음 입자의 결빙 환경을 식별하는 데 중점을 두고 있다.

이 착빙 프로젝트들은 서로 협력하고 적용 가능한 경우 협력한다. AWRP

내 및 FAA 전역의 다른 연구 프로젝트와도 공동 연구를 통해 착빙 연구에 도움이 되는 다른 활동을 활용할 수 있다. 수치 기상 예측모델 개선을 위한 Model Development and Enhancement 프로젝트와 레이더 개선을 위한 Advanced Weather Radar Techniques 프로젝트와의 조정을 예로 들 수 있다.

(4) 기업 연구를 위한 기상 정보 서비스-National Airspace System 내에서 기상 정보를 보다 효과적으로 통합, 분석 및 테스트 할 수 있는 프레임 워크

발표자: John Preston, FAA, Atlantic City International Airport, NJ

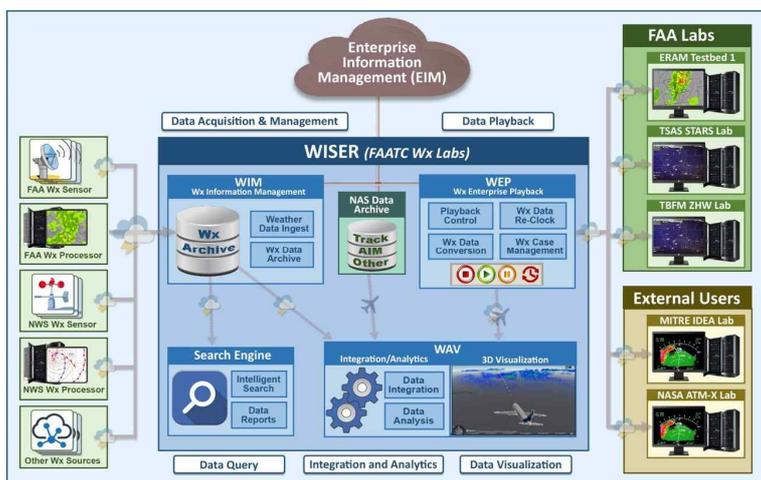
기상 데이터는 FAA의 NAS(National Airspace System) 내 많은 항공 교통 시스템에 중요하며 항공 교통 전술 결정 및 전략계획에 모두 기여한다. NAS에 새로운 날씨 또는 항공 교통 기능을 개발하고 도입하는 데 필수적인 많은 활동에는 보관된 날씨 데이터를 사용해야 한다. 역사적인 항공 날씨 데이터 세트는 종종 연구, 시뮬레이션, 모델링, 테스트 및 기타 활동의 필수 구성 요소이다.

기상자료를 획득하고 관리하는 데에는 시간과 비용이 많이 소요되며, 수집할 자료, 소스 및 구조, 기상자료의 해석하는 방법을 이해하고 응용 프로그램에 적합한 특정 기상자료 요소를 결정하려면 특정 수준의 전문 지식이 필요하다. 따라서 쉽게 접근할 수 있고 계산 가능한 기상자료에 대한 필요성이 점차 증가하고 있다. 연구자들은 기상이 NAS에 미치는 영향을 줄이려는 해결방안을 탐색하고 개발하기 위해 현재 사용 가능한 것보다 기상자료 및 항공 자료에 더 빠르게 접근할 수 있어야 한다.

대부분 프로그램은 기상 전문 지식이 제한되어 있으며 자체 날씨 데이터 세트를 개별적으로 획득 및 관리하고 통합 및 분석을 위한 자체 도구를 구축하도록 선택한다. 이러한 활동은 프로그램 간 노력이 상당히 중복되어 반복되는 경향이 있으며, 기상자료가 다른 시스템에 의해 통합되고 사용되는 방법에 대한 지식은 찾아보기 힘들다. 이 모든 것이 프로그램 비용과 일정 에 부정적인 영향을 미친다.

FAA의 항공기상 부서는 비용 및 일정 영향을 완화하고 NAS의 기상 전문 지식에 대한 프로그램 접근을 확대하기 위해 WISER(Weather Information Services for Enterprise Research)라는 프레임 워크를 개발 중이다. WISER의 주요 목표는 보관된 기상자료에 보다 쉽게 접근 할 수 있도록 하는 것이다. 보관된 기상자료 및 NAS 자료를 통합하고 일부 유형의 분석을 수행하는 기능; 프로그램이 새로운 개념을 탐구하고, 기술 및 운영 문제를 더욱 잘 이해하고 해결하며, NAS의 격차를 해소할 수 있도록 도와준다. 유연한 마이크로 서비스 구조를 기반으로 WISER는 이를 3가지 방식으로 달성하고자 한다. 먼저, WISER는 NAS 관련 날씨 데이터를 수집, 보관 및 구성하기 위한 엔터프라이즈 급 해결방안을 제공한다. 둘째, 보관된 기상 및 기타 NAS 자료를 통합 및 분석하고 지리 공간 3D 애니메이션 뷰어에서 결합한 자료를 시각화하는 서비스를 제공한다. 마지막으로, 보관된 기상 자료를 테스트 또는 기타 연구 활동을 위해 하나 이상의 실험실 시스템으로 재생하는 기능을 제공한다.

WISER의 비전은 많은 프로그램과 프로젝트에서 액세스 할 수 있는 공유 리소스(예 : 데이터, 프로세스 및 서비스)이다. 목표는 기상학, 항공 및 컴퓨터 과학을 하나로 모으고 NAS 사용자에게 연구 자료를 제공하는 것이다. WISER는 최신 연구를 보다 쉽게 프로토타입으로 만들고, 운영 환경과 같은 환경에서 그 효과를 연구하고, 사용자의 빈번한 입력으로부터 이익을 얻을 수 있는 기능을 제공할 것이다.



NAS 시스템 구조도

(5) JPSS 항공 이니셔티브

발표자: J. Weinrich, JPSS/STC, Glenn Dale, MD

JPSS (Joint Polar Satellite System)의 PGRR (Ground and Risk Reduction) 프로그램은 사용자 생산물, 서비스 및 애플리케이션 또는 서비스 영역에서 JPSS 데이터 생산물의 사용과 가치를 높이거나 향상시키기 위한 이니셔티브를 용이하게 한다. 화재 및 연기, 강 얼음 및 홍수, 수문학 및 북극 이니셔티브의 성공을 바탕으로 JPSS 항공 이니셔티브는 JPSS PGRR 프로그램의 최신 노력이다. 항공 이니셔티브는 2017년 항공 커뮤니티에서 위성 생산물의 필요성에 대한 솔루션으로 만들어졌다. 알래스카 지역의 파일럿 및 예측자와 관계를 구축하고 JPSS 기능을 사용자 요구와 연결한다. 이 이니셔티브는 사용자 관심사와 현재 시준을 기반으로 APS의 파일럿 및 예보자에게 JPSS/VIIRS 클라우드 생산물을 시연하였다. 또한, 파일럿 및 예측자에게 정량적 생산물의 가치를 조사하고 있다. 이 계획은 극궤도 위성 데이터가 항공 위험의 진단 및 예측을 개선하는 방법을 결정하고 있다.

(6) 세계 공역 예보 시스템 과학 업그레이드

발표자: Teil Howard, UKMO, Exeter, United Kingdom

세계 항공산업은 교통량 증가, 용량 요구 증가, 여행의 증가로 빠르게 진화하고 있다. 결과적으로, 기상으로 인한 문제를 완화하며 항공 및 공항 운영을 안전하고 효율적으로 관리하려면 항공기를 보호하고 승객과 화물의 지연을 줄이려면 정확하고 자세한 기상 정보를 제공하는 것이 더욱 중요해지고 있다. 이 중 상당 부분은 런던 및 워싱턴 센터에서 각각 제공하는 WAFS(World Area Forecast System, 세계공역기상예보)로, 현재 노선 중 위험에 대한 예측을 개선할 수 있는 상당한 개선이 진행되고 있다. 대기 난류, 적란운 구름 및 기내 착빙에 중점을 둔 이러한 개선은 서비스가 완전히 확률적인 제안으로 전환 될 뿐만 아니라 새로운 고해상도(0.25도) 결정론적 위험도 기반 난기류 및 착빙 예측을 제공한다(이전에 사용된 '잠재적' 메트릭 대체). 2020년까지 결정적 생산물이 제공되고 2024년까지 확률적

생산물이 제공됨에 따라 향후 주요 경로를 통해 사용자가 경로 안전 위험을 보다 안전하고 효율적으로 피할 수 있게 된다. (양상블 데이터와 관련된 초기 시험의 예비 결과를 제시하면서 새로운 운영 진단 및 검증에 대한 개요를 제공함)

[세션 3] 소규모 UAS에 대한 날씨 요구 및 자체지도 개선 가능성

의장: Paul E. Bieringer, Aeris, Louisville, CO and Colleen Reiche, Booz Allen Hamilton, Washington, DC

유인 항공기와는 상당히 다른 날씨 민감도를 가진 소형 무인 항공기 시스템(UAS)의 상업적인 적용은 지난 5년 동안 기하급수적으로 성장하여 새로운 요구에 부응할 수 있는 새로운 날씨 생산물의 필요성으로 이어졌다. 동시에 UAM(Unmanned Urban Mobility) 개발 계획은 도시 경관의 항공 날씨 분석 및 예측에 새로운 도전을 가져 왔다. 이 세션에서 다루어야 할 주제에는 이러한 새로운 교통수단(예: UAS, UAM)의 날씨 민감도 평가, 무인 작업을 지원하는 미세한 예측 시스템의 개발 및 평가, 도시 미 기상학 및 영향 통합 모델링을 포함한다.

(1) 무인 항공기 기상 결정 지원을 위한 예비 격차 분석 및 연구 로드맵

발표자: David Clark, MIT Lincoln Laboratory, Lexington, MA

NAS(National Airspace System)에서 UAS(Unmanned Aircraft System) 작업의 사용은 다양한 상업용 애플리케이션 (예: 패키지 배송, 통신 및 검사 작업) 및 긴급한 공공 안전 작업(NPFA, 2019)을 위해 급속히 확장되고 있다. FAA와 NASA의 연구는 UAS와 기존 항공기 모두 안전한 항공 우주사용을 제공하기 위해 DAA(Detect and Prevent) 시스템, 지오 펜싱 시스템 및 UTM (Unmanned Traffic Management) 분리 서비스를 개발하기 위해 진행 중이다(Lester and Weinert, 2019). FAA NextGen 프로그램은 운영에 대한 날씨 영향을 고려해야 하는 책임을 논의하는 초기 UTM 운영 개념 (FAA, 2018)을 발표했다. UTM 생태계에 대한 FAA 개념의 핵심 부분은 UAS의 명령에 따라 원격 조종사와 같은 적절한 개체에 기상자료를 조정하고 배포하

는 UAS 서비스 공급 부서이다. 그러나 어떤 종류의 날씨를 제공해야 하는지에 대한 세부 사항은 운영 개념에서 다루지 않았다.

전형적인 UAS 차량의 고유 특성(예: 500 피트 미만의 고도에서 인구가 많은 지역에서의 운행, 속도 및 상승 속도에 대한 제약, 강우, 바람, 난기류 및 착빙에 대한 극도의 감도)은 주요 공항 근처를 포함하여 인구가 많은 지역에서 낮은 고도의 UAS 운영을 위한 기상 결정 지원에 중점을 둔 고려를 보장한다.

이 발표는 기상 측정 개선을 위한 권장 사항과 함께 90개 이상의 UAS 운영자와의 설문 조사 및 인터뷰를 통해 수행된 UAS 운영에 대한 현재 기상 결정 지원의 차이에 대한 예비 식별 및 평가를 제시하고, UAS 작업을 지원한다.(Campbell, et al., 2017a)

UAS 운영에 대한 기상 현상의 중요성과 UAS 운영자에 대한 현재 날씨 정보의 가용성에 기초하여 총 12개의 주요 기상 정보 격차가 식별되고 우선순위가 결정되었다. 주요 발견은 공항 내 운영에 맞게 조정된 일반적인 현재 날씨 관측 및 예측이 저고도, 공항 외부 운영에 반드시 필요한 것은 아니라는 것이다. 조사 대상 사용자는 공항별 날씨 정보가 지역 지형, 초목 및 수원의 영향을 받는 원격 발사 위치의 조건으로 쉽게 변환되지 않는다고 지적했다.

또한, 조사 결과에 따르면 일반적인 유인 비행 프로파일보다 낮은 고도의 공항 외부 비행을 지원하는데 사용할 수 있는 기상 정보가 훨씬 적다. UAS 작동 위치 근처의 최저운고, 가시거리 및 바람에 대한 관측 부족으로 인해 해당 위치의 기상 조건에 대한 수치 일기 예보의 유효성이 가장 중요하다. 대류 활동과 강풍에 대한 위험한 기상 경보는 UAS 운영자에게 FAA의 기존 실시간 항공기 기상 결정 지원 생산물에 대한 적절한 교육 정보를 제공함으로써 부분적으로 해결 될 수 있는 UAS 운영의 주요 관심사이다.

격차 분석을 토대로 초기 로드맵을 연구를 수행했다(Campbell, et al, 201

7b). 여기에는 기존 UAS 테스트 사이트 및 운영 (특히 긴급한 공공 안전 운영)을 활용하는 단기 데이터 수집 노력에서부터 UAS 관련 기상 영향 모델 및 예측에 대한 장기 연구 및 개발에 이르기까지 다양하다.

로드맵을 개발한 후 특히 저고도 UAS 운영, 도시 항공 이동성 운영, HEMS (헬리콥터 응급 의료 서비스) 운영 및 기회를 제공하는 기존 항공기 공항 운영에 대한 기상 결정 지원 간에 상당한 시너지 효과가 있음을 인식했다. 안전성과 효율성을 모두 비용 효율적으로 향상시킨다. 또한, 이러한 다양한 항공기를 모바일 센서로 사용하여 개선된 기상 관측 기회가 있다. 개선된 기상 감지 및 의사 결정 지원을 위한 추가 기회도 논의되었다.

(2) 무인항공기시스템(UAS)에 대한 FAA 통합 연구 계획의 기상 중점 영역
발표자: Kevin Johnston, FAA, Washington, DC

UAS 운영을 위한 FAA의 목표는 무인 항공기를 민간 영공에 통합하는 동시에 NASS (National Airspace System)의 안전과 효율성을 보장하는 것이다. 이 목표는 UAS 운영자와 항공 교통 관제사를 위해 기술, 정책, 운영 절차 및 자동화 시스템이 발전함에 따라 점진적인 단계를 통해 달성된다. UAS 통합 연구는 NAS에서 안전하고 효율적인 UAS 운영을 가능하게 하는 규정, 정책, 절차 및 지침 자료를 게시하는 주요 FAA 미션 및 기능을 지원한다. UAS 2019-2024 통합 연구 계획은 날씨를 “중점 영역”으로 여긴다. 중점 영역은 NAS에서 UAS 작업을 안전하고 효과적으로 통합하기 위한 주요 과제를 나타내는 것으로 정의되며, 중점 분야의 연구 활동은 정책, 절차, 기능 및 시스템, 요구 사항 및 기타 연구 결과를 알려 UAS 통합을 가능하게 한다.

기상 중점 영역은 다음과 같이 정의된다. “날씨 연구 활동은 날씨 정보 견고성, 탄력성 및 효율성에 대한 표준, 요구 사항, 기능 및 시스템과 같은 결과를 알리는 데 초점을 두고 날씨가 UAS 성능에 미치는 영향을 해결하기 위한 완화 전략에 중점을 둔다. (예: 바람, UAS 성능에 대한 강수량, 가시성, 착빙 및 기타 기상 조건)이 중점 영역에는 의사 결정을 개선하기 위해

UAS 항로에 대한 날씨 정보의 식별, 배포 및 표시도 포함된다.” 이 발표에서는 UAS 통합 운영 기능의 구현 단계로 식별된 기상 연구 및 개발 요구에 대한 개요를 제공하였다.

(3) 현실적 국지 바람장을 사용한 소형 고정익 및 멀티 로터 UAS 시뮬레이션
발표자: Larry Cornman, NCAR, Boulder, CO

직관적으로, 상대적으로 낮은 속도로 비행하는 소형 무인항공기시스템 (UAS)이 적은 바람 변화에도 민감할 것은 분명하다. <그림 1>은 작은 고정익 UAV(검정색)와 중형 상업용 운송 항공기(빨간색)가 수직풍 구성 요소에 대한 수직 가속 응답을 보여주는 구체적인 예를 제공한다. UAV에 가장 중요한 바람의 파장은 1~수십 미터 범위에 있음을 알 수 있다. 이는 약한 바람이 UAS에 미치는 영향을 정량적으로 분석하기 위해서는 이러한 소규모 규모로 바람을 정확하게 모델링하는 것이 필수적이다.

NCAR/RAL은 LES법을 통해 바람장을 모델링하고 분석/수치적 방법을 통해 합성 난류장을 모델링하는 기능을 개발했다. 계산 안정성을 강화하기 위해 수치 날씨 모델은 일반적으로 가장 작은 규모의 흐름을 필터링한다. 이 필터링은 5-10 그리드 간격으로 정렬할 수 있다. 즉, 그리드 간격이면 바람의 정확도는 5-10이다. 25m LES 바람장의 수직 성분을 합성 미터 규모 등방성 난류장과 병합하기 위한 경험적 방법이 개발되었다. 이 경우, LES 시뮬레이션이 비교적 평평한 지형에 걸쳐 있고 UAV 시뮬레이션의 고도가 지표면(300m)을 훨씬 뛰어 넘기 때문에 두 필드를 병합하는 데 필요한 두 가지 매개 변수인 난류 강도 수준과 상관관계가 있다. 더 작은 규모의 바람장은 대부분 등방성이기 때문이다. 이들 파라미터는 LES 데이터로부터 계산된 후, 합성 난류장의 파라미터를 설정하는데 사용되었다. <그림 2>는 병합 과정의 결과를 보여준다. 빨간색 곡선은 LES 수직 바람의 세그먼트(UAV 비행경로와 관련하여 시계열로 변환 됨)를 보여주고 검은색 곡선은 병합된 LES/서브 그리드 난류를 보여준다. LES-단독 자료는 바람의 대규모 변화를 제공하지는 않지만 소규모 난기류를 포착하고, 합쳐진 바람장은 두 특성을 모두 설명한다.

LES 단독 및 병합된 서브 그리드/LES 바람은 3자유도 (공기 속도, 높이 및 간격), 작은 UAS 비행 시뮬레이션에 대한 입력으로 사용되었다. <그림 3>은 <그림 2>에 표시된 바람장을 통해 작은 고정익 UAS의 비행을 시뮬레이션 한 결과를 보여준다. 왼쪽 패널은 높이 응답을 보여준다. 빨간색 곡선은 LES 단독 바람의 결과이며 병합된 서브 그리드-LES 필드의 검은 선. 오른쪽 패널은 세로 가속 응답을 제외하고 왼쪽 패널과 동일하다. 이 수치로부터, 특히 가속과 같은 양이 중요한 경우, LES 단독 풍력 구성 요소는 작은 UAS 비행 시뮬레이션에 불충분하다는 것이 분명하다.

진행 중인 작업에는 멀티 로터 시뮬레이션 기능의 구현과 LES- 서브 그리드 병합 기능을 3차원 및 3개의 바람 구성 요소로 확장하는 작업이 포함된다.

(4) 소형 무인 항공기 조건에 대한 착빙 예측

발표자: Alyssa Avery, Oklahoma State Univ., Stillwater, OK

착빙 문제는 유인 항공기에 대해 광범위하게 고려되었지만, 얼음 축적을 정의하는 주요 물리적 매개 변수는 UAS 영역에서는 매우 다르다. 입자의 궤도는 상당히 낮은 속도로 움직이고, 날개는 더 작은 규모이며, 열 흐름(heat flux) 특성은 확립된 결빙 모델의 가정을 따르지 않는다. 유인 항공기를 위한 착빙 모델이 소형 UAS에 적합하지 않은 방식을 고려할 때 저속 및 저고도에서의 체적 물리학에 대한 더 큰 이해가 필요하다. 실린더 모델은 정체 영역이 얼음으로 인해 형상 변화량이 가장 많고 열 전달률이 가장 높다는 점에서 매우 유용하다. SUAS는 일반적으로 결빙 방지 시스템을 지원할 수 없으며 위험한 결빙 지역에서 비행해야 할 수도 있다. 이것은 조사를 위한 간단한 주제를 제시한다. UAS 스케일 에어 포일 및 UAS 비행 조건에 대한 얼음 축적 예측. 문제를 더 집중시키기 위해, 여기에서 고려한 결빙 문제는 정체영역으로 제한될 것이다.

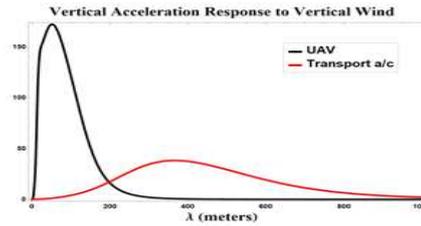


Figure 1. Vertical acceleration response due to vertical wind for small fixed-wing UAS (black) and mid-sized transport aircraft (red) – as a function of input wind wavelength.

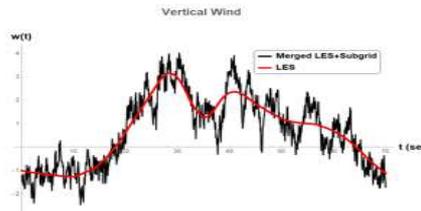


Figure 2. Vertical wind component from LES (red) and merged subgrid turbulence and LES (black).

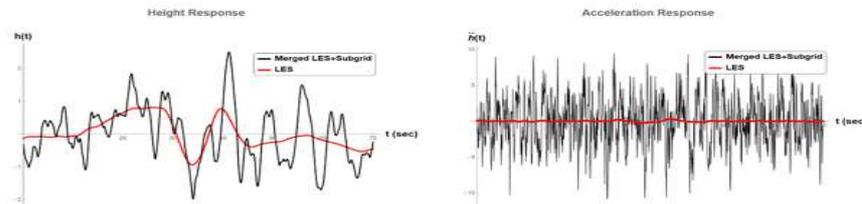


Figure 3. Small fixed-wing UAS height (left-hand panel) and vertical acceleration (right-hand panel) response to flight through LES-alone vertical wind component (red) and merged subgrid turbulence/LES (black).

세션 3-(3) (위) <그림1> (중간) <그림2> (아래) <그림3>

착빙 연구를 위한 수치 도구는 착빙 조건이 실험적으로 재현하기 어렵다는 사실 때문에 매우 중요하다. 시뮬레이션 방법은 착빙 지식에 기여하고 시험 설계 및 실험 검증에 도움을 준다. 현재 수치 도구는 낮은 속도에서 확인되지 않는다. 개발된 착빙 모델은 낮은 속도와 경험적으로 유도된 열 흐름 관계에 적합한 분석방법을 사용하여 UAS에 적합하다.

"실린더의 결빙은 결빙 연구에서 통일된 주제이다. 왜냐하면, 이는 더욱 복잡한 상황에서 결빙을 예측하는 데 솔루션을 사용할 수 있는 간단하고 잘 정의된 결빙 문제를 나타내기 때문이다(Lozowski et al.)." UAS에 대해 예상되는 저속, 소형 에어 포일, 저고도 조건에서는 실린더 결빙이 고려된다. 수치 모델과 LEWICE 시뮬레이션은 과거 실험 연구와 함께 비교할 수 있다.

레이놀즈수의 범위에서 얼음 축적에 대한 이해를 돕기 위해 MATLAB에서 예상되는 조건에 적합한 간단한 모델을 작성하였다. 이 코드는 대기 조건을 기반으로 열 흐름을 계산하고 경험적 방정식을 사용하여 CD가 항력 계수이고 Re가 레이놀즈수 방정식에서 스톡스 법칙의 유량 편차를 기반으로 수집 효율을 얻는다. LEWICE는 큰 accretions 및 넓은 범위의 기상 조건에 적용할 수 있는 능력이 뛰어나지만 1차 SUAS 착빙 조사에는 적합하지 않는다. 소프트웨어가 열리지 않으며 변경 가능한 이름 목록 파일을 사용하여 실제 드라이버를 조작하기가 어렵다. 실린더의 조사는 유량의 실질적인 차이로 인해 LEWICE에 적합하지 않다.

얼음 두께 계산에서 단순화로 인해 결과 형상에 약간의 오차가 있을 것으로 예상된다. 수집 효율과 열전달로 수행된 작업은 각 시뮬레이션에서 습식 대 건식 결빙의 양을 정확하게 결정하도록 권장한다. 시뮬레이션 결과는 낮은 속도에서 낮은 수준의 가속이 가능함을 보여준다. 습식은 0도에 가까운 온도와 비교적 높은 액체 수분 함량에서만 형성된다. 습식 결빙이 존재하더라도 경적 모양은 거의 없다.

이 연구에 대한 몇 가지 즉각적인 목표가 향후 몇 개월 안에 이루어질 것으로 예상된다. 여기에는 견고한 설정으로 차량에서 열전달 테스트를 연장하는 것이 포함되며, 이 장치와 풍동은 자유 흐름 난류를 특징으로 한다. 환경이 완전히 특성화되면 정체 전선을 통과한 미세한 각도 범위에서 테스트를 완료할 수 있다.

(5) 공역에서 운항하는 모든 항공기가 기상 조건을 보고한다면?

발표자: Michael Robinson, The MITRE Corporation, McLean, VA

미국의 영공 시스템에서 작동하는 모든 항공 차량이 일관된 현장 기상 관측을 제공 한 미래에서, 이것이 모든 항공 운송 모드의 안전성, 효율성 및 신뢰성을 어떻게 향상시킬 수 있는가? 기상 정보를 사용하여 모든 날씨 및 날씨 영향 예측을 개선하여 사회 전체의 이익을 향상시키는 방법에 대한 논의가 필요하다.

연구에서는 미국의 공역을 이용하는 모든 항공기가 운항 궤도상에서 발생하는 기상 조건을 보고해야 한다고 주장하고 있다. 여기에는 최소한 압력 고도, 온도, 풍속 및 방향, 난류 정보가 포함되어야 한다. 선택적으로, 이것은 또한, 상대 습도, 그리고 아마도 대중의 안전을 향상시키는 데 관련될 수 있는 다른 양을 포함할 수 있다. 모든 조건을 보고하는 것이 중요하다. 대형 항공기의 양성 조건은 날씨에 대한 민감도가 크게 증가하여 소형 항공기에 위협 할 수 있다. 또한, 미래의 자동 및 최종 자율 작업에는 안전하고 효율적인 작업을 보장하기 위해 고급 기상 감지 기능이 필요하다.

필수 기상보고에 대한 입장은 비용과 그에 따른 경제 활동보다 중요한 기회를 창출하고 가치를 추가할 것이다. 비전통적 공간에서 작동하는 UAM (Urban Air Mobility) 및 UAS(Unmanned Aerial Systems)와 같은 새로운 교통수단은 현재 충족할 수 있는 것보다 날씨 모니터링 및 예측 기능에 대한 엄격한 요구 사항을 제시한다. 과학계는 거친 지형과 도시 경관 또는 뇌우와 같은 복잡한 환경과 경계층의 대기 과정에 대한 이해를 향상시키는 것을 목표로 한다. 과학적 이해를 높이기 위해서는 상세한 관찰이 필수적이며, 이는 더 나은 예측(날씨뿐만 아니라 날씨에 영향을 받는 결과 또는 응답)을 가능하게 한다.

지상에서 많은 관측이 가능하지만, 상대적으로 제한된 관측이 많이 이루어진다. 제안을 통해 풍부한 새로운 관측이 가능해질 것이다(예: 대기의 하부에서 작동하는 UAS 및 UAM 차량). 따라서 항공과 기상학 사이에 이미 길고 상호 유익한 시너지 효과가 크게 확대된다. 대형 운송 범주 항공기의 관측치가 수치 날씨 예측 시스템에 큰 긍정적 영향을 미친다는 것이 분명하게 입증되었다. 우리는 비전통적인 공역에서 운행하는 차량과 새로운 관측소의 새로운 클라우드 소싱에서 새롭게 등장하는 기상 관측의 새로운 흐름이 기상 예측 기능을 크게 향상시켜 항공운항의 안전성, 효율성 및 신뢰성을 높이고 공공 안전을 크게 향상시킬 것으로 기대한다.

연구에서는 데이터 및 정보의 공유가 조직과 운영자가 개별적으로 달성할

수 있는 것보다 항공 운송에 더 큰 이익을 가져다줄 데이터가 풍부하다고 예상한다. 이 새로운 부류의 차량이 여전히 증가하고 있어 보다 유리한 ‘등식’기회를 제공함에 따라서 임무를 고려할 적절한 시기가 되었다. 그러나 해결해야 할 기술(예: 센서, 통신), 비용(설치 및 운영) 및 규제 측면(데이터 표준, 소유권 등)과 관련된 많은 장애물이 있다. 이러한 연구에는 프로세스 이해 및 예측 기능 개발에 중점을 둔 오프라인 과학 조사뿐만 아니라 보다 광범위한 사회를 위해보다 복잡한 항공운영 및 혁신적인 데이터 동화 절차를 지원하기 위해 이러한 데이터의 실시간 사용이 포함된다.

(6) 고산/사막/계곡에서 WRF LES를 사용하여 얻은 바람과 난류에 대한 실시간 정밀 UAS 예측 지침 평가

발표자: James Pinto, NCAR, Boulder, CO

WRF 모델의 중첩 버전은 100m 격자 간격 (LES-모드)까지 실시간으로 진행되어 ISARRA(International-Filoted Aircraft)를 이용한 국제 대기 연구 협회(IARRA)의 대기압 상승 과정에서 2018년 7월 14~20일, 콜로라도의 산 루이스 벨리(San Luis Valley)에서 실시된 항공기 조종사 실험(LAPSE-RATE)에서의 원격 대기 조종 연구를 통해 UAS 임무 계획을 지원한다. 이 기간은 북미 몬순으로 알려진 대규모 흐름 체제에 의해 낮에는 산에서 시작된 대류의 강한 일주 주기와 밤에는 얇은 배수 흐름이 특징이었다. NCEP 고해상도 빠른 새로 고침을 사용하여 시뮬레이션을 측면 경계에서 초기화하고 구동했다.

이 연구는 Lidars, NSSL 사운드, University of Nebraska-Lincoln 모바일 메소넷 및 수많은 무인 공중 시스템(UAS), ASOS 관측소 데이터, 플렉스 타워, 두 개의 도플러를 포함하여 계곡 전체에 주둔하는 여러 관측 시스템에 의해 수집된 데이터를 사용하여 야행성 경계층 흐름의 진화와 업 벨리 흐름으로의 전환에서 미세한 변화를 시뮬레이션하는 것과 관련하여 모델 성능을 평가하는 데 중점을 둔다. EnKF를 사용하여 UAS 데이터를 동화하여 생성된 분석은 실시간 예측을 평가하는 데 사용되는 격자형 진리 필드를 개발하는 데 사용된다.

(7) NCAR의 DART(Data Assimilation Research Testbed)를 사용하여 UAS 감지 데이터가 고해상도의 제한된 영역 WRF 예측에 미치는 영향

발표자: Anders A. Jensen, NCAR, Boulder, CO

NCAR은 콜로라도의 San Luis Valley에서 2018 ISARRA 비행 주간 (LA PSE-RATE)에 대해 고해상도, 단기, 제한된 지역 WRF 예측을 제공했다. 비행 주간 동안 온도, 습도 및 바람 센서가 장착된 UAS는 특정 날씨 현상 (예: 배수 흐름, 대류 시작 환경 및 아침 경계층 진화)을 목표로 계곡의 여러 위치에서 비행했다. 이러한 관측은 데이터 희소 영역에서 낮은 대기의 높은 공간 및 시간 해상도 데이터를 제공한다. 낮은 수준의 바람과 난기류의 미세한 예측을 개선하기 위해 UAS 감지 데이터를 중간 규모 모델로 동화할 수 있는 가능성은 DART에서 제공되는 EAKF(Ensemble Adjustment Kalman Filter)를 사용하여 일련의 데이터동화실험을 수행하여 평가한다. 배수 흐름 바람이 예측된 영역을 샘플링하기 위해 UAS의 표적 때가 전개된 배수 흐름 경우에 대해 UAS 데이터 동화가 있거나 없는 시뮬레이션이 수행한다. EAKF를 사용하여 UAS 데이터를 고해상도 모델로 동화하기 위해 개발된 방법과 해당 문제에 대해 설명한다.

(8) UAS를 활용한 도시 공기 이동성 및 무인 교통 관리를 위한 기상 위험 탐지 지원

발표자: Jamey Jacob, Oklahoma State University, Stillwater, OK

현재의 항공기 능력과 범위는 무인 시스템을 사용하여 인간의 생명에 대한 위험을 줄이면서 완전히 새로운 능력을 창출하는 기술의 발전으로 이익을 얻는다. 지난 수십 년 동안 UAV(Unmanned Air Vehicle)의 상업적 성공은 소형 무인 항공기 시스템(SUAS)을 상품 및 패키지 배달, 운송, 모니터링 및 비상 대응 등 많은 도시 응용 분야에서 사용하기 위한 잠재적 도구로 사용하는 데에 대한 관심을 불러 일으켰다. SUAS는 지난 10년 동안 많은 발전을 보였지만, 여전히 많은 항법, 비행 제어 및 성능 문제가 있으며, 그 중 최소한의 돌풍에도 견딜 수 있는 능력은 아니다. 이것은 건물의

존재가 복잡하고 불안정한 흐름 패턴을 생성하는 도시 환경에서 특히 심하다. 이는 UAM(Urban Air Mobility) 솔루션과 UTM(Unmanned Traffic Management) 시스템 개발 및 구현의 통합 문제이다. 이 두 가지 모두 건물 의 지붕이나 고층 랜딩과 같이 까다로운 도시 위치에 착륙 할 수 있는 기술의 개선이 필요한 중요한 요구 사항이 있다. 이를 위해서는 불규칙한 속도의 범위가 거친 조건에서 이륙 및 착륙 속도를 시뮬레이션 할 수 있는 테스트 및 평가가 필요하다.

온보드 UAV의 국지바람장 감지는 종종 상대 감지 및 관성 기준 측정을 결합하여 접근한다. 동적 바람 환경에 UAV 배열을 정확하게 배치하고 바람 환경을 병렬로 감지해야 하므로 대규모 바람 장 감지가 복잡하다. 이전에 상대적인 바람 추정과 외부 위치 참조를 통합하여 개별 UAV 바람 장 감지에 접근했다. 그러나 도시 바람장 센싱의 과제는 높은 공간 난류 구배, 높은 난류 크기 및 열악한 위치 기준을 포함하며, 이는 모두 전통적인 접근 방식을 복잡하게 한다.

스위밍 및 메시 네트워크 토폴로지는 추가 감지 플랫폼을 이 측정 문제에 통합할 수 있다. 재구성 가능한 통신 네트워크 외에도 UAV 배열은 국지풍을 감지할 수 있어야 한다. 그러나 도시 풍경에 UAV를 정확하게 배치하는 것은 상대적으로 큰 궤도의 바람 돌풍에 민감하기 때문에 복잡하다. 이러한 바람장을 이해하는 것은 여전히 연구의 주제이며, 난류는 감지되는 바람 장의 큰 구성 요소이므로 정확한 제어를 제공하기 위해서는 돌풍 반응에 대한 자세한 이해가 필요하다. 국부 풍장의 측정을 제공하기 위해 관측 측정과 오차를 포함하는 관성 추정법은 국부 풍 크기에 기초하여 감도를 조절하는 메커니즘을 통합함으로써 그들의 추정 정확도를 향상시킬 것이다. 이 연구에서는 UAS 및 UTM 운영을 가능하게 하는 실시간 데이터를 제공하기 위해 UAS를 활용하기 위한 통합 접근법 및 현장 테스트에 대해 설명한다. 종합적인 바람장 추정의 해상도와 정확도를 향상시키는 것은 안전과 운영 효율성을 향상시키는 데 중요하다.

[세션 4] 도심 항공기를 지원하기 위한 기상의 Scaling Down

의장: Kevin Johnston, FAA, ANG-C64, Washington, DC

공동의장: Anders Jensen, NCAR, Research Applications Laboratory, Boulder, CO

(1) 새로운 항공 운송 방법의 기상 조건

발표자: Matthias Steiner, NCAR, Boulder, CO

비행 작전은 날씨 영향에 민감하며 항공기의 크기가 감소함에 따라 이 감도가 증가하고 있다. 또한, 산악 지형, 뇌우 및 도시 경관과 같은 복잡한 환경은 안전하고 효율적이며 신뢰할 수 있는 비행 운항을 수행하는 데 있어 특히 어려운 과제이다.

연구에서는 UAS (Unmanned Aerial Systems) 및 UAM (Urban Air Mobility)과 같은 도시 경관에서 떠오르는 항공 운송 시 기상 위험에 특히 주의를 기울인다. 우리는 현재의 기상 관측 인프라 및 기상 안내 기능을 미국 전역의 일부 도시 환경에서 향후 UAS 및 UAM 운영을 지원할 수 있는 능력으로 평가한다. 연구자들은 위치, 계절 및 시간별로 항공 날씨 위험의 범위를 특성화한다. 항공기 설계, 항공기 믹스 및 운영 실시간 기상 지원 요구에 대한 계획을 수립하는 데 도움이 되는 결과가 예상된다.

(2) 응급 의료 헬리콥터 서비스(HEMS)의 발전

발표자: Stephanie Avey, NWS/NCEP/AWC, Kansas City, MO

HEMS (헬리콥터 응급 의료 서비스)는 근거리 및 저고도 기상 비전문가에게 신속하고 효과적으로 비행하기 위한 기상 조건을 제공하는 직관적인 웹기반 플랫폼으로 설계되었다. 이 도구는 HEMS 커뮤니티의 비행 계획 요구에 적시에 정확한 날씨 정보를 제공하는 것이 중요하다.

AWC(Aviation Weather Center)는 AWRP(Aviation Weather Research Program) 및 AWDE(Aviation Weather Demonstration and Evaluation) 서비스 그룹의 FAA 파트너와 긴밀히 협력하여 도구의 운고 및 가시거리(C&V) 기능을 개선했다. 개선된 격자 C&V 분석 도구와 C&V 예측은 2020년

봄에 구현될 예정이다. 평가에 따르면 사용자는 헬리콥터 조종사, 따라서 이 도구는 UAS/UAM 사용자를 포함한 모든 저고도 비행자를 수용하도록 개선되어야 한다.

이러한 개선에 부응하기 위해 AWC는 일반 항공 사용자를 위한 원 스톱 상점 도구인 GFA(Graphical Forecasts for Aviation)와 같은 프레임 워크에 HEMS 도구 기능을 통합할 예정이다. 저고도 GFA(GFA-LA)는 HEMS 커뮤니티의 요구를 계속 충족시키며 다른 생산물과의 일관성을 높여 모든 항공 사용자에게 공통된 사용자 경험을 제공할 것이다. HEMS 도구에 대한 최신 업데이트와 HEMS를 GFA-LA로 발전시킬 향후 계획을 발표할 예정이다.

(3) 델러스와 포트워스의 안전한 비행 - 드론 및 항공 택시 운영자의 기상 정보 요구 충족

발표자: Apoorva Bajaj, Univ. of Massachusetts Amherst, Amherst, MA

향후 드론 및 항공 택시 서비스는 대기의 가장 낮은 고도에서 이루어질 것이다. 이 지역은 전국의 기상 레이더에 의해 샘플링이 부족하고 프로파일러 및 기타 현장 센서에 의해 제공되지 않는다. 이로 인해 이러한 고도에서의 기상 조건 변화에 대한 상황 인식이 부족하여 항공 승차 공유, 화물 운송 및 응급 서비스에 불확실성이 발생하여 가동 시간, 비즈니스 지속가능성 및 안전에 영향을 미친다. 이 연구는 사용자 관점에서 이러한 과제에 대해 설명하고 날씨 변화에 대비하여 드론 및 항공 택시 서비스를 안전하게 유지하기 위해 현재 프로토타입을 제작하고 있는 해결방안을 제시한다.

이 연구의 초점은 무인 항공기 및 항공 택시 운영의 본거지인 텍사스 중부 북부에 있으며, 일부 조직은 주요 상업 서비스를 데뷔 할 계획이며 공공 기관이 이미 공공 안전을 지원하기 위해 일상적인 운영을 수행하고 있다. CASA(Collaborative Adaptive Sensing of the Atmosphere) 공학 연구 센터는 노스 센트럴 텍사스 정부 협의회와 협력하여 이 지역의 공공 및 민간 기관과 긴밀한 협력을 통해 악천후(우박, 토네이도, 홍수) 관측 및 경보 기

술을 시제품, 시연 및 운영한다. 여기에는 델러스포트워스 메트로플렉스의 지상에 가까운 X-밴드 기상레이더 네트워크(0-2000 feet AGL)와 상황에 따라 위치와 위치에 따라 사용자 정의된 기상 정보를 제공할 수 있는 심각한 기상 정보 기술이 포함된다.

이 연구는 드론 및 항공 택시 운영자, 지역 대학, 정부 기관, 지역 공항 및 지역 기상청과의 인터뷰 결과, 날씨 정보에 대한 요구 사항(및 현재 출처)에 대해 논의하고, 지역에서 프로토타입 화되고 시연되는 통합(센서/정보) 솔루션을 제시한다. 또한, 여기서 개발된 정보 솔루션이 UTM 시스템에 통합 될 수 있는 방법에 대해서도 설명한다.

(4) UAS/UAM 애플리케이션을 위한 도시 국지 날씨 해결

발표자: Paul Bieringer, Aeris, Louisville, CO

미국 인구의 80% 이상이 현재 도시 지역에 거주하고 있으며(2018년 미국 인구 조사국) 세계은행과 유엔은 다음 세기 내내 세계 도시 인구가 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 무인 항공기 및 통신기술의 발전뿐만 아니라 이러한 현재 및 예상 인구 증가와 관련된 교통 혼잡에 대한 우려로 무인 항공기 시스템(UAS) 및 UAM(Urban Air Mobility) 솔루션에 대한 관심과 투자가 증가했다. 도시풍 조건을 해결할 수 있는 다양한 모델링 기능이 현재 존재하지만, 이 적용에 필요한 시공간 충실도가 부족하다. 도시 UAS/UAM 애플리케이션에 필요한 시공간 충실도를 충족할 수 있는 모델의 경우, 계산 요구 사항은 사용이 이상적인 연구로만 제한되었다.

이 연구에서는 위에서 설명한 UAS/UAM 도시 미기상 요구를 해결하는 데 필요한 시공간 충실도와 시뮬레이션 속도가 모두 있는 JOULES (Joint Outdoor Urban-Indoor LES)라고 하는 LES(Large Eddy Simulation) 시스템을 설명한다. JOULES의 핵심 기술은 GPU(Graphics Processing Unit) 컴퓨팅 플랫폼에서 구현된 LES이다. JOULES 내의 LES는 수십 년 전부터 행성 경계층(PBL) 애플리케이션에서 사용하기 위해 가장 광범위하게 테스트된 LES 코드 중 하나인 DALES(Dutch Atmospheric LES)로 그 기원을

추적한다(Heus et al. 2010). 이 모델은 광범위하게 평가되었으며 Schalkwijk et al. 2012, 2015 및 2016 및 Bieringer et al. (2017, 2019)은 이 GPU-LES 모델이 다양한 정적 안정성(예: 낮부터 밤까지) 조건에 걸쳐 개방된 지형에서 대기조건 및 해당 분산을 정확하게 시뮬레이션 할 수 있음을 보여주었다. JOULES는 또한, 도시 환경에서 1미터 이하의 공간분해능으로 높은 레이놀즈수 흐름을 시뮬레이션 할 수 있는 침지경계방법(IBM)을 활용한다. 이 연구에서는 이 모델링 시스템에 대한 설명을 제공하고, 개방 지형과 도시 환경에서 다양한 환경 조건에 걸친 모델 성능을 보여주는 검증 연구의 다양한 결과를 보여주고, 도시 건물 해석 시뮬레이션의 그림을 보여준다. 시카고 시내의 도시 핵심이자 이 기술이 도시의 소규모 항공 날씨 응용에 사용하는 잠재적 영향에 대해 논의하였다.

(5) GPU 가속 FastEddy 모델 내에서 LES 구축 : 거리 규모의 일기 예보
발표자: Domingo Munoz-Esparza, NCAR, Boulder, CO

도시 환경에서의 미세 기상 모델링은 많은 응용 분야에서 중요하다. 항공의 관점에서, 소형 무인 항공기(UAS)의 사용은 빠른 속도로 증가하고 있으며, 다른 응용 분야 중에서도 새로운, 그리고 각광받고 있는 운송 방법으로서 곧 중요한 역할을 할 것으로 예상된다. 특히, 이러한 항공기들은 전형적인 상업용 항공기보다 크기 및 중량이 10배 이상 작으므로, 기존에 존재하는 상위 레벨의 상업용 항공기 작동에 영향을 미치지 않는 더 작은 크기의 난류 발생에 민감할 것으로 예상된다. 더욱이 UAS는 도시 환경에서 자주 운영될 것이며, 이는 흐름 및 난류 특성을 예측하는 데에 추가적인 어려움을 초래할 수 있고, 실제 기상 조건에서 이러한 복잡한 시나리오에서 UAS의 안전하고 효율적인 운영을 보장하기 위한 지침이 필요하다.

GPU 기본적인 LES(Large-eddy Simulation) FastEddy 모델 내에서 전체 물리 도시 기능을 달성하기 위한 첫 번째 단계로서, 건물 효과를 명시적으로 표현하는 방법을 구현하고 검증하였다. 여기서, Chan 등의 침지형 바디포스 방법(The immersed body force method, IBFM)의 i) 범위(scale) 인식 (모든 격자 해상도에서 적용 가능), ii) 건물 온도 제어를 확장시켜서 이

용하게 된다.(2007) 확장된 IBFM은 구조화된 격자를 사용할 수 있는 침지 경계방법의 능력을 유지하면서 계산적으로 매우 효율적이라는 이점이 있다. 또한, 확장된 IBFM은 에너지 모델 구축과 연계 할 수 있다. IBFM의 타당성과 정확성은 다양한 테스트 사례, 즉 Joint Urban 2003(JU03) 동안 오克拉호마 시내 다운타운 시뮬레이션을 통한 2cm 측면 스테거 큐브와 대기 규모 테스트 케이스로 구성된 실험실 규모 실험을 통해 입증되었다. 평균 풍속과 난류 운동 에너지에 대한 LES IBFM 결과는 관측치와 잘 비교되며 음과 풍속계 관측치와 잘 일치하는 난류 스펙트럼을 생성한다. 또한, JU03 시뮬레이션에 대한 통계적 성능 함수의 정량화는 차체 적합 및 침지 경계 접근법을 사용하는 문헌에서 다른 LES 모델의 범위 내에 있다. FastEddy의 GPU 지원 가속 LES 모델링과 결합된 IBFM의 이러한 모든 기능은 가까운 미래에 현실적으로 거리 단위의 기상 예보를 가능하게 할 것이다.

(6) Scanning Doppler LIDAR를 사용한 UAV에 영향을 미치는 국시도시 바람장 관측
발표자: Ludovic Thobois, Leosphere, saclay, France

도시 환경은 미세 대류 순환, 도시 협곡(바람골)을 통한 바람 가속 및 다운 스트림 건물과 같은 큰 소용돌이와 같은 복잡한 바람 조건을 발생시킨다. 이러한 마이크로 스케일 바람의 위험성은 무인 항공기(UAV)의 비행 역학뿐만 아니라 전체 UAV 생태계 자체에 영향을 미친다. 예를 들어 거친 난류 환경을 통해 지속적으로 비행하여 발생하는 모터의 마모는 UAV의 신뢰성을 심각하게 저하시키고 유지 보수가 힘들어진다. 또한, 강한 맞바람을 맞는 환경의 고도를 비행함으로써 UAV의 비행 범위가 크게 줄어들어 드론 배송 또는 승객 운송의 경우 충전 인프라 및 시장 도달 범위에 영향을 줄 수 있다. 따라서 도시 바람 대류 순환의 역학을 이해하면 위험한 윈드시어, 난류, 맞바람(headwind)을 피하고 배풍(tailwind)을 이용할 수 있도록 UAV에 풍부한 정보를 제공할 수 있다.

이 연구의 범위는 UAV 운영에 영향을 미치는 마이크로 스케일 도시 풍계의 특성을 직접 측정하여 증거를 제시하는 것이다. 도시 풍향의 가변성을

보다 잘 검증하고 정량화하기 위해 유럽 핀란드 헬싱키시 건물 옥상에 장거리 스캐닝 도플러 LIDAR을 설치하고 몇 개월에 걸쳐 여러 번의 스캔으로 바람 데이터를 수집했다. 원시 방사형 바람 데이터를 LIDAR에서 수집하여 도시 전체에 3차원 벡터 바람 필드를 제공하도록 처리했다.

이 데이터를 가장 기본적으로 관찰하면 야간에 바람장이 이미지에서 볼 수 있듯이 낮보다 훨씬 수평 적으로 균일하다는 것을 알 수 있다. 이러한 차이는 낮 동안 도시 표면의 불균일한 가열과 관련된 미세 대류 순환으로 인해 발생한다. 또한, 방사형 바람 데이터는 바람 전단 및 난류 영역을 제공하기 위해 잠재적으로 분석 될 수 있다. 한 위치에서 다른 위치로 바람의 수직 프로파일의 변화와 같은 다른 흥미로운 관찰이 연구되었다.

전반적으로, 충분한 양의 통계 실제 데이터가 스캐닝 도플러 라이더에 의해 수집되고 제공되었다. 3D에서 바람의 양을 정확하게 측정하고 측정해야 할 필요성을 보여준다. Lidar 센서는 UAV 교통 관리 시스템 (UTM)의 관점에서 바람 위험의 완화를 위해 UAS 이해 관계자를 지원할 수 있다.

[세션 5] 항공, 비행장, 공역 운영을 위한 난류 분석 및 예측 기술 발전

의장: Wiebke Deierling, NCAR, RAL, Boulder, CO

공동의장: Han-Chang Ko, Yonsei University, Department of Atmospheric Sciences, Seoul

예기치 않은 난기류 발생은 승객 및 승무원 부상으로 인한 항공기 사고의 주요 원인이다. 난류 정보의 탐지, 예측 및 전파를 개선하는 것이 난기류 사건 수를 줄이는 데 중요하다. 난류에 대한 명시적 예측의 진행 상황, 수치 예측 모델로부터 난류의 판단 및 난류 예측의 불확실성을 정량화하는 방법을 설명하는 주제를 다룬다. 이 세션에서는 청천난류, 산악파 또는 대류로 인한 난류와 같은 특정 난류 발생 메커니즘에 중점을 둔다. 또한, 도시 환경 내에서 난류 구조 추정에서 전지구 규모의 난류 가능성 예측에 이르기까지 다양한 범위의 공간 규모를 포괄한다.

(1) 구름 내외의 난류에 대한 민-관 협력조사

발표자: Tammy J. Flowe, FAA, Washington, DC

상업용 및 일반 항공기에는 종종 예기치 않은 대기 난류를 겪는다. 이는 치명적이지는 않지만, 항공기 탑승자에게 심각한 부상을 입히거나 비행경로를 변경하는 경우가 종종 있다. FAA에 따르면 난류는 치명적이지 않은 사고로 승객과 승무원에게 부상을 입히는 주요 원인이다. 매년 약 58명의 승객이 난류로 부상을 입는다. NTSB에 따르면, 2000년부터 2016년까지 미국 항공 운송 사업자들은 217개의 기상 관련 사고를 겪었으며 그 중 75%가 난류로 인한 것이라고 한다. 또한, 이러한 부상(의료 주의 및 소송), 장비 손상 및 유지 보수와 검사, 항공 운송 비용은 연간 1억 달러로 추정된다.

1990년대에 FAA의 항공기상 연구 프로그램은 난류 예측 및 보고 기능을 개선하기 위해 국립 대기 연구 센터(NCAR)에서 연구 활동에 자금을 지원하기 시작했다. NCAR은 항공 승무원과 항공을 지원하는 일기 예보 담당자의 전략적 비행 계획에 사용하기 위한 난류 강도의 격자 예측을 제공하는 그래픽 난류유도(GTG) 생산물을 개발했다. GTG는 국제 민간 항공기구의 난기류에 대한 객관적인 지표인 EDR(Eddy Dissipation Rate)로 표현된 난류에 대한 예측을 제공했다. 현재의 GTG는 모든 비행 레벨에 대한 난류 예측을 표면에서 45,000 ft까지 제공하며 18 시간까지 시간 단위로 유효하다. GTG는 또한, 맑은 공기 난류 및 산파 유도 난류에 대한 명확한 예측을 제공한다.

GTG는 전략적인 비행 계획을 위한 훌륭한 도구이지만 현재의 격동적인 대기 상태를 단거리로 표현하여 항공 승무원, 발송자 및 항공 교통 관제사의 전술 비행 결정에 도움이 되지 않는다. 이를 위해, NCAR은 FAA 자금 지원 하에 GTTN(GTG-Nowcast)을 개발했다. 이 도구는 신속하게 업데이트(15분마다, 다음 15분동안 유효)하고 난류 “실황 예보”를 제공한다. GTGN은 GTG예측을 시작점으로 사용한 다음 조종사 보고, 항공기의 자동 EDR 난류 측정 및 구름의 난류에 대한 NEXRAD 레이더 측정과 같은 사용 가능한 최신 난기류 관측값을 사용하여 예측한다. 결과적으로 실시간 라우

팅 결정에 사용하기 위한 단기 난류를 보다 정확하게 묘사 할 수 있다.

평가에 따르면 GTGN은 GTG생산물에 비해 개선된 것으로 항공산업 내에서 운영 용도로 이동해야 한다. 그 결과 2019년 7월 FAA 안전 위험 관리 패널이 소집되어 만장일치로 투표하여 생산물을 산업에 보급할 수 있게 되었다.

(2) ADS-B 보고서에서의 운영 시 유용한 난류 측정법 도출

발표자: Larry Cornman, NCAR, Boulder, CO

대기와 난류는 승객 및 승무원 부상 비용, 공역의 효율적인 사용에 대한 영향, 항공기 피로로 인한 항공기의 수명 단축 등 여러 가지 이유로 항공 커뮤니티에 심각한 문제로 남아 있다. 난류에 대한 더 나은 관측은 난류 현상과 그 운영 예측성을 물리적으로 이해하는 데 도움이 된다. 그러나 NAS (National Airspace System)에서 난류에 대한 조밀하고, 일상적이며, 정량적인 관측은 여전히 부족하며, 전술적이고 전략적인 난류 회피에 사용하기 위한 난류 상태에 관한 완전하고 정확한 정보를 제공할 수 없다. 또한, 그 래픽 난류 가이드 시스템(GTG)과 같은 자동 난류 예측 시스템의 검증 및 조정을 위한 관찰도 필요하다. 난류에 대한 일상적인 관찰은 조종사의 보고(PIREP)와 일부 항공기의 자동화된 현장 측정을 통해 제공된다. 레이더 및 위성 이미지의 난기류 예측도 가능하다. 그러나 여전히 NAS에서 난류를 적시에 완전하게 표현하기에 충분하지 않다.

기존 난류 관측을 보강하는 한 가지 가능한 옵션은 ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast)인데, 1초 위치 및 속도 데이터를 사용하여 난류가 있음을 나타낸다. 이 정보는 지상국 수신기에 의해 수집 될 수 있으며 상황 인식을 제공하기 위해 다른 항공기에 의해 액세스 될 수도 있다. ADS-B는 영공 시스템의 미국 NextGen 및 유럽의 SESAR 향상 요소이다. ADS-B는 2020년까지 통제된 미국 영공의 대부분의 항공기에 필요하며 2017년 현재 유럽의 일부 항공기에 대해 필수가 되었다. 캐나다는 이미 항공 교통 관제를 위해 ADS-B를 사용하고 있다. ADS-B는 곧 대부분의

항공기에서 구현될 것이며 저렴한 상용 수신기를 사용하여 데이터를 이용할 수 있기 때문에 이 전략은 다른 방법보다 훨씬 더 많은 범위의 자료를 제공할 수 있을 것이다. ADS-B에서 사용 가능한 데이터양은 매우 많다. 예를 들어, 2019년 7월 1일 현재 ADS-B 데이터 링크 장치가 장착된 약 91,000 대의 항공기가 있으며 그 중 약 65,000 대가 일반 항공 항공기이다.

WTIC(Federal Aviation Administration)의 WTIC(Weather Technology in the Cockpit) 프로그램이 후원하는 이 연구 개발 활동의 목적은 일상적인 ADS-B 보고서를 사용하여 작동 가능한 유용한 난류 감지 알고리즘이 실현 가능 여부를 결정하는 것이다. 여기에서의 핵심은 "운영에 유용하다"는 것이다. 경험적으로 제한된 사례 연구에 대해 알고리즘의 기능을 보여주는 것은 간단한 문제이지만, 수용 가능한 탐지 및 잘못된 경보 품질을 가지고 있음을 나타내는 것은 훨씬 더 어렵다. 또한, ADS-B 난기류 정보는 항공기와 무관한, 즉 "기류 상태" 난류 강도의 척도 인 것이 바람직하다. 보다 정확한 위치/시간 정보와 함께 ADS-B 장착 항공기에서 제공할 수 있는 많은 보고로 인해 기존 난류 PIREP을 항공기 종속 보고서로 보완하면 실질적인 운영상의 이점을 얻을 수 있다. 그럼에도 불구하고 ADS-B 보고서에서 항공기 독립적인 난기류측정을 제공하면 더 많은 이점을 얻을 수 있다. ADS-B 보고서, 특히 고도 및 수직 속도는 난류에 대한 항공기 반응에 대한 정보를 제공하므로 항공기에 따라 자료의 양이 달라진다. 따라서 측정된 응답을 생성한 난류 강도를 추정하기 위해 거꾸로 작업하는 것이 좋다. ADS-B 데이터의 다른 문제는 상대적으로 낮은 업데이트 속도(초당 한 번 정도) 및 수직 속도 매개 변수의 양자화 (64ft/min)와 관련이 있다. 또 다른 측면은 이 지수가 측정되지 않은 상태에서 계산된다는 것이다. 따라서 데이터를 오염시키는 신호 처리 아티팩트(예: 필터링)가 있다.

이 연구는 ADS-B 다운 링크에서 운영 난류 함수를 도출 할 때의 이러한 난제와 타당성 연구의 격려 결과에 대해 논의한다.

(3) 난류예측 검증을 위한 GOES 수증기영상에서 식별된 중력과 영역의 유용성
발표자: Tanya R. Peevey, NOAA/ESRL/GSD and CSU/CIRA, Boulder, CO

새로운 GOES(Gostationary Operational Environmental Satellites)의 고해상도 수증기 이미지에서 중력과 패킷을 탐지하고 난류와의 잠재적인 연결은 조종사의 판단에 의존하지 않는 난류 관측 가능성을 제시한다(예: 난류). 수증기 이미지의 파동을 난류 관측과 연관시키면 공간과 시간 모두에서 강력한 새로운 데이터 세트를 얻을 수 있다. 파동은 수증기 이미지에서 쉽게 볼 수 있으며 이미지 처리는 이러한 영역의 식별을 자동화 할 수 있다. 이 발표에서는 PIREP 및 EDR 난류 관측을 보완하기 위해 이러한 데이터의 유용성을 살펴보았다. 위성관측 데이터는 식별된 중력파를 포함하는 CIMSS (Cooperative Institute for Meteorological Satellite Research)에서 수집되었다. 결과는 중력과 식별 알고리즘의 성능을 정량화하고 난류 예측 검증에서 이 데이터 세트와 기술의 유용성이 논의되었다.

(4) 현장 비행 데이터에서 1Hz 바람 관측을 사용한 Estimated Eddy Dissipation Rate (EDR)의 기후학

발표자: Jung-Hoon Kim, Seoul National University, Seoul, Korea, Republic of (South)

항공기 난류는 대기에서 예기치 않은 난기류로 인한 순항 항공기의 충격으로 정의된다. 비행 중 부상, 구조적 손상 및 비행 지연을 유발하는 경우가 많다. 난류 강도를 객관적으로 보고하기 위해 국제 민간 항공기구(ICAO), 세계기상기구(WMO)는 항공기 난류를 보고하기 위한 표준으로 EDR(Energy Dissipation Rate)의 원리를 사용했다. 이 연구의 목적은 보관된 현장 비행 데이터로부터 1Hz의 바람 관측 샘플링 속도를 사용하여 EDR의 기후학을 구성하는 것이다.

이 데이터에는 2012년에 대한민국 국영항공사의 3가지 항공기(B737-800, B777-200 및 B777-300)가 포함된다. FFT(고속 푸리에 변환)를 품질 제어 1Hz에 적용한 후 바람 데이터, 1분 시간 세그먼트에 걸쳐 총 622,225개의 개별 스펙트럼이 u, v 및 w 바람 구성 요소에 대해 개별적으로 획득된다. 여기서, 바람 성분은 실제 풍속, 롤 및 피치 각도, 공격 각도 및 관성 수직 속도와 같은 항공 매개 변수의 1Hz 데이터를 사용하여 도출된다. 마

지막으로, EDR의 두 가지 다른 추정치는 Kolmogorov 척도 ($k^{-5/3}$) 기울기 또는 관성 하위 범위 내의 개별 스펙트럼에 대해 규정된 폰 카르만 스펙트럼 모델을 적용하여 계산한다. 결국 다양한 EDR 추정치(세 항공기 유형의 u, v 및 w 바람 구성 요소에 대한 두 가지 방법)의 기후학이 구성되며, 이는 로그 정규 분포를 잘 따른다. 다른 EDR 추정치로부터 로그 스케일 EDR의 평균 및 표준 편차는 현장 비행 데이터의 더 높은 샘플링 속도 (10-Hz)를 사용한 이전 연구(Sharman and Pearson 2017)의 결과와 비교할 수 있다. 이는 ADS-B(Automatic Dependence Surveillance - Broadcast)와 같이 비교적 낮은 샘플링 속도(1Hz)의 비행 데이터를 사용하여 추정된 EDR이 난류보고에도 유용하다는 것을 의미한다.

(5) 1km격자에서 NWP 모델을 사용한 UTLS 난류 예측: PBL 확산의 ‘예기치 않은’ 실제 결과

발표자: Domingo Munoz-Esparza, NCAR, Boulder, CO

기상연구 및 예측(WRF) 모델을 기반으로 한 HRRR(High-Resolution Rapid Refresh) 모델의 예와 같이 미국 전역의 NWP는 $\Delta h = 3\text{km}$ 의 수평 그리드 간격에서 사용할 수 있다. 그 그리드 간격을 넘어서도, $\Delta h = 1\text{ km}$ 에서 실행되는 HRRR의 프로토타입은 지역 규모의 도메인에 대한 현장 실험을 위해 행사되고 있으며, 계산 능력이 증가함에 따라 정밀한 중규모 예측이 비교적 빨리 표준화 될 것으로 예상된다. $\Delta h = 1\text{ km}$ 에서 실행되는 NWP 모델은 상부 대류권의 하층 지역(UTLS)의 순항 고도에서 상업용 항공과 관련된 난류 불안정성을 명시적으로 해결할 수 있고, 항공 커뮤니티의 난류 예측을 향상시킨다는 이점을 제공한다.

그러나 애매한 지역의 매개 변수화와 관련된 모델링 측면과 Δh 가 1km 접근할 때 주의 깊게 이해해야 하는 3차원 에디의 해결이 필요하다. 연구자들은 2017년 4월 30일 사우스다코타 북서부에서 발생한 청천난류(CAT) 사건을 조사하여 이러한 측면을 설명한다. 이 보고서에서는 많은 파일럿 보고서와 현장 내 와류 소실률 측정에 상당한 강도의 난류가 보고되었다. 전례 없는 미세 격자 간격 ($\Delta h = 250\text{m}$, $\Delta v = 100\text{m}$)에서 전체 물리 WRF 중

첩 대형 소용돌이 시뮬레이션(LES)은 난류를 분석하여 1km 예측에 대한 UTLS 난류 모델링의 영향과 운동 에너지 스펙트럼 및 속도 변동의 확률 분포와 같은 관련 수량을 체계적으로 조사하기 위해 수행되었다. 연구자는 행성 경계층(PBL) 매개 변수의 선택이 모델링 된 중력과 난류 특성의 존재, 구조 및 강도에 강한 영향을 미친다는 것을 입증한다. 자유 대류권에서 PBL 매개 변수화로 인해 발생하는 모델의 수직 확산을 제거하는 다른 접근 방식이 구현되어 여러 PBL 매개 변수화에서 난류를 보다 일관되게 묘사할 수 있다. 마지막으로, LES 결과는 이러한 복잡한 현상에 대한 통찰력을 얻는 데 사용되는데, 이는 대류적으로 유도 된 난류와 가장 깊고 강렬한 대류에서 수백 킬로미터 떨어져있는 대규모 강제력과 관련된 다른 유형의 CAT 불안정성을 결합한다.

(6) 대한민국 서울에서의 얇은 대류에 의한 대류유도난류(CIT) 분석
발표자: Jung-Hoon Kim, Seoul National University, Seoul, Korea, Republic of.

대류 시스템 근처의 항공기에 직접 영향을 미치는 긴급은 대류 유도 난류(CIT)로 간주 된다. 조종사가 온보드 레이더 에코를 보고 가능한 CIT 영역을 전술적으로 피할 수는 있지만 구름 내에 더 위험한 CIT가 있는 영역을 알아야 한다. 2018년 10월 28일, 서울 근처의 얇은 대류 밴드 내의 $z=2.2$ km에서 수직 가속도(g)가 $+0.6g$ 에서 $+1.6g$ 사이로 급격히 변하는 중대형(MOG) CIT가 항공기 이륙 직후 발생했다.(37.59°N , 126.63°E) 비행 데이터의 1-Hz 샘플링 속도 및 지상 기반 레이더 데이터의 5분 주파수를 사용하여 이 MOG CIT를 담당하는 환경 조건을 분석해 보았다.

비행 데이터를 사용하여 매 1분 간격마다 바람 스펙트럼에서 Kolmogorov 스케일 ($k^{-5/3}$)의 최적 적용법을 찾아서 Eddy Dissipation Rate (EDR; $\text{m}^{2/3}\text{s}^{-1}$)의 제공근을 추정했다. 이 CIT는 사건 시간 (0542 UTC)에서 MOG 강도에 해당하는 약 $0.4\text{m}^{2/3}\text{s}^{-1}$ 의 EDR을 나타낸다. 레이더 데이터에서, 반사율(dBZ)은 얇은 대류 밴드가 표면 근처에서 더 높은 dBZ를 가지며 상단이 지상에서 약 4km 떨어져 있음을 확인했다. 도플러 레이더에 의해 관찰된 스펙트럼 폭(SW: ms^{-1})은 주어진 스캐닝 부피에서 풍속의 산란 정도를 나

타내며, 대기 난류의 크기를 유추한다. 이 경우, SW는 얇은 대류의 상부에서 가장 높은 값 ($\sim 4\text{ms}^{-1}$)을 보였으며, 이는 현상 발생 위치와 일치한다.

[세션6] John T. Madura 포럼: R2O 및 O2R 경로를 통한 범위 운영을
지원하기 위한 기상 기술 개발

의장: Jason Knievel, NCAR, RAL, Boulder, CO

공동의장: Stephen Mackey, DOT, Volpe Center, Cambridge, MA

이 세션은 John T. Madura가 항공우주작전 운영의 안전성과 효율성을 개선하기 위해 항공 기상학에 혁명을 일으킨 것에 대한 공로를 기리기 위한 세션이다. 이 세션에는 항공 기상학의 역사, 항로 운영에 사용되는 최신 기술, 향후 수십 년 동안 공역 운영의 효율성 및 안전성을 향상시키는 데 적용할 수 있는 격차 또는 기존 요구 및 연구 개발 노력을 설명하는 주제가 포함된다.

(1) 항공 우주 기상학의 역사와 미래 과제

발표자: Ryan K. Decker, MSFC, Huntsville, AL

항공 우주 기상학은 우주선뿐만 아니라 항공 우주 발사 차량의 설계, 개발 및 운영에 대기 과학을 적용하는 것이다. 지난 25년 동안 항공 우주 기상 분야는 지상 및 우주 환경과 데이터 가용성 빈도에 대한 개선된 현장 및 원격 감지 기술에서 발전을 거듭해 왔다. 또한, 신호 처리 알고리즘 개발 및 필터링 기술은 높은 공간 및 시간 해상도 대류권 바람 측정의 정확도가 개선되었으며 대류권에서 느리고 빠르게 변화하는 바람 특징 사이의 스펙트럼 경계 결정이 가능하다. 항공 우주 발사 산업의 지속적인 성장으로 인해 지상, 우주 및 행성 날씨 분야에서 추가적인 과제가 발생했다. 항공 우주 기상 커뮤니티가 앞으로 해결해야 할 이러한 과제에 대해 논의가 필요하다.

(2) 승무원 우주 차량의 상승 중단 육상 트랙 해상 조건을 분석하기 위한
통합 접근 방식

발표자: Robert E. Barbre Jr., Jacobs Space Exploration Group, Huntsville,

이 논문은 기후 변수와 차량 능력의 평가를 통해 우주 차량에 대한 DOL (day-of-launch) 해상 상태 평가를 지원하는 방법론을 제공한다. KSC(Kennedy Space Center)에서 발사되는 승무원 차량은 수중 중단 기능을 갖춘 차량이 안전하게 바다에 착륙할 수 있고 승차 중단을 따라 중단이 발생하는 경우 복구 담당자가 적시에 승무원에게 도달하고 추출할 수 있어야 한다. 따라서 프로그램은 파고 및 풍속과 같은 해상 조건을 차량 및 복구 기능 모두에 제한한다. Marshall Space Flight Center 자연환경 지점(EV44)은 미션 계획뿐만 아니라 잠재적인 비행 규칙 개발을 위해 지면 트랙을 따라 지정된 제약 조건을 위반할 가능성을 결정한다. 그러나 중단 가능성에 관계없이 지리적 영역만 평가할 때 차이가 발생한다. 이러한 격차에는 전체 육상 트랙의 모든 기준을 충족하기 위한 암시적 요구 사항으로 인한 과도한 보수주의를 완화하고 EV44 분석 기술을 비행 규칙 개발에 효과적으로 적용해야 할 필요성이 포함된다. 이러한 격차를 해소하기 위해 EV44는 최근 KSC 및 Johnson Space Center와 협력하여 해상 기후와 지상 궤도를 따라 특정 지역에 차량이 착륙할 확률을 결합한 방법론을 개발했다.

이 방법론은 기후학의 각 타임 스탬프에서 제약 조건을 위반하는 지면 트랙의 백분율을 생성하며, 차량이 중단될 가능성이 높은 영역에 적절한 가중치를 부여한다. 이러한 결과와 지정된 제약 조건을 위반하는 조건이 포함된 지면 트랙의 백분율에 대한 프로그램의 허용 임계값을 결합하면 분석 결과를 DOL 비행 규칙으로 변환할 가능성이 있다. 이 백서에서는 방법론을 설명하고 중간 유럽 기상 예보 재분석을 위한 임시 유럽 센터의 가상 차량 기능 입력 및 해상 출력을 사용하는 몇 가지 예를 제공하였다.

(3) 항공 안전을 위한 대기 이온화 방사선(NAIRAS) 모델의 캐스트: 물리 업데이트 및 운영 개선

발표자: Christopher J. Mertens, NASA, Hampton, VA; and G. Gronoff

NASA의 Nowcast of Atmospheric Ionizing Radiation for Aviation Safet

y(NAIRAS) 모델은 우주의 방사선 노출을 은하계와 태양계의 항공 여행자에게 노출시키는 것을 예측하기 위한 실시간의 물리 기반의 실시간 모델이다. NAIRAS 모델의 표 및 그래픽 데이터의 프로토타입은 공개된 웹사이트를 통해 제공된다. NAIRAS의 방사선 수송 절차는 pion 시작 전자기 캐스케이드 공정을 포함하도록 개선되었다. 또한, 은하 우주 광선 1차 양성자 플럭스에 대한 보정은 반물질 탐사 및 광핵 천체 물리학 (PAMELA) 실험을 위한 위성을 이용한 페이로드(Payload)로부터의 측정에 기초하여 도출되었다. 이러한 개선은 기존 항공기 방사 측정과 비교하여 정량화된다. 또한, NASA Goddard Space Flight Center의 Community Coordinated Modeling Center(CCMC)에서 NAIRAS를 운영으로 전환하여 상업용 우주 비행 임무 중 낮은 지구 궤도(LEO)와 국제 우주 정거장(ISS)으로 이동하는 동안 단일 이벤트 전복(SEE) 및 총 이온화 선량(TID)의 평가 및 예측을 지원한다.

(4) 연속 원격 감지 관측으로 인한 항공 및 항로 운영 시 기상 위험에 대한 경향 분석 기법 개발

발표자: Kimberly A Reed, Radiometrics Corporation, Boulder, CO

항공 및 우주 사업은 10억 달러 규모의 산업으로 중요한 경제 원동력이다. 이러한 운영에 영향을 줄 수 있는 중요한 기상 상황을 이해하고 정확하게 예측할 수 있으면 수익 증대부터 인명 구조에 이르기까지 다양한 결과를 얻을 수 있다. 따라서 위험 회피 및 지연을 개선하기 위해서는 의사 결정자 신뢰를 높이기 위한 도구의 개발이 필요하다. 이 연구에서는 플로리다주 케이프커내버럴에 있는 NASA의 케네디 우주 센터 근처의 케이프커내버럴 공군 기지에서 수집한 지속적인 실시간 원격 감지 열역학적 측정에서 파생된 경향 분석 기법을 개발한다. 이 기술은 원격 감지 대기 역학과 현장 지상 검증 측정 간의 관계를 활용하여 대류 개시 및 낙뢰 위험 가능성에 적합한 현재의 단기 예측 도구를 제공한다.

[세션7] 항공에 영향을 미치는 변환 모델에 대한 연구

의장: Mark Worris, MIT Lincoln Laboratory, Air Traffic Control Systems,

Lexington, MA

공동의장: Steve Abelman, American Airlines, Ft. Worth, TX

항공 기상학에 대한 효과적인 기상 영향 관리는 의사 결정자가 날씨에 대한 정보가 아니라 날씨가 주요 운영 자원 또는 목표에 어떻게 영향을 미치거나 영향을 줄 수 있는지에 따라 종종 달성된다. 항공기상학을 위한 효과적인 기상 영향 관리는 의사결정자가 기상정보 그 자체가 아니라 기상이 운영자원이나 목표에 영향을 줄 수 있는지를 파악하는 것에 따라 달성된다. 이는 효과적인 항공 영향 모델링을 통해 가장 잘 이루어지며, 기상 상황을 운영상 의미있는 정보 및 지침으로 변환한다. 이 세션에서는 다양한 기상 현상(예 : 대류, 낮은 가시거리, 겨울 날씨, 난류, 강풍)을 위해 개발된 항공 날씨 영향 변환 모델의 지속적인 발전과 적용에 중점을 둔 주제가 포함된다.

(1) 기상 정보를 항공 교통 관리 의사 결정 지원 도구에 통합하는 것에 대한 역사적 관점

발표자: James E. Evans, MIT Lincoln Laboratory, Lexington, MA

약천후에서 혼잡한 공역 및 공항에 대한 항공 교통 관리(ATM) 의사 결정을 개선하는 것은 수년간 주요 FAA 및 운영자 목표로 확인되었다. 이 의사 결정의 중요한 요소는 날씨로 인한 현재 및 예상 용량 영향을 이해하는 것이다. 역사적으로, 이는 숙련된 ATC 직원이 이용 가능한 날씨 정보(예: 지표 관측, 기상 레이더 생산물) 및 예측을 현재 및 예상 용량 영향의 평가로 주관적으로 번역함으로써 달성되었다.

2007년 FAA의 RAC(Research, Engineering and Development Advisory Committee)는 FA-A와의 통합에 관한 보고서를 발표하여 FAA가 ATM/기상의 선구적인 연구 프로그램을 시작하여 FAA의 고위 임원 및 NASA의 참여와의 통합을 제안했다.(FAA REDAC 2007)

REDAC 보고서 이후, ATM 측정 지원 시스템에 통합 될 수 있는 기상 측

정 및 예측을 양적 공역 및 공항 용량 영향 예측으로 객관적이고 정량적으로 변환하는 것에 대한 상당한 연구와 운영 경험이 있었다. 조종사는 항공기에 악영향을 미칠 수 있는 날씨를 피하는 데 주된 책임이 있기 때문에 변환의 필수 요소는 뇌우 및 난기류와 같은 기상 현상에 직면할 가능성이 있는 조종사 행동을 정량적으로 이해해야 한다. 일기 예보 불확실성을 다루는 것은 종종 의사 결정을 개선하는 중요한 측면이었다.

이 연구에서는 지난 20년 동안 운영 테스트를 거친 기능에 중점을 둔 통합 weather-ATM 의사 결정 지원 도구를 사용한 경험을 검토했다. 이 대화는 ATM- 날씨 통합을 통한 의사 결정 개선을 위한 유망한 영역과 그러한 도구를 성공적으로 사용하여 얻은 교훈에 대한 토론을 실시하였다.

<그림 1>은 현대 대류 Weather-ATM 결정 도구인 Traffic Flow Impact (TFI) 결정 도구의 주요 요소를 보여준다. [Matthews, et. al., 2016]은 현재 항공 우주 지역을 통한 흐름 감소에 대한 의사 결정을 개선하기 위해 FACS ATC 시스템 명령 센터(ATCSCC)에서 사용되고 있다. 대류 폭풍 강우 및 에코 상판의 예측은 경험적으로 결정된 대류 기상 회피 모델(CWAM)과 결합되어 기상 노선이 통행 노선을 통해 수용될 수 있는 교통량을 줄일 수 있는 흐름 제한 구역(FCA) 정도를 예측한다. 머신 러닝 알고리즘은 여러 가지 대류 예측(예: CIWS, HRRR, SREF, LAMP)을 사용해 예측의 불확실성을 포함하여 확률 감소 0-12시간의 흐름 감소 예측을 제공한다. 그런 다음 FAA 플래너는 이러한 흐름 예측을 사용하여 FCA를 통해 제출된 항공편에 대한 지상 지연을 할당한다. <표 1>은 지난 20년 동안 운영적으로 사용된 통합 ATM 날씨 결정 지원 도구이다.

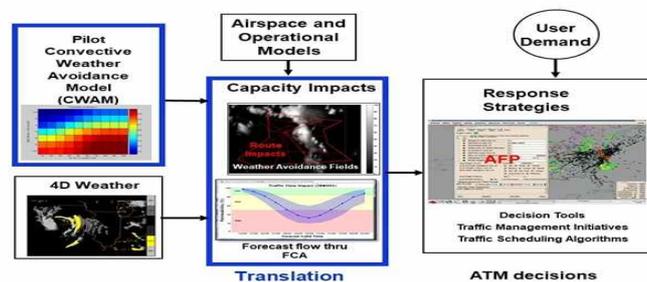


Figure 1 Example of a contemporary convective weather integrated ATM weather decision support tool being evaluated for operational effectiveness at the FAA ATCSCC. Traffic Flow Impact (TFI).

< 그림 1 >

이 연구에서는 여러 도구(예: RAPT [Robinson, et al., 2009], TBFM 및 GPSM [Shisler, et al., 2013])를 사용하여 운영 성공이 얼마나 중요한지 논의하였다. 하지만 다음과 같은 요인으로 인해 지속적인 운영 성공을 달성하는 것이 예상보다 어렵다고 밝혔다.

- ① 일단 시스템이 운영되고 나면 (특히 퇴직으로 인해 경험이 많은 운영 의사 결정권자가 크게 상실된 경우) 적절한 사용자 교육을 달성하기 어려움
- ② 일기 예보 불확실성
- ③ 다른 위치에서 항공 교통 관리 전략의 차이에 대처
- ④ 머신 인텔리전스 알고리즘을 지속적으로 재교육해야 한다. 기상 패턴, 센서, 현장 별 ATM 요소 및 수치 날씨 예측 모델 변경

Table 1 Examples of integrated weather-ATM decision support tools used operationally in the past 20 years

Decision Support Tool	Decisions Supported	Weather Forecasts Used	Uses CWA M	Output	Explicit Risk Management Support	Locations
RAPT	Availability of departure routes in convective weather	CIWS	Yes	Route status (red, yellow, green) as function of time	No	NY, ORD, PHL, DCA
IDRP	Rerouting of departures with blocked routes	Uses RAPT	Yes	Alternative routes	No	NY
DWR	Departure rerouting in convective weather	CIWS	Yes	Recommended shorter storm avoidance routes	No	DFW
TFI	Enroute flow through Flow Constrained Area (FCA)	CIWS, HRRR, SREF, LAMP	Yes	Probabilistic forecasts of FCA capacity	No	Principal ly east, south and midwest
GPSM	Rates for SFO GDPs for marine stratus low ceiling/visibility events	MSFS	No	GDP rates as function of time	Yes	SFO
Time Based Flow Management (TMA)	Arrival sequencing to runways of an airport	RUC	No	Effective arrival rate forecast for each runway considering winds and aircraft size mix	No	over 40 US airports
WTMD	Departure time spacing required to avoid wake vortex upsets	RUC	No	Guidance for time between successive departures from a runway	No	SFO

CIWS- Corridor Integrated Weather System; DWR-Dynamic Weather Routes; GPSM – Ground Delay Program Parameters Selection Model; HRRR- High-Resolution Rapid Refresh; IDRP-Integrated Departure Route Planning; LAMP-Localized Aviation MOS Program; MSFS-Marine Stratus Forecast System; RAPT –Route Availability Planning Tool; RUC- Rapid Update Cycle; SREF-Short Range Ensemble Forecast; TFI - Traffic Flow Impact; WTMD-Wake Turbulence Mitigation for Departures

(2) TAF와 관련된 항공사 운영 성능

발표자: Benjamin D Dillahun, Southwest Airlines Co., Dallas, TX; and
J. C. Cohen

TAF(Terminal Aerodrome Forecasts)는 상업용 항공사 항공편의 전술 계획에 법적 역할을 하며, 항공사 운영 전략 계획에 있어 중요한 역할을 한다. 과거 사건의 데이터를 분석하고 관련 TAF를 조사함으로써 TAF가 운영 계획과 운영 성능에 미치는 영향을 정량화 할 수 있다. 이 연구는 항공 운항에서 TAF의 중요성을 보여주기 위해, TAF로 과거 사우스 웨스트 항공 운영 성과 데이터를 분석하였다. 특정 정확하거나 부정확한 예측을 단일화하지 않고 TAF가 상거래 및 고객 서비스에 미치는 영향을 보여주는 것을 목표로 하였다. 이 연구는 두 가지 사례로 나누어 조사하였는데, 하나는 미국의 핵심 30공항 중 하나에서 대류 이벤트를 고려하고 다른 하나는 공항을 착륙 제한에서 벗어나게 하는 바람 이벤트를 분석하였다. TAF가 잘 검증된 경우와 그렇지 않은 경우에 대해 운영 성능 수치를 비교하였다. 예측 논의 및 레이다 이미지와 같은 보충 정보가 각 사례의 분석에 사용되었다. 따라서 이 연구에서는 TAF의 한계가 다루어지고 항공 예측에 제시된 단계성의 가치를 보여준다.

(3) 국가 항공 우주 시스템에 대한 영향 기반 의사 결정 지원 서비스: 교통 흐름 관리에 영향을 주는 두 가지 뇌우 사건에 대한 사례 연구

발표자: David Bieger, NWS, Warrenton, VA

항공산업에 대한 연간 손실은 총 약 200억 달러이며, 그 손실의 거의 3분의 2는 날씨로 인한 것으로 추정된다. 뇌우, 낮은 운고, 낮은 가시거리 및 지표의 낮은 바람은 NASS (National Airspace System)에서 손실의 가장 큰 원인이다.

항공 기상 센터(AWC)의 NAM(National Aviation Meteorologists)은 버지니아 주 워런턴에있는 FAA 항공 교통 관제 시스템 명령 센터 (ATCSCC)

에서 영향 기반 의사 결정 지원 서비스(IDSS)를 제공한다. 그들의 임무는 NAS에 적시에 적절하고 정확하며 일관된 환경 정보를 제공하는 것이다.

NAM은 뇌우, 겨울철 폭풍 및 열대성 시스템을 포함한 모든 단계의 비행 및 모든 위험한 항공 날씨를 통해 FAA 플래너 및 의사 결정자를 지원함으로써 NAS(National Airspace System)를 통해 안전하고 효율적인 항공기 이동을 보장한다. 또한, NAM은 손실을 줄이기 위해 정부, 산업 및 일반 항공 이해 관계자와의 공동 의사 결정에 참여한다.

이 발표는 2018년 7월에 발생한 두 차례의 강력한 뇌우 현상 동안 NAM이 제공한 IDSS에 대해 설명하였다. 첫 번째 뇌우는 7월 3일에 Newark 국제공항의 운영에 심각한 영향을 미쳤다. 두 번째 사건은 7월 6일 미국 동부와 남부의 전면 경계를 따라 흩어져있는 뇌우의 여러 지역에서 발생하는 중요한 경로별 영향을 나타내며, 고도가 높은 항공기 노선에 영향을 미쳤다.

이 발표에서는 NAS에서 항공 교통 관리의 효율성을 높이기 위해 ATCSCC에서 발생하는 광범위한 의사 결정 지원 및 협업 방법과 해당 프로세스에 사용되는 결정적이고 확률적인 도구의 유형을 보여주었다.

[세션 8] 항공기 착빙 예측과 착빙 완화를 위한 방법/도구의 발전과 분석

의장: Stephanie DiVito, FAA, Aviation Research Division, Atlantic City International Airport, NJ

공동의장: Darcy Jacobson, NCAR, Boulder, CO

과냉각된 물방울과 고농도의 작은 얼음 결정은 각각 일반 항공 및 상업용 항공에 중요한 위험 요소이다. 이 세션에는 항공기 또는 엔진 결빙으로 이어지는 환경 조건의 분석 및 예측 개선과 관련된 연구 개발이 포함된다. 또한, 계측, 분석 기술, 구름 미세 물리 매개 변수화 및 / 또는 데이터 동화법과 관련된 연구가 포함되어 터미널 결빙, 기내 결빙 및 높은 빙정 함량을 포함한 결빙 위험의 분석 및 예측 방법을 개선할 수 있다. 항공기 착빙 조건(예를 들어, ICICLE, HAIC, HIWC)의 수치모델을 개선하기 위한 최근의

현장 프로그램 및 관련 분석을 설명하는 연구가 소개된다.

(1) 항공용 NEXRAD 이중 편광 위험 탐지 생산물

발표자: David J. Smalley, MIT Lincoln Laboratory, Lexington, MA

미국 연방 항공국(FAA)은 착빙 및 우박을 위한 NEXRAD 이중 편광 기반 위험 탐지 알고리즘의 개발 및 운영 구축을 후원했다. MIT Lincoln Laboratory(MIT LL)는 IHL(Icing Hazard Levels) 및 HHL(Hail Hazard Layers) 알고리즘 생산물의 차세대 버전을 계속 개발하고 있다. 수년에 걸친 개발에는 대학, 국가 및 국제 실험실 파트너십이 포함되었다. 운영 배포는 트라이에이전시 NEXRAD ROC (Radar Operations Center)와 함께 이루어진다.

IHL 및 HHL은 각각 착빙 및 우박 위험을 평가하는 레이더별 부피 측정 생산물이다. 둘 다 극좌표 좌표계에서 위험의 고도 경계를 특징으로 한다. HHL에는 심각도 및 신뢰 정보가 추가로 포함된다. IHL의 추가 개발은 캐나다 국립 연구위원회와 환경 및 기후 변화 캐나다와 함께 운영되는 현장 캠페인(BAIRS I 2013; BAIRS II 2017)에서 MIT LL의 2개의 버팔로 지역 착빙 및 레이더 연구의 분석을 통해 혜택을 얻고 있다. BAIRS II 착빙 검증에 대해 평가된 graupel 분류 기반의 운영 IHL 성능은 뛰어난 기능을 보여주고 있다. IHL 기능은 BAIRS II 동안 검사된 결빙 위험과 관련된 수정 샌드위치와 같은 레이더 특징의 해석을 통해 graupel 분류가 없는 조건에서 추가로 보장된다. 더 나은 겨울 날씨 NEXRAD 모니터링을 지원하기 위해 중서부의 MIT LL, ROC 및 일부 National Weather Service 일기 예보 사무소는 2019년 겨울 FAA의 ICICLE 필드 캠페인 동안 수정된 VCP (볼륨 범위 패턴) 스캔 전략을 평가했으며, 향후 IHL과 HHL의 개발 전략에 대해 논의되었다.

이 이중 편광 생산물은 차세대 항공 기상 시스템 및 NAS(National Airspace System)의 의사 결정 지원 도구에 내장되어야 하며 위험 탐지 및 경보를 위한 다중 플랫폼 접근 방식과 통합되어야 한다. IHL 생산물은 일반 항공에 대한 착빙 영향, 상업용 항공의 위치 유지, 레이더 기반의 빠르게

업데이트되는 가상 착빙 조종사보고(PIREP)의 모자이크로도 유용하다. HHL은 특히 도중 고도에서 잠재적인 우박 위험을 식별하는 데 유용하며, 초기 대류의 심각성에 대한 구별을 제공할 수 있다.

(2) 결빙 조건 검출에서 스펙트럼 빈 분류를 향상시키기 위한 Polarimetric Radar 데이터에서 Drop Size Distribution 검색

발표자: Nathan T. Lis, CIMMS/Univ. of Oklahoma and NOAA/NSSL,
Norman, OK

터미널 구역(TAS)의 비행 및 비행에 대한 새로운 Appendix O의 제한 사항은 어는 비, 어는 이슬비 및 기타 형태의 겨울 강수를 구별할 것을 권고한다. 결과적으로, 각 TAS 내의 전체 공간에 대한 신뢰성 있는 낙하 크기 분포(DSD) 추정치가 필요하다. 이 연구에서, 편광 레이더 데이터로부터 DSD를 추출하기 위한 다른 방법들이 평가되었고 현재 Multi-Radar/Multi-Sensor(MRMS)시스템 내에서 구현되고 있는 SBC(Spectral Bin Classification) 알고리즘 내에서 수문기상 위상 표출을 개선하였다. 서로 다른 DSD 추출 방법의 감도 테스트는 간단한 반사율 기반의 Marshall-Palmer 유형 분포를 사용하여 가까운 미래에 이 기술을 실시간으로 구현할 수 있어 신뢰할 수 있는 결과를 얻을 수 있음을 나타낸다. 이러한 수정은 현재 MRMS 프레임 워크 내에서 테스트 되고 있다. 코드의 원래 버전과 비교하여 소수성상 분포의 보다 현실적인 미세한 세부 사항이 얻어지고, 액체-물 비율보다 정제된 분석도 마찬가지로이다. 이러한 변화는 각 TAS에 대해 DSD에 걸쳐 수증 기상을 시각화하는 새로운 방법과 함께 NWS 내에서 운영 구현을 위한 타임 라인을 제시한다.

(3) RadIA (Dual-polarization Radar Icing Algorithm): 군사 시험 범위에서 연구 비행 및 적용을 통한 검증

발표자: David J. Serke, NCAR, Boulder, CO

2017년 겨울에 아이다호 주 페이엣 산맥에서 '인공 및 자연 지형 겨울철 구름: 아이다호 실험'(SNOWIE) 현장 실험이 진행되었다. 와이오밍 대

학교의 King Air 연구 항공기는 70시간의 비행시간 동안 24개의 대형 낙하, 소형 낙하 및 혼합 단계 기내 착빙 사례를 샘플링 한 전체 미세 물리 계측 장비를 탑재했다.

이 연구에서 프로토 타입 'Radar Icing Algorithm'(RadIA)은 연구 항공기의 현장 미세 물리학적 데이터와 비교되었다. RadIA는 작동 가능한 S-밴드 기상 레이더에서 편광된 모멘트 필드와 입력으로 기상 예측 모델 온도 프로파일을 수집했다. 동결 레벨의 높이는 모멘트 데이터에서 결정되며 모델 온도 프로파일을 조정하는 데 사용되었다. 비기상 목표와 체적의 비동결 높이에서의 레이더 반사가 제거된다. 퍼지 논리 멤버십 함수는 어느 이슬비, 작은 입자의 과냉각 액체 및 혼합 상 조건의 존재를 정의한다. 이 4가지 계산의 각각의 결과 관심 값은 규칙 기반 임계값을 통해 결합되어 RadIA가 다양한 형태의 비행 중 결빙이 있을 때 높은 관심, 중간 관심 또는 낮은 관심을 갖는 영역을 식별하였다. 2DS 프로브의 입자 이미지는 형상/위상 특성화 알고리즘을 통해 실행되었다. 형상/위상 데이터, 프로브 액체 수분 함량 및 상태 매개 변수는 비행시간 30초에 걸쳐 평균 되며 극좌표 RadIA 관심값에 시공간적으로 일치했다.

SNOWIE 분석에서, RadIA의 비행 중 결빙 조건을 탐지할 확률은 지형에 의해 차단되지 않을 때 1.00에서 약 0.85였다. 알려진 작은 입자 조건(N = 40)에 대한 작은 입자 중간값은 1.00으로, 최대 비율이었다. 큰 입자 조건(N = 176)에 대한 중간 낙하 비율은 0.74이었다. 혼합 상 조건(N = 293)에 대한 중간 혼합 상 비율은 0.64였다. 곡선 리시버 동작 특성값 아래의 면적은 균질한 큰 입자 낙하 조건의 경우 0.75, 균질한 소형 낙하 조건의 경우 0.73, 혼합 상 조건의 경우 0.84였다. 이 결과는 RadIA가 운항 상 착빙 조건을 감지할 때 우수한 성능을 보여준다는 것을 의미한다. RadIA의 착빙 분류와 비교하여 항로를 따라 별도의 지점에서 수문 기상과 관련된 추가 상관관계 통계가 제시되었다.

RadIA는 미대륙과 알래스카의 다양한 지리적 위치와 기후에 위치한 여러 군용 범위에서 작동하는 S-밴드 및 X-밴드 레이더에 대해 적용된다. RadI

A는 근거리 예측자와 근거리 결빙 정보를 제공하고 거리 임무를 지원하는데 도움을 줄 것이다. 이 범위에서 사용하기 위한 프로토 타입의 착빙 위험 프로파일 생산물이 제시될 것이다.

(4) 남반구 해역의 착빙 알고리즘 도출 및 항공 예보와 현장 착빙 관측 비교
발표자: Cory A. Wolff, NCAR, Broomfield, CO

2018년 국제 Southern Ocean Cloud, Radiation 및 Aerosol Transport Experimental Study(SOCRATES) 프로젝트는 NSF/NCAR Gulfstream V 리서치 항공기를 사용하여 호주와 남극의 먼, 원시 환경에서 대기 관측치를 수집했다. 이 프로젝트의 목표 중 하나는 구름 미세 물리 계측을 사용하여 이 지역의 결빙 환경을 특성화하는 것이다. 15개의 연구 비행 동안 과냉각 액체 수(SLW) 및 과냉각 큰 입자(SLD)를 포함하는 구름이 샘플링되었다. 이 관측치는 기체 착빙이 발생한 비행 구간을 식별하는데 사용된다. 이러한 세그먼트는 NCAR에서 개발한 FIP (Predict Icing Potential) 알고리즘의 결과와 호주 기상청(BoM)의 국립 운영 센터(NOC)의 공식 예측과 비교된다.

ACCESS (Australian Community Climate and Earth-System Simulator) 모델의 출력을 사용한 FIP 실행은 연구 비행 중에 유효한 다양한 예측 리드 타임에 대해 분석된다. 지역 ACCESS-R은 프로젝트 영역에서 사용할 수 있으며 약 12km의 수평 해상도를 갖는다. ACCESS와 FIP가 실행되는 일반적인 모델 간에 사용 가능한 필드의 차이에는 알고리즘의 일부 수정 및 조정이 필요했다. 횡단면과 비행 수준 도표는 연구 항공기의 착빙 관측치와 이 부분의 알고리즘 기술을 평가하기 위해 계산된 통계와 비교된다.

NOC는 임무의 일환으로 호주와 주변 지역에 대한 착빙 예보 및 SIGMET을 발행했다. 또한, SOCRATES 동안 비행 도메인에 대한 예측 및 권고를 발표하여 안전한 비행 운항을 위한 정보를 제공했다. 이러한 예측을 검증하기 위한 관측은 SOCRATES의 자료는 NOC가 발행한 생산물을 관측된 조건과 비교할 수 있는 독특한 기회를 제공한다.

(5) 차세대 착빙 관측 생산물 알고리즘을 향한 초기 단계

발표자: Daniel R. Adriaansen, NCAR, Boulder, CO

CIP(Current Icing Product)는 착빙 확률, 범주형 착빙 심각도 및 과냉각 대형 수적(SLD)의 가능성에 대한 시간별 3차원 진단을 제공한다. 이러한 진단은 정지 위성, 기상 레이더, METAR, PIREP 및 낙뢰 네트워크에서 관측값을 합성한 다음 이를 진단된 시간 관측값에 유효한 수치 기상 예측 모델(NWP)과 결합하여 생성된다. 현재 작동 중인 CIP는 진단을 생성하는 데 사용되는 WRF-RAP NWP 모델 예측 데이터와 동일한 13km의 수평 그리드 간격으로 이러한 출력을 제공한다. 최근 수평 그리드 간격이 3km 인 NWP 모델 예측 데이터가 작동 가능해졌다. 새로운 NWP 모델 데이터 세트 외에도 최근 새로운 정지 위성 데이터 세트가 GOES-R 시리즈에서 제공되고 있다. CIP 알고리즘은 이러한 새로운 데이터 세트의 사용을 수용하기 위해 몇 가지 변경이 필요하다.

새로운 데이터 세트를 CIP 알고리즘에 통합할 때 가장 어려운 점은 기본 NWP 모델 예측 수평 그리드 간격을 변경하는 것이다. 현재 CIP는 NWP 모델 예측에서 각 13km 그리드 셀에 13km 미만의 수평 그리드 간격으로 그리드 형 관측 데이터 세트를 매핑한다. HRRR NWP 모델 예측의 가로 그리드 간격은 3km이므로 관측 데이터 세트에서 각 CIP 그리드 셀에 단일 값을 할당하는 데 사용되는 방법을 수정하거나 완전히 변경해야 한다. 이러한 방법의 변경은 이 작업의 주요 초점이 될 것이다. 수정이 이루어지면 새로운 NWP 모델 데이터를 사용하기 위해 약간의 추가 조정이 필요하며 HRRR NWP 모델 데이터를 사용하는 CIP 알고리즘의 기본 버전이 존재한다.

이 기준 CIP 알고리즘의 성능을 설정하는 것은 향후 개발에 필수적이다. 수평 그리드 간격이 3km인 적응형 알고리즘과 수평 그리드 간격이 13km인 현재 작동 알고리즘이 2019년 2월 1개월 동안 실행된다. 착빙 가능성 진단은 PIREP 착빙 보고를 사용하여 평가된다. 결과는 예보 착빙 생산물(FIP) 알고리즘의 착빙 확률 예측에 대한 유사한 평가 결과 및 과냉각 액체

수의 NWP 모델 예측 결과와 비교된다. 이러한 결과는 차세대 CIP 알고리즘에 대한 추가 수정 및 조정을 비교하기 위한 벤치마크 역할을 한다.

(6) 연구용 항공기와 고해상도 모델의 현장 데이터를 사용한 1980년 사고의 구름 구조 평가

발표자: Frank McDonough, DRI, Reno, NV; and J. F. Mejia

1980년 3월 2일, Desert Research Institute의 B-26 연구 항공기가 과냉각 구름 물리 연구 임무 도중 네바다 시에라 산맥에 충돌했다. 조종사, 공동 조종사 및 두 명의 탑승 과학자가 사망했다. 사고의 공식적인 원인은 항공기 착빙으로 결정되었다.

연구 항공기 대기 센서 및 구름 물리 증명은 착빙 발생 및 최종 하강을 포함하여 비행 내내 데이터를 수집했다. 충돌하는 동안 비행 및 대기 측정을 기록하고 있는 자기 테이프를 박살내어 길이가 1인치에서 수 피트에 이르는 크기의 조각으로 파괴되어 현장에서 산허리에 흩어져있었다. B-26 비행 팀의 동료들은 여러 번 사고 현장을 방문하여 진흙 테이프 조각을 수집하고 탑승 과학자 중 한 사람의 비행 일지를 찾았다. 복구된 테이프 조각을 함께 모으고 비행 기록을 사용하여 결빙 발생 중 구름 구조와 항공기 동작의 스냅 샷을 재현했다. 회수한 자료 중 일부는 1.4 gm^{-3} 의 높은 구름 방울과 액체 수분 함량이 발생했음을 제시했다.

이 연구에서는 대규모 관측된 기상 조건, 최종 비행장을 포함한 항공기 비행 트랙, 복구된 비행 테이프의 항공기 및 구름 물리 관측 및 비행 메모를 검토한다. 그런 다음 1km의 WRF 모델을 사용하여 메조 스케일 기상 조건과 결과로 나타나는 마이크로 스케일 구름 구조를 시뮬레이션했다. 모델의 결과는 착빙 사고와 관련된 날씨를 추가로 분석하는 데 사용된다.

[공동세션 36] 항공기상위험에 대한 데이터동화, 검증 및 확률 예측기술 발전
의장: Stephanie Avey, AWC, Kansas City, MO
공동의장: Stanley B. Trier, NCAR, Boulder, CO

협력을 통해 항공에 관심 있는 기상 현상의 수치 날씨 예측모델(NWP)은 끊임없이 발전하고 있다. 데이터 동화 및 검증 기술이 개선되어 구름, 가시 거리, 난류, 착빙 및 대류 예측에 대한 지속적인 발전이 가능하다. 항공에 영향을 미치는 모든 위험을 예측하고 이러한 위험과 관련된 불확실성 및 항공에 미치는 영향을 전달하는 수단으로 확률론적 예측도 연구되고 있다. 이 세션에서는 이러한 영역에서의 최근 진행 및 성과에 대해 설명한다.

[공동세션 42] 최적화 된 항공 위험 탐지 및 예측을 위한 통계적 방법

주관: Stephanie Avey, NWS/NCEP/AWC, Kansas City, MO

의장: Ken Stone, NCAR, Research Applications Laboratory, Boulder, CO

공동의장: Alex P. Korner, NOAA/NWS/NCEP, Aviation Weather Center, Kansas City, MO

(1) 수치상 예측모델로부터 항공 위험 및 그 가능성을 진단하기 위한 통계적 방법: 과거, 현재, 미래

발표자: Judy E. Ghirardelli, NOAA/National Weather Service, Silver Spring, MD

항공 여행이 시작된 이후 날씨 관련 항공 위험이 존재했지만, 항공 날씨를 예측하여 이러한 위험을 진단하고 완화할 수 있는 능력은 크게 향상되었지만, 오늘날에도 여전히 문제가 있다. Numerical Weather Prediction(NWP) 모델의 발전은 일반적으로 초기 NWP 모델이 운고, 가시거리, 대류 및 뇌우와 같은 항공 위험의 직접적인 모델 출력을 제공하지 않았기 때문에 항공 예측의 발전을 앞질렀다. 보다 최근에, 모델러는 이러한 항공 위험의 NWP 출력을 제공하기 위한 알고리즘을 개발했으며, 이 새로운 유형의 모델 출력이 유용하지만 기술은 여전히 유동적이며 개선 기회는 여전히 존재한다.

수년 동안, 모델 해석 및 예측을 지원하기 위해 NWP 직접 모델 출력을 통계적으로 후처리하기 위해 다양한 방법이 사용되었다. NWS (National Weather Service) 기상개발연구소(MDL)는 50년 동안 NWP 직접 모델 출력을 통계적으로 후처리하여 NWP 출력에 부가가치를 제공하는 기술을 연구

했다. MDL의 MOS(Model Output Statistics) 생산물은 예보관을 돕기 위해 현명한 날씨의 안내를 생성하기 위해 NWP 출력을 통계적으로 해석하는데 도움을 주기 위해 개발되었으며, 항공 기상학에 도움이 되는 통계적 안내를 제공하는 데 중점을 둔 Localized Aviation MOS Program(LAMP)이 설계되었다. National Digital Forecast Database, Digital Aviation Services로의 전환, 공식 NWS Gridded Forecasts의 시작점을 제공하기 위한 National Blend of Models의 시작을 통한 NWS의 그리드형 예측 개발은 그리드형 항공 예측을 제공하기 위한 최신 NWS 이니셔티브다.

이 발표에서는 항공 위험을 진단하기 위한 통계적 방법의 역사와 NWP 모델로부터의 가능성에 대해 설명하였다. 통계적 후처리 방법에 대한 과학의 현재 상태에 대한 요약이 제공되고, 이를 해결하기 위한 현재의 과제와 계획이 논의되었다. 더 나은 항공 의사결정 지원을 위한 확률론적 예측에 대한 미래의 강조를 포함하여 항공 기상학에 대한 통계적 후처리의 미래에 대한 논의가 제공되었다.

(2) 알래스카에 대한 그리드 램프 천장 높이 및 가시성 가이드نس

발표자: Adam D. Schnapp, CIRA, Silver Spring, MD

LAMP (Localized Aviation MOS Program)는 2006년 이후 텍스트 게시판을 통해 알래스카에 대한 운고 및 가시거리(C&V) 예보 지침을 공개적으로 보급했지만, 연속 미국(CONUS)과 같은 격자 형태는 아니다. Gridded LAMP CONUS 지침은 공개적으로 전파되며 항공 기상 예보에 사용하기 위해 National Weather Service 예측 사무소에서 제공된다. Gridded LAMP는 또한, National Blend of Models에 통합되었다. 그리드 높이의 C&V 관측 및 예측은 전술적 의사 결정 및 전략 계획을 통해 항공 커뮤니티를 지원한다. 알래스카는 특히 항공에 의존하고 있으며 복잡한 지형을 가진 넓은 지역에 서비스를 제공하는 예측 인을 돕기 위해 숙련된 날씨지도가 필요하다.

기상 개발 연구소는 CONUS에 적용된 LAMP 그리드 기술을 알래스카로

전환하기 위해 노력하고 있다. 이 작업에는 LFS/HRRR Meld CONUS 기술을 채택하여 GFS-MOS(Global Forecast System based MOS), 최근 관측소 관측값 및 HRRR (High Resolution Rapid Refresh) 모델 예측 정보를 혼합하는 작업이 포함되었다. 이 작업은 스테이션 LAMP 천장 높이 기술과 가시성 안내 기능을 개선하는 동시에 그리드 형태로 안내함으로써 현재 서비스보다 가치를 높인다. 점 데이터의 그리드 분석 및 그리드 데이터를 전체 그리드 생산물에 포함시키는 데 많은 적응이 이루어졌다. 이러한 적응에는 HRRR 모델 데이터 대신 RAP (Rapid Refresh) 모델 데이터를 사용하고 관측소 또는 GFS-MOS와 같은 스테이션 지향 데이터에 대한 RAP 모델 정보에 대한 추가 강조가 스테이션이 없거나 거의 없는 지역에 포함되었다. 이 발표에서는 LAMP CONUS 천장 높이 및 가시성 기술을 알래스카로 전환할 때 적용한 내용을 중점적으로 설명한다.

* 이 자료는 NOAA/OAR 기상 및 대기질 부서 내의 JTTI (Joint Technology Transfer Initiative) 프로그램이 지원하는 작업을 기반으로 함

(3) 알래스카와 그 너머를 위한 LAMP 대류 및 구름 간 뇌전 예측 지침 개발
 발표자: Jerome Charba, NOAA/NWS, Silver Spring, MD

미국 기상청의 기상 개발 연구소는 알래스카 항공 및 산불 관리 서비스를 지원하기 위해 LAMP (Localized Aviation MOS Program) 대류 및 CG (Cloud-to-ground) 낙뢰 예측 지침을 개발 중이다. 항공은 알래스카에서 중요한 교통수단이며 알래스카에서는 미국의 다른 어떤 주보다 산림 화재가 10배나 더 많은 지역을 태우며, 화재 지역의 93%가 낙뢰로 인한 것이므로 이러한 예보지침이 필요하다. 알래스카에서는 LAMP의 대류 및 CG 예측 지침을 2014년 4월 이후부터 운영하고 있으며 2018년 1월에 마지막으로 업그레이드 된 conterminous US(CONUS)에 대한 유사한 지침에 따라 구성된다.

알래스카의 경우, LAMP 대류 이벤트는 1시간 동안 24km 그리드 박스에서 35 dBZ 이상이거나 1CG 낙뢰의 레이더 복합 반사 발생으로 정의된다.

LAMP 낙뢰 예측은 대류 예측 및 낙뢰 구성 요소로 구성된다. 이 예측과 함께, 회귀 방정식은 1시간 대류 및 1시간 CG 낙뢰 확률과 1-38 시간 범위의 12km 베이스 그리드에서 “잠재적” 예측을 생성하기 위해 개발되고 적용된다. 이 예측 안내 요소는 사용자에게 보급하기 위해 알래스카 항공 관측소와 NMB (National Blend of Models) 3km 알래스카 그리드에 보간된다.

LAMP 대류 및 낙뢰 예보관은 MRMS 및 "병합된" CG 번개 관측, 미세 대류 및 CG 번개 기후, MOS 1시간 대류 및 1시간 번개 확률과 같은 여러 데이터 입력에서 파생된다. RAP, NAM을 기반으로 할 수 있다. ECMWF 및 GFS/FV3 모델 출력. 콘퍼런스 프레젠테이션에는 이러한 다양한 알래스카 데이터 세트를 사용하여 LAMP 대류 및 낙뢰 예측 지침을 생성하는 데 따른 문제점을 설명한다. 이 자료의 일부는 NOAA/OAR 기상 및 대기질 부서 내의 JTTI(Joint Technology Transition Initiative) 프로그램이 지원하는 작업을 기반으로 한다.

(4) 항공 기상 애플리케이션을 위한 위성 구름 수직 횡단면 생산물 및 사용자 통합 개선

발표자: YJ. Noh, CIRA, Fort Collins, CO

3차원 구름 구조에 대한 정보는 항공 애플리케이션에 매우 중요하다. 위성은 유용한 구름 관측을 제공했지만, 기존의 수동 방사계에서 구름 기반을 할당하는 것은 여전히 어려운 일이다. NASA A-Train 위성 데이터(Cloud Sat /CALIPSO 및 Aqua MODIS)의 능동 및 수동 센서 관찰을 사용하여 클라우드 상단 높이 및 클라우드 수로에 의해 제한되는 통계적 Cloud Base Height (CBH) 알고리즘을 개발했다. CBH 알고리즘은 이제 NOAA Enterprise Cloud Algorithms의 일부로 작동하며 극좌표 및 정지 위성 센서용 Cloud Cover/Layers 생산물, 예를 들면 Joint Polar Satellite System 프로그램 위성 Visible Infrared Imaging Radiometer Suite 및 GOES-16 / 17 Advanced Baseline Image 등을 개선하는 데 사용된다.

NOAA JPSS PGRR(지상 및 위험 감소)은 항공 지원 사용자와의 상호 작

용을 장려하고 위성 생산물의 운영 응용 프로그램을 최대화하기 위한 노력의 일환으로 최근 알래스카의 일부인 알래스카를 통해 선택된 항로에 대해 VIIRS 구름 수직 단면과 3차원 위성 구름 높이 필드를 제공하기 시작했다. 위성 구름 위상 정보 및 수치 날씨 모델 출력은 또한, 착빙 및 난류를 포함한 항공 기상 응용을 위한 보충 정보를 제공하기 위해 구현될 것이다. 사용자 참여 피드백은 새 위성 생산물의 개선 및 평가에 중요한 구성 요소이다. Google은 직접 사용자(운영 예보관과 파일럿을 포함한 일반 항공 사용자)로부터 피드백을 받아 관련 생산물을 연구에서 운영으로 효과적으로 전환하기 위한 관련 교육 도구 및 디스플레이 기능을 제공한다. 이 연구는 위성 구름 수직 단면 생산물과 주요 사용자 피드백을 기반으로 한 데모를 개선하기 위한 지속적인 노력을 보여준다.

(5) VOLCAT에 의해 식별된 HYSPLIT 및 위성 관측을 이용한 화산재 예측 검증
발표자: Allison M. Ring, ARL, College Park, MD

화산 활동은 화산 폭발의 근처에 있거나 일부 경우에는 바람이 많이 불어 항공운행 및 대기질에 중대한 영향을 미친다. 화산 폭발의 원격 위치와 상대적으로 예측할 수 없는 행동으로 인해 VAAC (Volcanic Ash Advisory Center) 예보관은 공간 기반 위성 관측을 포함한 다양한 도구에 크게 의존하여 화산재를 예측한다. 위스콘신 대학과 공동으로 NOAA/NESDIS가 개발한 VOLCAT(VOLcanic Cloud Analysis Toolkit)은 자동화된 알고리즘을 사용하여 다양한 위성 관측에서 화산 구름을 식별하고 감지된 화산활동에 대한 경고를 발행한다. 관측자 외에도 예보관은 Lagrangian 궤적 및 분산 모델인 HYSPLIT과 같은 컴퓨터 모델을 사용하여 화산재 이동을 예측한다. 이 연구에서는 VOLCAT에 의해 처리된 위성 관측 및 HYSPLIT의 모델링된 재분산 결과를 사용하여 최근 북서태평양 쿠릴제도의 Raikoke 분화를 포함한 여러 화산분화에 대한 검증 통계를 계산했다. HYSPLIT 분산 예측과 VOLCAT 위성관측을 비교하기 위한 자동화된 프로세스 개발에 대해 논의하고 HYSPLIT 예측을 개선하기 위한 접근법이 권장된다.

[패널토론 1] 패널토론: 2050년 항공 기상 위험 완화 및 운영 영향 관리

사회: Mike Robinson, The MITRE Corporation, Center for Advanced Aviation System Development, McLean, VA

패널: Craig Wanke, The MITRE Corporation, TFM Concepts and Analysis, McLean, VA; Matthias Steiner, NCAR, Research Applications Laboratory, Boulder, CO; Peter Neilley, The Weather Company, an IBM Business, Andover, MA; Sandy MacDonald, SPIRE, Boulder, CO and Karen Shelton-Mur, HQ FAA, Office of Commercial Space Transportation, Washington, DC

이 세션에서는 산업, 정부 및 학계의 지도자와 비전문가들로 구성된 패널을 통해 2050년 이후 항공 운영의 일환으로 약천후 상태를 관리하기 위한 요구, 과제 및 기회에 대해 논의되었다. 이 세션은 AMS 100주년 기념행사의 주제인“AMS 과거, 현재 및 미래: 정보를 지식과 사회에 연결한다. (LINKS)”에 이어 진행되었다.

패널 토론은 전문가들이 향후 50년 동안 ARAM 커뮤니티와 관련된 기상학 및 기후학에서 가장 큰 과제가 될 것으로 예상되는 것에 대한 높은 수준의 설명을 제공한다. 민간 우주 산업의 성장, 패키지 제공하는 드론, 항공 택시가 도시 교통의 주류가 될 전망 등이 그 예이며, 또한, 항공, 공역 및 항공 우주 기상학에 대한 기후 변화의 잠재적 영향과 관련된 주제도 고려되었다.

[세션 9] 대류과정에서 발생하는 난류의 분석, 실시간 예보 및 예측의 발전
의장: Tammy J. Flowe, FAA, NextGen Aviation Weather Division, Washington, DC

공동의장: Soo-Hyun Kim, Yonsei Univ., Seoul

(1) 수치 모델을 사용한 심층 대류와 항공 난류 간의 연관성 이해

발표자: Stan Trier, NCAR, Boulder, CO

심층 대류는 오랫동안 상업적 항공에 중대한 위협으로 인식되어왔다. 다행

히도 진행 중인 심층 대류는 종종 온보드 및 지상 기반 위험 식별 기술(예: 레이더, 위성 및 낙뢰 감지 시스템)을 사용하여 식별하고 피할 수 있다. 그러나 깊은 대류와 관련된 난류 위험은 이러한 위험 식별 기술로 식별되는 영역에서 실질적인 수평 및 수직 거리에서도 발생할 수 있다. 능동 심층 대류로부터 공간적으로(때로는 일시적으로) 멀리 떨어져 있는 대류 유도 난류(CIT)를 피하기가 더 어려운 경우가 종종 제트 기류 근처에서 흔히 볼 수 있는 고전적인 맑은 대기 난류로 오인 되기도 한다. CIT를 담당하는 여러 가지 메커니즘에 대한 최근의 많은 이해는 고해상도 수치 시뮬레이션 분석에서 비롯되었다. 이러한 시뮬레이션은 역사적으로 관측된 난류의 실제 사례를 나타내는 이상적인 모델과 NWP 모델을 사용하여 생성되었다. NWP 사례 연구 시뮬레이션은 일반적으로 난류 자체를 해결할 수 없지만, 난류의 시작을 직접 담당하는 메커니즘을 해결하기에 충분한 최고 해상도 도메인의 그리드 중첩을 사용한다. 이 강의에서 우리는 일반적으로 깊은 대류에 의해 생성된 중력과 또는 깊은 대류와 관련된 더 큰 규모의 대류권/하층계층(UTLS) 유출과 관련된 이러한 메커니즘 중 일부에 대해 논의한다. 두. 컴퓨팅 기술의 발전으로 최근 항공 난류에 영향을 미치는 가장 큰 난류 Eddy($L < 100-1000$ m)를 해결할 수 있는 시뮬레이션이 가능해졌다. 이러한 LES-타입 시뮬레이션은 난류의 시작과 특성을 담당하는 이해 메커니즘의 관점과 난류가 가장 자주 매개 변수화 되는 NWP 시뮬레이션의 현실성을 평가하는 데 유용하다. 이러한 고해상 연구 시뮬레이션은 항공 난기류에 대한 이해를 증진시키기 위해 미래에 점점 더 의존할 것이며, 대화의 결론에서 간략하게 논의되었다.

(2) GTGN (Graphical Turbulence Guidance Nowcast) 알고리즘 개선

발표자: Julia Pearson, NCAR, Boulder, CO; and W. Deierling and R. D. Sharman

GTGN(Graphical Turbulence Guidance Nowcast) 생산물은 미국 대륙 전역의 항공기에 영향을 줄 수 있는 현재의 대기 난류 조건에 대한 거의 실시간 정보를 제공한다. 모든 난류 발생원은 nowcast로 표시되며 GTG(Graphical Turbulence Guidance) 생산물의 단기 난류 예측과 PIREP, 상업용 항공기의 EDR 보고서 및 NTDA(NexRAD Turbulence Detection Algorithm)

의 EDR 추정치와 같은 가장 최근의 난류 관측값과 현장에서 발생하는 와류 소산을 자동으로 결합하여 생성된다. GTGN은 발송자 및 조종사가 단기 노선 및 운영 결정을 내리고 NASS(National Airspace System)의 안전성을 향상시킬 수 있도록 전문적인 난류 생산물로 개발되었다. 최근 GTGN1은 FAA's SRMP (Safety Review Management Panel)의 요구 사항을 충족시켰으며 이 승인으로 사용자에게 보급할 수 있는 길을 열었다.

실시간 예측 정확도를 더욱 향상시키기 위해 2세대 GTGN 알고리즘의 개발이 현재 진행 중이다. 주요 업그레이드 중 하나는 13km RAP 기반 GTG에서 곧 출시 될 3km HRRR 기반 GTG 출력 사용으로의 전환이다. 기본 모델 해상도가 높기 때문에 모든 형태의 난기류의 캐스트가 개선된다. 또한, 대류 유도 난류(CIT) 및 저수준 난류의 식별을 향상시키기 위해 번개, 위성 및 지면 기반 바람 관측과 같은 다른 데이터 소스의 사용이 포함될 것이다.

(3) 대류 유도 난류 감지를 포함한 그래픽 난류 유도(GTG) 생산물 개선
발표자: Wiebke Deierling, NCAR, Boulder, CO

난류 항공 위험의 전략적 회피를 위해 National Atmospheric Research Center에 의해 그래픽 난류 유도 생산물(GTG)이 개발되었다. GTG는 CAT(clear-air turbulence), MWT(meta wave turbulence) 및 LLT(low-level turbulence) 예측을 생성하기 위해 결합 된 다수의 대규모 난기류 예측 변수를 사용했다. 현재 NOAA의 RAP (Rapid Refresh) 모델을 기반으로 NOAA의 환경 모델 센터에서 운영되고 있다. 또한, NOAA의 GFS (Global Forecast System) 및 UK Met Office 글로벌 모델에서 실행되어 WAFS (World Area Forecast System)에 대한 글로벌 난기류 예측을 제공한다.

현재는 NOAA의 HRRR (High-Resolution Rapid Refresh) 모델과 같이 그리드 해상도가 더 높은 클라우드 해상도 모델을 사용하도록 GTG 기능을 업그레이드하는 데 중점을 두었다. 개선된 대류 표현으로, 이 업그레이드된 GTG 기능에 별도의 범주로 대류 유도 난류 진단을 포함시키기 위한 노

력도 진행되었다.

[세션10] 항공 및 원거리 날씨의 개선된 분석 및 예측에 대한 미국 국가 안보 프로그램의 영향

의장: Ryan Decker, MSFC, Huntsville, AL

공동의장: James McCormick, Software Engineering Services, Offutt AFB, NE

(1) 응용 기상학과 국가 안보 사이의 공생

발표자: Jason C. Knievel, NCAR, Boulder, CO

응용 기상학은 20세기 초부터 놀라운 발전을 이루었다. 그 진전 중 일부는 국가 안보의 성과와 직접 관련이 있다. 예를 들어, 순간적인 D-Day 예측에 대한 이야기는 많은 사람에게 친숙하며, 약간의 프롬프트를 통해 군사용 통신의 해독뿐만 아니라 광범위한 진공관 뱅크가 있는 초기 세대의 컴퓨터가 처음으로 만들어졌다는 것을 기억할 수 있다. 수치 날씨 예측. 국가 안보와 응용 기상학 사이의 풍부하고 공생 관계는 이들과 비슷한 역사적 일화에서 명백한 것보다 훨씬 더 널리 퍼져 있다. 이 발표에서는 국가 안보 이익이 해당 분야의 기관과 사람들, 우리가 사용하는 기술과 기법, 우리가 의존하는 자금, 과학 문화 자체의 요소에 의해 어떻게 형성되고 형성되었는지에 대한 주요 내용을 검토했다.

(2) 수치 기상 예측 자료를 이용한 전세계 Cloud-Free Line-of-Sight(CFLOS) 특성화

발표자: Jaclyn Schmidt Air Force Institute of Technology Wright Patterson Air Force Base, OH, USA

CFLOS(Cloud-Free Line-of-Sight) 예측 기능은 국방부 운영 및 원격 감지 애플리케이션에서 여전히 중요한 매개 변수이다. 현재의 CFLOS 기후학은 제한된 수의 전 지구 사이트에서 이용 가능하며 고도 및 방위각 변화를 설명하지 않는 지면 간 확률을 제공한다. 공군 기술 연구소의 지향성 에너지 센터(AFIT CDE)는 NWP 추정 구름과 강수 층을 정의하기 위해 수년

간의 수치 날씨 예측(NWP) 모델 데이터와 AFIT CDE의 현실적인 하늘 특성화 알고리즘을 활용하여 강력한 시뮬레이션 기술을 개발했다. 다양한 방식. 결과 분석을 통해 연안 및 해양 지역을 포함한 전 세계 모든 위치에서 CFLOS 확률이 산출된다. 최근 최적화는 10년간의 NWP 데이터를 신속하게 평가하고 다양한 전 세계 위치, 시간 및 방위각 변동을 고려한 시야각에 대한 새로운 CFLOS 기후학을 생성할 수 있다.

(3) Dugway에서의 지상 기상 임무 지원 및 공동 현장 연구 증명

발표자: Cori Cook, Department of Defense, Dugway, UT; and E. Nelson, D. Ruth, D. Storwold, and T. Wieland

Dugway Proving Ground(DPG)는 유타 서부 사막에 800,000 에이커의 미군 시설로, “국가의 수비수가 화학, 생물학, 방사선 및 폭발성 (CBRE) 위험에 대응할 수 있도록 효율적인 시험 및 지원을 실행하는 임무를 수행”한다. 현장 기상학자들은 범위에 대한 예측, 시계, 경고 및 권고를 작성하고 미션 성공에 중요한 기상 조건을 모니터링한다. 기상청은 DPG의 경계 바깥뿐만 아니라 다양한 지역에 100개가 넘는 자동 원격 기상 관측소를 보유하고 있다. 온도, 상대 습도, 풍속 및 방향, 기압 및 강우는 기록된 매개 변수 중 일부일 뿐이다. 원격 기상 관측소의 대규모 네트워크 외에도, Dugway의 Meteorology 지점에는 X밴드 모바일 이중편파 도플러레이더, C밴드 이중편파 레이더, 레이더 윈드프로파일러, SODAR, 휴대용 32m 계측기 타워, 운고계, 라디오존데 시스템, 음파 풍속계, 3D 번개 매핑 어레이 및 기타 특수 기상 계측기들이 설치되어 있다. 또한, 육군 시험 및 평가 명령(National Test and Evaluation Command)의 자금 지원을 받는 국립 대기 연구 센터(National Center for Atmospheric Research)는 4DWX로 알려진 웹 기반 인터페이스를 개발했다. 여기에는 4DWX로 알려진 독특한 기후와 날씨를 설명하기 위해 특별히 설계된 고해상도 수치 모델의 관측 및 예측 데이터가 표시된다. DPG. 4DWX의 프레임 워크 내에 관측 데이터의 기록 아카이브도 포함된다.

[세션11] 예측 불확실성을 이용한 항공 의사 결정

의장: Matthias Steiner, Research Applications Laboratory, NCAR, Boulder, CO
공동의장: Timothy Bonin, Air Traffic Control Systems Group, MIT Lincoln Laboratory, Lexington, MA

다양한 형태의 날씨 불확실성을 사용하는 상용 항공사 운영 센터 및 기타 항공 서비스 제공 업체가 보다 적극적으로 의사 결정을 내린다. 여기에는 확률 예측뿐만 아니라 위험 노출, 다양한 출처의 예측 신뢰도 및 모델 앙상블 데이터를 사용하는 창의적인 방법도 고려된다. 이 세션에서는 비행 대중을 위한 보다 안전하고 비용 효율적인 결정을 내리기 위해 노력하는 사용자 및 날씨 제공 업체를 강조한다.

(1) 아메리칸 항공의 복잡한 운영 결정에 불확실성과 일기 예보 통합

발표자: Steve Abelman, American Airlines, Ft. Worth, TX, USA

아메리칸 항공(AA)의 복잡하고 역동적인 일일 운영 세계에서 날씨 정보를 예측의 다양한 정도의 불확실성과 통합하는 중요한 전략적 및 전술적 결정이 이루어진다. 예를 들면 다음과 같다.

- AA의 통합 운영 센터의 관리자는 비행을 사전에 취소 또는 지연시키고 승객이 경로를 변경하거나 겨울철이나 열대 기후가 예상되는 경우 항공기를 위험에 빠뜨리지 않도록 경로를 재설정 할 수 있다.
- 파일럿은 향상된 Wifi로 보다 더 많은 전술 생산물을 습득한다.
- 항공 디스패처는 터미널 예측뿐만 아니라 기상 조건 및 현재/예측 ATC 항공 교통 관리 이니셔티브를 기반으로 대체 공항을 선택한다.

공항 운영은 신뢰도가 높은 겨울 날씨 또는 대류 날씨 예측을 기반으로 직원 결정을 내린다.

미국은 예측 불확실성을 여러 가지 방법으로 통합하며, 일부는 다른 것보다 이해하고 정량화하기가 더 쉽다. 이 발표에서는 AA가 날씨 예측과 불확실하게 연관된 복잡한 운영 결정을 이해함으로써 이익을 얻는 방법을 살펴 보았다. 또한, 항공사 위험 및 예측 신뢰가 퍼즐에서 중요한 부분인 방법을 강조한다. 마지막으로, 날씨 연구 커뮤니티가 일기 예보 정보의 상업적 향

공 격차를 이해하도록 돕기 위해 미래의 도전과 연구 요구에 대해 다루었다.

(2) 기상 불확실성을 고려한 개선된 항공 교통 관리를 위한 고급 예측, 제약 조건 변환 및 결정 모델

발표자: Michael Robinson, The MITRE Corporation, McLean, VA, USA

항공 교통 관리(ATM)에 대한 현재 모델 및 절차는 매우 불확실한 운영 중단을 위한 결정적이고 경험 중심 솔루션이 기반이 된다. 대신 의사 결정 옵션의 비용 및 위험과 불확실성을 고려하는 확률적 지침에 의해 정보를 제공하는 증분 ATM을 지원하는 실용적인 데이터 중심 프로세스 및 의사 결정 방식이 필요하다. 이러한 기능은 영향을 받는 기상 조건 동안 ATM을 보다 일관되고 효율적으로 만들 수 있으며 피할 수 없는 지연, 운영비용 및 승객 중단을 줄일 수 있다.

이러한 과제를 해결하기 위해 MITRE Corporation, American Airlines(AA) 및 IBM의 계열사인 The Weather Company(TWC)는 서로 협력하여 대체 ATM 프레임 워크를 정의하고 테스트하여 비용 효율적이며 반복 가능한 데이터 중심 프로세스를 지원한다. 초기 영역 (New York LaGuardia [LGA] 공항), 날씨 제약(지상풍 및 운고/가시거리에 대한 수용 능력 또는 공항 수용률[AAR] 감소) 및 ATM 응답(GDP)을 목표로 하는 이 프레임 워크는 비행 운영자에게 가장 유리한 개선된 점진적 결정을 지원할 수 있는 다양한 영향 및 응답 가능성을 예측하는 데 중점을 둔다. 이 프레임 워크의 일부로, 고해상도 예측 데이터를 사용하여 LGA AAR의 확률론적 예측을 위한 새로운 접근법과 모델이 개발되었다. 이 접근법은 특정 기상 제약이 주어 졌을 때 예상되는 결과의 불확실성을 설명하고, 빠르게 변화하는 조건이 응답의 급격한 변화를 초래할 필요는 없으며, 일시적 제약에 의해 영향을 받는 AAR을 정확하게 예측한다는 점에서 시스템에 존재하는 관성을 나타낸다. 이 AAR 예보관을 기초로 하여, 예정된 수요에 대한 예상 용량 감소 및 후속 수요 용량 불균형으로 인한 모델링 지연을 고려하여 LGA GDP의 가능성 (및 관련 특성)을 예측하기 위한 추가 모델이 개발되었다.

이 정보는 아메리칸 항공의 교통 코디네이터가 비행 일정을 조정하기 위한 사전 결정을 내리는 데 사용될 수 있다.

AAR 및 GDP 예측 모델은 API를 통해 전 세계 어디서든 10개의 날씨 변수에 대한 시간별 확률 분포 함수(PDF) 및 예측 불확실성에 대한 관련 설명을 제공하는 TWC의 PFoD(Probabilistic Forecasts on Demand)에 의해 구동된다. PFoD의 보정된 앙상블 “프로토 타입” 예측은 가능한 결과 범위에 걸쳐 똑같이 다변량의 날씨 궤적을 제공하도록 특별히 고안된 것이다. 풍속, 방향, 돌풍, 운고 및 가시거리에 대한 100가지 프로토 타입 예측에 AAR 및 GDP 예측 변수를 적용하면 공항 제약 조건 및 잠재적인 GDP 결과에 대해 100개의 예측된 궤도가 생성된다. 공동 작업에서 시간별 업데이트된 이러한 예측은 1시간 단위로 24시간 예측시간으로 연장되었다.

이 발표의 일부로, 우리는 프로토 타입 일기 예보 및 영향 번역 모델을 설명하고 LGA 공항에서 AAR 감소 및 GDP를 예측하는 성능이 제시되었다. 또한, AA 운영 의사 결정자들을 위해 개발된 실시간 프로토 타입을 테스트하여 앙상블에서 도출된 다양한 예측을 고려하여 '일중' 및 '다음날' 공항 영향 계획에 대한 유틸리티 및 뛰어난 과제를 고려하기 위한 초기 프로토 타입 테스트 결과를 제공했다. 이는 변환된 날씨 제약에 기초한다. 그런 다음 AAR/GDP 예측의 개별 궤적에 의해 정의되고 TWC 앙상블 예측에서 파생된 공통 제약 조건/응답 시나리오를 모으기 위한 적응형 계획 프레임워크(APF)를 도입하여 조치에 대한 초기 권장 사항을 식별 할뿐만 아니라, 각 시나리오에 대한 후속 비상 계획을 세웠다. APF를 사용하면 여러 시나리오에서 일련의 작업이 동시에 최적화되므로 비용 함수 평가를 통해 부정확한 조치 비용과 지연된 결정의 위험을 명시적으로 평가할 수 있다. 이러한 방식으로 APF는 점진적이고 위험 관리되는 데이터 중심 의사 결정을 허용한다.

(3) 대류 기상에서의 항공 위험에 대한 전지구 확률론적 예측

발표자: Ken Stone, NCAR, Boulder, CO, USA

MME(Multi-model-ensemble) 예측 시스템인 EPOCH(Ensemble Prediction of Oceanic Convective Hazards)은 항공 기상 위험의 확 적 예측에 대한 차세대 ICAO 승인 요건을 해결하기 위해 개발되었다. 제공되는 예측 지침은 부분적으로 장거리 비행에 필요한 최대 36시간의 예측시간을 가진 대서양 횡단 전략 계획을 지원한다. 현재 EPOCH는 편향 보정된 대류에 대한 예측 예측을 생성하며 구름 높이는 30kft를 초과한다. WAFS (World Area Forecast Center)-런던과 워싱턴에서 생성된 예측을 결합한 하이브리드 시스템은 WAFS의 최종 운영 시스템이 된다.

이 발표는 MME 예측을 보정 하고 결합하기 위한 현재 방법론의 발전과 관련된 R&D 활동의 개선을 제시했다. 최근 연구에는 고해상도 공간 및 시간 그리드 간격으로 이동하고 바이어스 교정에 필요한 관측 데이터 가용성 (예: CMORPH)으로 인한 예측 시스템 지리적 범위의 현재 한계인 60N 북쪽의 바이어스 교정 예측에 대한 접근 방식 개발이 포함되었다. 후자의 경우 낙뢰 관측치를 사용하여 편향 보정 계수의 추정치에 도달하고 결과 성능을 시사한다. 또한, 검증을 위해 CDO (Convection Diagnosis Oceanic) 생산물을 사용하여 일반적인 장거리 항로와 예측 성능(신뢰성, 해상도, 선명도 및 가치)에 대해 논의하고 앙상블 기반 기상 위험을 개체를 사용하여 잠재적 영향으로 변환하려는 노력에 대해 논의하였다.

(4) 예측 신뢰도가 있는 다중 모델 날씨 영향 번역 시스템의 설계 및 평가
발표자: Mark Worris, MIT Lincoln Laboratory, Lexington, MA, USA

항공교통관리 의사결정은 대류 날씨 모자이크를 공역 차단, 투과성 또는 지속 가능한 교통 유량과 같은 운영 영향 지표로 변환함으로써 촉진된다. 일례로 2000 년대에 개발되어 미국의 4개 터미널 지역에 배치된 RAPT (Route Availability Planning Tool)는 CIWS (Corridor Integrated Weather System) 30분 예측을 별개의 녹색/노란색/빨간색 막힘 영향 지표로 변환한다. 터미널 출발 경로를 따라. 현대의 머신러닝 기술은 이제 다수의 결정론적, 앙상블 및 확률적 예측 생산물을 합성하고 예측 신뢰도의 정량적 측정 값을 포함하는 지속적인 투자율 및 유속 영향 척도를 제공함으로써 날씨

예측을 크게 향상시켰다. 그러나 적절한 날씨 영향 지표 정의, 컨트롤러 워크로드와 다양한 트래픽 유량 사이의 균형 조정, 운영에서 예측 신뢰 정보를 전달하고 사용하는 방법 이해 등 효과적인 방법으로 이러한 기술을 적용하려면 다양한 연구 문제를 해결해야한다.

TFI(트래픽 흐름 영향) 기능은 이러한 문제를 탐색할 수 있는 테스트 베드 역할을 위해 2014-2019년 사이에 개발 및 확장되었다. TFI는 지도 학습 방식을 사용하여 4개의 대류 일기 예보 생산물을 12시간의 예측 기간 동안 미국 50개 이상의 지역에서 공역 투과성과 유량 함수로 변환한다. 예측 신뢰 구간은 구성 요소 모델의 학습된 기술을 기반으로 표시된다. TFI는 2014년부터 CoSPA(Consolidated Storm Prediction for Aviation) 연구 시스템의 일부로 배포되었으며 많은 FAA시설 및 항공사에서 액세스할 수 있다.

이 발표에서는 다중 모델 날씨 영향 예측에 적용되는 기계 학습과 항공 교통 관리를 위한 신뢰 정보 표시와 관련된 주요 문제를 간략하게 설명한다. 또한, 최근 현장 평가에서 얻은 교훈과 이러한 유형의 예측 시스템에 대한 영향에 대해 논의하였다.

(5) 덴버 국제공항 눈 운영에 대한 확률적 예측 평가

발표자: Dana M. Mueller, NOAA/ESRL/GSD and CIRA, Boulder, CO, USA

강설의 누적은 공항 지상 운영에 영향을 미치는 위협이며 하루 리드 타임으로 결정을 내려야 한다. NOAA/ESRL/Global Systems Division의 예측 영향 및 품질 평가 섹션은 Denver International Airport(DIA), National Atmospheric Research(NCAR) 및 Boulder Weather Forecast Office(WFO)와 협력하여 겨울 날씨 예측 성능을 평가했다. DIA와 유사한 Mountain West 공항에서 앙상블을 예측했으며 SREF(Short-Range Ensemble Forecast) 및 HRRRE(High-Resolution Rapid Refresh Ensemble)는 강설, 풍속, 온도 및 가시성에 대해 평가되었다. 확률적 예측에 대한 이벤트 기반 검증을 수행하여 전체 강설 누적 및 이벤트 시작 및 종료의 타이밍 오류를 확

인했다. 적설량 결과는 SREF에 의한 초과 예측과 HRRRE에 의한 부족한 예측 경향을 보여주었다. 타이밍 오류는 특히 강설이 중단된 경우에 중요했다. 앙상블 결과는 Boulder WFO에 의해 DIA를 위해 생산된 예측 생산 Probabilistic Snow Accumulation Product(PSA)와 비교되었다. 일반적으로 PSA는 앙상블 모델 출력보다 약간 더 나은 타이밍을 가졌다.

(6) 터미널 바람 예측 불확실성을 특성화하고 표시하는 일반적인 방법론

발표자: Matt Fronzak, The MITRE Corporation, McLean, VA, USA

TAF에서 발견되는 풍속 및 방향 예측에는 불확실성이 포함되어 있다. 불확실성의 정도는 명시적으로 명시되어 있지 않기 때문에 의사 결정자들은 지상바람 의존 공항 활주로 구성 변경을 적절히 예측하고 최적으로 계획하기가 어렵다. 결과적으로 전술적 의사결정 접근방식이 사용되며, 때로는 반응적인 활주로 변경이 발생했다.

2018년 FAA는 MITRE Corporation(MITRE)에 터미널 바람 예측 불확실성을 특성화하여 유용한 방법을 광범위하게 적용할 수 있는 일반적인 방법을 개발하도록 요청했다. 이 접근 방식은 모든 위치로 확장 가능하고 모든 일기 예보 유형을 사용할 수 있어야 했다.

이 논문에는 MITRE가 개발하고 2019년 초 FAA에 제출한 터미널 바람 예측 불확실성 특성화 방법에 대한 정보가 포함되어 있다. 이 정보는 강력한 과거 바람 정보(예: ASOS 5분 자료)가 있는 모든 공항 또는 비 공항 위치 및 36개의 참조(활주로) 제목 모두에 직접 사용할 수 있다. 특성화 방법은 스폿 또는 그리드형 예측을 사용할 수 있으며 이러한 예측은 결정적이거나 확률적일 수 있다. 여러 예측 조합으로 특성화를 수행할 수 있다. 회귀 기술을 사용하여 이 방법은 강력한 과거 바람 관측값이 없는 위치에 대한 특성 정보를 생성할 수도 있다. 이 접근법은 공통 관계형 데이터베이스를 사용하여 필요한 정보를 저장하고 COTS 소프트웨어 프로그램에 입력을 제공하고 그로부터 수치 확률 출력을 표시하는 수단으로 사용한다.

이 방법의 출력 목표는 공항 활주로 구성을 관리하는데 사용될 향후 의사 결정 지원 시스템이다. 그러나 원시 수치 확률에 대한인지 적 해석에만 의존할 필요 없이 인간이 분석법의 결과를 직접 입수하여 사용할 수 있도록 프로젝트 목표를 지원하기 위해 하나의 잠재적인 시각화 솔루션이 개발되었다. 광범위하게 사용 가능한 데이터 관리 및 표출 소프트웨어를 사용하는 시각화 솔루션은 제안된 방법의 출력이 의사 결정자에게 운영 가치를 제공할 수 있도록 설계되었다.

[세션12] 대류 및 번개가 공중 작전에 미치는 영향을 완화하기 위한 탐지, 예측 및 의사 결정 지원의 발전

의장: Brian P. Pettegrew, NOAA/IT/NCEP/AWC, CIRA/Colorado State Univ
공동의장: Jerome Charba, 1325 East West Highway, Silver Spring, MD

대류성 날씨 및 구름 방전 및 낙뢰는 항공, 항공 우주 및 공역 운영의 안전 및 효율성에 중대한 위협을 초래한다. 이러한 현상과 관련된 영향은 다면적이며 관련 영향 완화 계획은 몇 분에서 며칠까지 수행된다. 이러한 운영 영역에 대한 대류성 날씨 및 낙뢰 위협에 대한 안전하고 효과적인 관리의 필요성으로 인해 관찰, 예측 및 의사 결정 지원이 크게 향상되었다. 이 세션에서 다루는 주제에는 향상된 대류성 날씨 및 낙뢰 관측 및 원격 감지, 시작, 개선 및 중단 예측, 항공, 항공 우주 및 공역 임무를 지원하는 운영 지침이 포함된다.

(1) 원격 해양 기상 정보 운영 (ROMIO) 시연

발표자: Cathy Kessinger, NCAR, Boulder, CO

이 연구에서는 대류성 날씨 생산물을 대양 횡단 노선의 상용 항공기 비행 데크에 적용할 수 있는 타당성과 이점을 평가하고 이러한 생산물을 사용하기 위한 운영 전략을 개발 및 시연하기 위해 FAA의 차세대 기상기술조종석(WTIC) 프로그램을 통해 원격 해양기상 정보운영(ROMIO) 데모를 수행하고 있다. ROMIO 데모는 2018년 7월에 시작하여 2019년 12월에 종료된다. 참가자는 FAA, 기상 연구 커뮤니티, 3개 항공사(델타 항공, 유나이티드

항공 및 아메리칸 항공) 2개의 항공사 기내엔터테인먼트 커뮤니케이션(IFE C) 제공 업체(파나소닉과 고고)이다. 각 항공사는 선택된 수의 라인 체크 파일럿을 훈련시켰다.

대류성 기상 생산물인 CTH(Cloud Top Height) 및 CDO(Convection Diagnosis Oceanic)는 위성관측 데이터, 낙뢰 데이터 및 전 지구 수치 모델 결과를 바탕으로 두 개의 정지기상위성(GOES-East 및 GOES-West)과 2019년 중반에 추가된 일본 히마와리-8 위성을 이용한다. 이는 사용 가능한 최신 데이터를 사용하여 10분 간격으로 업데이트 및 업 링크되므로 항로를 따라 대류 활동을 빠르게 업데이트 할 수 있다. CTH 및 CDO 생산물을 표시하는 대표 폴리곤은 전자비행가방(iPad) 및 마이애미, 휴스턴 및 오클랜드 해양 항공 노선 교통관제 센터 및 웹브라우저의 각 항공사 운영 센터의 비행모니터에 표시된다.

비행 데크에 대류 구조에 대한 거의 실시간으로 빠르게 업데이트되는 그래픽 정보를 제공하는 장점을 평가하기 위해 조종사로부터 피드백을 요청하도록 설문 조사가 설계되었다. 예비 결과는 대부분 조종사가 대류 생산물에 만족하고 정보가 정확하고 적시에 발견되었음을 나타낸다. 조종사는 객실 관리 및 향후 대류 위험 방지를 위한 생산물을 참조한다. 대류 날씨 상황에 대한 “긴 시야”에 대해 CDO 및 CTH를 참조하면 기내 기상 레이다 정보를 사용하여 전술적 회피 결정을 내리는 조종사의 신뢰도가 높아진다.

(2) APAC 지역에서 SIGMET 조정을 지원하는 위성 기반 클라우드 상단 높이 및 대류 방송 생산물 개발

발표자: Christy YY Leung , Hong Kong Observatory, Hong Kong

FIR(Flight Information Region) 경계에서 불연속성을 줄이기 위해 홍콩 기상청(HKO)는 2017년부터 아시아 태평양 지역(APAC)의 기상 관측소(MWO)를 위한 HKO SIGMET 조정플랫폼을 운영하여 2017년부터 조정된 SIGMET을 발표했다. 조정을 위해 플랫폼에서 구름 상단 높이 및 실제/예측 위치에 대한 안내가 제공된다. 더 넓은 범위와 기후 변화를 고려하여 HKO

는 JMA의 표준대기, 기후학, HCAI(High-Resolution Cloud Analysis Information), METEOSAT SAF 구름 높이 알고리즘 및 ECMWF 모델 기반 알고리즘을 포함하여 구름 높이를 추출하는 알고리즘에 대한 연구 노력을 강화했다. 이 발표에서는 구름 상단 높이 산정에 대한 자세한 알고리즘과 CALIPSO 관찰에 대해 검증된 각각의 성능에 대해 설명하였다. 또한, HKO는 위성유도 레이더 반사율과 위성 이미지 사이의 모션벡터필드를 기반으로 대류 nowcast 생산물을 개발했다. 레이더 데이터로 다중 위성 채널 데이터를 훈련시킴으로써 정지 위성으로부터 시뮬레이션 된 레이더 반사율을 도출하기 위해 인공신경망(ANN) 기술이 개발되었다. 다양한 지역의 레이더로 ANN을 훈련시키는 연구도 수행되었다. 에코추적도구는 연속 위성 이미지 사이의 광학 흐름을 사용하여 모션벡터필드를 계산한 다음 식별된 대류 영역의 외삽을 위해 반 라그랑지안 대류 방식이 사용되었다. 또한, 현재 방송 알고리즘의 성능과 그 한계에도 있다. 위의 구름 상단 높이 정보 및 대류는 현재 조정된 SIGMET의 정확성, 일관성 및 전반적인 효과를 개선하므로 APAC지역의 항공 기상 서비스를 전체적으로 개선하는 데 도움이 된다. 위의 생산물 중 일부는 조종사 또는 항공사에서 유리한 것으로 판단되면 미래에 기상청에서 개발한 EFB(Electronic Flight Bag) 모바일 애플리케이션 MyFlightWx에서도 제공된다.

(3) 대류 SIGMET: 미래 개선을 위한 기후학적 소급 및 논의

발표자: Heather D. Reeves, CIMMS/Univ. of Oklahoma and NOAA/NSSL, Norman, OK

몇 년 전, 대류 SIGMET(CSIG)의 기후학이 수행되었다. 여기서는 최신 데이터를 사용하여 이러한 결과를 다시 검토하고 이 연구를 사용하여 차세대 CSIG 생산을 발전시키는 방법을 고려한다. 앞서 보았듯이 CSIGs에는 뚜렷한 계절적 변화가 있으며, 겨울철에 가장 낮고 여름은 가장 높은 빈도를 보인다. 이 연구와 이전 연구의 더 흥미로운 결과 중 하나는 Madden-Julian Oscillation과 같은 대규모 순환 패턴과 관련이 있는 것으로 보이는 CSIG의 연간 변동이 현저하다는 것이다. 이 글을 쓰는 시점에서 이 문제는 여전히 조사 중이지만 계절 노선 계획을 위해 이 연결을 활용하여 비행 지연에 대한 대류의 영향을 완화할 수 있다.

CSIG를 유발하는 다양한 형태의 날씨에 대한 평가가 수행된다. 대부분의 CSIG는 걸프 해안을 따라 해풍에 의한 대류, 북아메리카 몬순과 관련된 지형적으로 유도된 대류 및 대평원의 중규모 대류 시스템에 대해 발행된다. CSIG는 다소 넓은 범위의 강도를 가지며, 따라서 다른 수준의 위협을 구성한다. 이것은 두 가지 부작용이 있다. 첫째, 위협이 CSIG 수준으로 상승하는지 여부를 식별하려고 시도하면서 어느 정도의 예보관 주관성에 대한 열려있다. 실제로, 저가형 위협에 대해 CSIG가 발행되는지에 대한 불일치가 있다. 둘째, CSIG에 다른 강도 레벨이 할당될 수 있고, 그렇다면 항공 우주에서 안전성을 향상시킬 수 있는가에 대한 의문의 여지가 있다. 이 연구에 의해 제기된 또 하나의 질문은 폴리곤에 대한 대류의 움직임과 관련이 있다. 일반적으로 폴리곤은 발행 시점의 위협을 나타내는 스냅샷으로 그려진다. 이로 인해 후속 업데이트 전에 폴리곤 경계 밖으로 빠르게 이동하는 폭풍이 발생하는 경우가 많다. 이는 따뜻한 계절에 대평원의 MCS/QLCS에서 가장 일반적이다. 이것을 다루는 현재 방법론은 최근 폭풍의 이력에 기초한 모션벡터를 제공하는 것이며, 따라서 폭풍 형태의 변화 또는 발행 후 대류 개시를 설명할 수 없다. 아마도 차세대 CSIG는 CSIG의 유효기간 동안 CSIG 활동에 대한 확률지침을 제공하기 위해 단거리에서 개선된 수치 날씨 예측으로 혁신을 활용해야 할 것이다. 이것이 CSIG 생산 기상학자와 최종 사용자에게 어떻게 효율적으로 제공될 수 있는지 보여주는 프로토타입이 제시 될 것이다.

(4) 미국 인접 지역에서 대류 SIGMET을 자동으로 생성하는 알고리즘

발표자: Alexander Eddy, CIMMS/Univ. of Oklahoma and NOAA/NSSL, Norman, OK

Aviation Weather Center의 예보관은 위험한 대류 영역을 나타내는 폴리곤, 선 및 점인 CSIG(Convective SIGMET)를 생성해야 한다. 기상 활동이 활발한 날에는 기상청 전체에 걸쳐 여러 환경 매개 변수를 지속적으로 모니터링하고 날씨가 진행됨에 따라 CSIG를 수동으로 그려야하므로 예측자에게 큰 요구가 있다. 여기서는 CSIG 생성 프로세스를 간소화하도록 설계된 새로운 도구를 제시한다. 이 CSIG 추천 도구는 복합 반사율, 에코 상단 및

낙뢰 밀도의 조합을 사용하여 비행 안전에 위협이 되는 영역을 식별하고 10분마다 폴리곤, 선 및 점을 생성하여 CSIG 형식의 텍스트를 채운다. 이 알고리즘은 3년 동안 검증되었으며 수동으로 생성된 CSIG와 잘 일치한다. 특정 비행 레이어에 CSIG와 유사한 폴리곤을 제공하기 위해 알고리즘에 적용하는 것과 같이 고립된 뇌우의 산란 영역이나 기하학적으로 복잡한 형태와 같은 상황을 처리하기 위해 CSIG에 포함된 인공지능도 논의되었다. 발표에서는 마지막으로, CSIG의 0-2h 확률을 생성하기 위해 알고리즘을 적용하여 앙상블 날씨 예측 출력에 대해 설명했다.

(5) AWC 흐름관리 대류 예보 생산물의 성능 평가

발표자: Robert M. Hepper, CIRA/Colorado State Univ., NOAA/NWS/NCEP/AWC, Kansas City, MO; and A. Cross

AWC(Aviation Weather Center)에서 생성된 TFM(Traffic Flow Management) 대류 예측(TCF) 생산물은 적용 범위, 강도 및 에코 상단 높이의 특정 기준을 충족하는 예측 대류를 그래픽으로 표현한다. TCF 그래픽은 2시간마다 생성되며 발급 시간 이후 4, 6 및 8시간에 유효하며 TFM 전략 계획을 위한 대류 일기 예보 정보의 신뢰할 수 있는 출처로 사용된다. 3월 1일부터 10월 31일까지의 1차 대류 기간 동안 TCF 생산물은 FAA 항공 교통 관제 시스템 명령 센터(ATCSCC), 센터 기상 서비스 유닛(CWSU)에 소속된 예보관과의 협력을 통해 AWC 예보관이 생산한다. 각 예측 주기 기간이 시작될 때 AWC의 예보관에게는 고해상도 모델 지침이 혼합된 최초 추측 자동 TCF 생산물이 제공된다. 그런 다음 AWC Forecasters는 자동화된 TCF 출력, 기타 관찰 및 모델 지침 및 위에서 언급한 파트너와의 협력을 기반으로 최종 생산물을 구축한다.

첫 번째 추측 자동화 및 최종 TCF 생산물 모두에 대해 객관적인 검증 함수가 계산되었으며 MRMS 반사율과 에코 상단이 관찰로 사용되어 자동화된 생산물과 최종 생산물을 비교할 수 있다. 이 발표에서는 2018 및 2019 대류 시즌 동안 최종 및 최초 추측 자동 TCF 생산물의 성능을 조사했다. AWC 예측자와 자동화 예측 프로세스에 의해 자동화된 생산물의 가치는

개별 사례의 주관적인 평가뿐만 아니라 객관적인 검증 점수의 비교를 통해 상세히 설명되었다. 또한, 자동화된 지도 생산물의 향후 개선 가능성에 대해 분석하고 논의되었다.

(6) 확장된 국립 항공우주 시스템 계획을 위한 대류 충격 위험 전달 방법 탐색
발표자: Robert M. Hepper, CIRA/Colorado State Univ., NOAA/NWS/NCEP/AWC, Kansas City, MO

2019 AWT(Aviation Weather Testbed) 여름 집중 실험 동안 다양한 자동화 및 사용자 생성 실험 생산물을 평가하여 확장된 범위(2-4일) 교통흐름관리(TFM) 계획에 대한 개선된 대류 예측 지침을 제공할 수 있는 가능성을 평가했다.

현재 AWC(Aviation Weather Center)는 eTCF(Extended TFM Convective Forecast) 및 ECFP(Extended Convective Forecast Plot)와 같이 대류에 중점을 둔 두 가지 별도의 자동 확장 범위 생산물을 생산한다. 입력 모델 혼합이 다르고 시간 해상도가 다른 변형을 포함하여 이 두 생산물의 실험 변형을 실험 참가자가 주관적으로 그리고 객관적인 검증 함수를 통해 실험하는 동안 평가했다.

또한, 실험 참가자들은 2, 3, 4 일차에 대한 일일 대류 영향 및 타이밍 전망 그래픽을 제작하기 위해 협력했다. 이러한 영향 그래픽은 예측된 대류의 특성과 면적 위치에 따라 국가 항공 우주 시스템에 보다 사용자 친화적인 IDSS 프레임 워크에 지침을 제공하여 명시적 영향 수준 (낮음, 보통, 높음)을 나타낸다.

이러한 실험 자동화 및 사용자 생성 생산물의 평가 결과가 자세히 설명된다. 또한, 항공 문제에 대한 최적의 확장된 범위 대류 예측 지침을 제공하여 앞으로 나아가기 위한 권장 사항이 제공되었다.

[세션13] 구름 내 착빙 및 큰 입자 실험(ICICLE)의 개요 및 초기 결과

의장: Daniel R. Adriaansen, Research Applications Laboratory, NCAR, Boulder, Co
공동의장: Nathan T. Lis, CIMMS/Univ. of Oklahoma and NOAA/NSSL, Norman, OK

(1) 구름 내 착빙 및 대형 낙하 실험 (ICICLE). 1부: 개요

발표자: Stephanie DiVito, FAA, Atlantic City International Airport, NJ

FAA는 최근에 비행 프로그램 ICICLE (In-Cloud ICing and Large-drop Experiment)을 후원했다. ICICLE 프로그램은 TAIWIN (Terminal Area Icing Weather Information for NextGen) 프로젝트와 FI (In-Flight Icing) 프로젝트의 두 개의 FAA 항공기 착빙 연구 프로젝트를 지원하기 위해 수행되었다.

TAIWIN은 터미널 영역 착빙에 중점을 두고 있으며, 터미널 영역 내에서 높은 공간적 및 시간적 해상도에서 착빙 조건을 식별할 수 있는 진단 및 예측 기능을 개발하기 위해 노력하고 있다. IFI는 CIP (Current Icing Product) 및 FIP (Predict Icing Product)와 같은 전국 규모의 작동 생산물을 개선하기 위해 경로 라우팅에 중점을 두고 있다. TAIWIN 및 IFI 프로젝트의 특정 과제는 항공기 운영에 중요한 결빙 환경 (표면 및 로프트)을 구분하는 고품질 검증 데이터 세트를 얻는 것이다. 여기에는 작은 입자 착빙, 큰 입자 착빙과 그 하위 집합(어는 이슬비와 언 비), 그리고 다른 결빙 및 비결빙 환경의 구별이 포함된다. 결과적으로, 날씨 측정 도구의 평가 및 개발을 지원하기 위한 강력한 데이터 세트의 필요성이 두 프로젝트 모두에서 확인되었다.

이러한 요구를 해결하기 위해 FAA는 캐나다 국립 연구 협의회 (NRC), 환경 및 기후 변화 캐나다 (ECCC) 및 국립 대기 연구 센터 (NCAR)를 포함한 다른 주요 참가자들과 ICICLE 프로그램을 계획했다. NRC Convair-580은 2019년 1월부터 3월까지 약 6주 동안 일리노이 주 록 포드에 배치되었다. 이 항공기는 미세 물리 프로브, 원격 감지기, 얼음 탐지기, 상태 및 항공기 매개 변수 센서로 크게 계측되었다. 공중 측정을 보완하기 위해 표면 기반 기기도 도메인의 5개 위치에 배포되었다. 이 발표에서는 비행 프로

그랩 임무에 대한 개요와 26개의 ICICLE 연구 비행에 대한 요약이 제공되었다. 또한, ICICLE Airborne Measurements와 ICICLE Supplemental Data sets와 관련된 두 가지 다른 프레젠테이션으로 보완되고 있다.

(2) ICICLE 2부: 항공 측정

발표자: Mengistu Wolde, National Research Council Canada, Ottawa, Canada

ICICLE 실험은 FAA에서 주최하고 자금을 지원하고 캐나다 국립 연구위원회(NRC), 기후 변화 캐나다(ECCC), 국립 대기 연구 센터(NCAR) 및 기타 파트너가 운영하는 다중 플랫폼 및 다중 센서 비행 프로그램이다. 이러한 노력은 안전한 항공 여행을 가능하게 하고 FAA 규정에 의해 요구되는 위험한 결빙 조건을 피할 수 있는 날씨 도구를 제공해야 한다는 긴급한 요구를 지원하는 데에 있었다.

따라서 ICICLE의 주요 목표 중 하나는 진단 및 예측 날씨 도구를 평가하고 개선하는 데 사용될 데이터 수집을 포함한다. 다른 목표로는 원격 감지 시그너처 식별, 구름 미세 물리적 특성 및 에어로졸 구름 상호 작용의 특성화, 수 증석 크기 및 형태에 대한 기기의 감도 평가가 포함되었다.

이 연구에서는 공간 및 시간적 변동성, 강도 및 수증 유체 유형 (예 : 눈, 어는 이슬비, 이슬비, 언 비, 비 및 얼음 알갱이) 및 NRC Convair-580 항공기의 착빙에 대한 조사 및 문서화가 2019년 1월 말부터 3월 초까지의 기간이 수행되었다. 일리노이주 록포드에 있는 항공기 운항 기지에서 출발하는 임무 비행은 총 9시간의 주와 1개의 캐나다 주를 포함하여 총 120 시간의 비행시간을 가졌다. 이 작동 기반은 높은 주파수의 착빙 환경을 기후학적으로 경험할 수 있는 영역에 근접하여 선택되었다. NRC의 Convair-580은 날개 장착 철탍이 장착된 트윈 엔진 터보 프로펠러 항공기이다. 열악한 작동 조건으로 인한 데이터 손실을 최소화하기 위해 여러 개의 중복 프로브가 설치되었다. 현장 측정 외에도 항공기에는 3중 주파수 레이더(X, W 및 Ka), 355nm 라이더 및 183GHz 방사계가 포함된 원격 감지 시스템이 장착되었다.

이 연구에서는 선택된 사례에 대한 분석과 함께 ICICLE의 항공 측정에 대한 개요가 제시되었다. 몇 가지 경우의 공간적 및 시간적 결빙 조건 변동성과 함께 샘플링 된 결빙 조건의 세부 사항이 제공되었다.

(3) ICICLE 3부: 데이터 보충

발표자: Scott D. Landolt, NCAR, Boulder, CO

FAA ICICLE 비행 프로그램에서 캐나다 국립 연구위원회 (NRC) Convair-580 항공기를 사용하여 과냉각 수적, 정교한 항공 계기판을 통한 대형 입자(SLD)를 포함한 다양한 항공기 착빙 및 비 착빙 환경에서 현장 관측을 수행했다. 이 데이터 세트를 보완하기 위해 ICICLE 도메인 내의 다양한 공항에 추가 표면 기반 센서를 배치하여 지상 수준의 기상 정보를 제공했다. 이 지상 장비는 운영 표면 관찰 사이트를 통해 제공되는 것 이상의 정보를 제공했다. 이 지역의 섭동에는 눈, 어는 이슬비, 이슬비, 언 비, 비, 얼음 알갱이의 자동 침전 유형 관측과 입자 크기, 입자 낙하 속도, 얼음 축적, 수적 증가 측정 및 상태 매개 변수 (온도, 바람속도 등) 측정이 포함되었다.

ICICLE 도메인 내에 있는 4개의 대학교는 비행 전 예측 작업과 비행 중 캐스트 작업을 지원하는 다양한 시간에 각 캠퍼스에서 보충 라디오 존드를 발사 할 수 있는 학생과 리소스를 제공했다. 또한, NOAA 위성 분석 지점에서 Mesoscale 도메인 섹터 스캔을 수행하여 도메인 내에서 1분 고해상도 GOES-16 리턴을 제공했다. National Weather Service Radar Operations Center는 ICICLE 도메인 내에 위치한 10개의 NEXRAD에 대해 19.5도 스캔을 추가하여 작동 가능한 볼륨 범위 패턴 (VCP) 35도 수정했다.

ICICLE에 대한 사용과 함께 ICICLE의 모든 보충 측정에 대한 심층적인 개요가 제공된다. 배치된 표면 센서 근처에서 항공기 데이터가 수집되는 ICICLE 항공편에 대한 정보도 제공된다.

(4) ICICLE 사례 연구

발표자: Darcy Marie Jacobson, National Atmospheric Research, Boulder, CO

항공기 착빙은 항공기 표면에서 얼음이 증가하여 리프트가 감소하고 항력이 증가하여 안전 위험이 증가하기 때문에 항공 커뮤니티의 주요 관심사이다. 표면 및 높은 곳에서 항공기 착빙 조건의 정확한 진단 및 예측을 위한 방법을 개발하고 평가하기 위해서 착빙 및 비착빙 환경 내에서 광범위한 현장 측정이 필요하다. 이를 위해 FAA ICICLE 비행 실험을 계획했다. 이 프로젝트 동안 FAA National Atmospheric Center 연구, 캐나다 국립 연구 협의회(NRC), 환경 및 기후 변화 캐나다 등은 NRC Convair-580 연구 항공기와 결빙 조건에서 데이터를 수집하기 위해 협력했다. Convair-580에는 대기 상태 매개 변수, 에어로졸 및 구름 미세 물리 특성 및 구름 구조의 측정을 제공하는 다양한 현장 및 원격 감지 장비가 장착되어 있다. 이 발표의 중점은 2019년 2월 26일에 실시된 특히 흥미로운 ICICLE 연구 비행에 대한 사례 연구이다.

2월 26일, 태양열 터미네이터 주변의 아이오와 주 동부에서 다층 혼합 상 구름이 예측되었다. HRRR (High-Resolution Rapid Refresh) 모델은 높은 액체 수분 함량(LWC)과 낮은 구름 데크 내에서 고전적이지 않은 과냉각 큰 입자(SLD)의 가능성을 예측했다. 시간이 지남에 따라 HRRR은 LWC가 급격히 증가하고 IA (KCID) 지역의 부록 C에서 부록 O SLD 조건으로 전환 될 것으로 예상했다. KDVN 근처에서 약한 조건으로 KCID와 IA(Davenport, IA) 사이에서 착빙 강도의 기울기가 발생할 것으로 예측되었다. 이 비행의 목표는 예상되는 액체 물의 급격한 증가와 작은 방울에서 큰 방울 얼음으로의 전환을 샘플링하는 것이었다. 두 번째 목표는 표면 관측, 레이더 반사율, 위성 리턴 및 HRRR을 포함한 다양한 착빙 툴의 성능을 평가하는 것이었다. KCID와 KDVN 사이에서 수행된 비행 구간은 HRRR에 의해 예측 된 공간 경향의 대부분을 확인했으며, KCID에 대한 빠른 착빙, KCID와 KDVN 간의 착빙의 강한 기울기, 그리고 이를 통한 액적 크기 분포의 상당한 공간적 및 시간적 진화 지역. 이 행사에 대한 개요가 논의되었다.

(5) ICICLE 실험 동안 획득한 1분 Ceilometer 프로파일로 터미널 영역 과냉

각 대형 낙하 감지 기능 향상

발표자: Joshua Lave, National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO

FAA 터미널 지역 NexGen 용 날씨 정보(TAIWIN) 프로젝트는 공항 터미널 지역에서 캐스트 및 예측의 착빙 조건을 개발 및 개선하기 위해 작은 입자 (부록 C)과 대형 입자 (부록 O) 착빙 조건을 식별하고 구별하는 데 중점을 두고 있다. 레이더와 위성을 통한 구름 및 강우의 원격 감지는 이 목표에서 매우 중요하지만 널리 사용되는 하나의 원격 감지 자산인 ceilometer는 여전히 활용률이 낮다. Vaisala CL31 ceilometer는 현재 미국 전역의 공항에 있는 900개 이상의 ASOS (Automated Surface Observing Station)에 설치되어 현재 시간당 METAR 관찰에서 최대 3 개의 클라우드 데크에 대한 클라우드 기반 높이 및 스카이 범위 정보를 제공한다.

이러한 관측 값을 생성하기 위해 CL31은 1분마다 수직 백스캐터 프로파일을 생성하여 클라우드 기반 높이 및 스카이 범위를 계산하는 알고리즘을 적용한다. 기상 조건이 계산되면 원시 후방 산란 프로필이 삭제된다. 이러한 폐기된 프로파일은 CL31의 10미터 수직 분해능으로 인해 WSR-88D 부피 스캔에 의해 제공된 것보다 최대 2배 큰 서브 클라우드 기반 강수 범위 및 구조에 대한 귀중한 통찰력을 제공할 수 있다. 이러한 가능성을 조사하기 위해, 국립대기연구센터(NCAR)는 FAA 인 클라우드 결빙 및 대형 낙하 중 지표 관찰 장비 생산물군의 일부로 KALO(Kalamazoo International Airport)의 CL31에서 CL31의 데이터를 설치, 운영 및 보관했다. 원시 백스캐터 프로파일은 GOES-16, 그랜드래피즈(KGRR)에서 74km 떨어진 WSR-88D 및 ICICLE 데이터 셋을 포함하여 사용 가능한 다른 기상 데이터 셋에 대해 분석된다. 터미널 영역 결빙 진단에 적용 할 수 있다.

(6) ICICLE 현장 프로젝트 중 초 고해상도 항공기 결빙 예측

발표자: Gregory Thompson, NCAR, Boulder, CO

ICICLE은 현대의 과냉각 수적의 고해상도 수치 모델 예측을 테스트하기 위한 유역 순간을 제시했다. 또한, 현장 캠페인은 작은 입자 구름 내 착빙

과 이슬비와 언 비 사이의 명시적 예측을 평가할 기회가 비교적 독특했다. 이 강의에서는 2019년 2월 17일 두 차례의 항공편에서 얼음 알갱이, 눈 알갱이 및 더 일반적으로 측정되는 구름 내 작은 수적 결빙과 함께 언 이슬비 상태에서 여러 시간이 포함된 사례 연구 결과를 보여준다. 600 미터 격자 간격과 Thompson 및 Eidhammer 에어로졸 인식 미세 물리 체계를 갖춘 Weather Research and Forecasting 모델 사용을 한 수치 모델 결과는 에어로졸 농도, 물과 얼음의 입자 크기 분포, 온보드 레이더 데이터, 표면 관측 및 위성 밝기 온도의 항공기 측정과 비교된다.