

□ 세계공역예보시스템(WAFS) 개선 계획

- 세계공역예보센터(이하 WAFS*)는 ICAO 아시아·태평양지역 제22차 기상분과 회의('18. 6. 18 ~ 6. 21./태국)에서 향후 10년간 차세대 세계공역예보시스템(이하 WAFS**) 개선 계획에 대하여 소개함

* WAFS: World Area Forecast Center, ** WAFS: World Area Forecast System

※ 출처: ICAO APAC MET SG/22 – IP/02, IP/03, IP/04, SP/01

- WAFS는 미래 항행 계획(GANP) 및 항공 시스템 블록 업그레이드(ASBU)에 따라 현재와 미래 수요자 요구에 부합하는 공역 기상정보를 생산하기 위하여 WAFS 격자 자료 및 SIGWX 예보 개선과 차세대 WAFS 분배시스템 개발 계획을 수립함

□ 항공 수요자를 위한 뇌우 나우캐스팅

- Météo-France는 뇌우 감지 및 예보를 위한 도구를 개발하고 있으며 이 산출물은 조종사 및 관제사에게 제공하여 사전에 위험 기상현상을 예측하여 활용하는 것을 목표로 함
- 관측기반 나우캐스팅 도구인 위성기반 산출물(RDT) 및 레이더 기반 산출물(ANCO, ASPOC 등)과 수치모델 기반 나우캐스팅 모델(AROME-NWP)의 개발 기술현황에 관하여 소개함

□ 번개 데이터 기반의 대류 세포 추적 및 예측

- Meteorage는 프랑스 국영 “번개 위치 검색 시스템(Lightning Locating System, 이하 LLS)”을 운영하고 있으며, “심한 뇌우 관측 및 보고 기술(Severe Thunderstorm Observation and Reporting Method, 이하 STORM)”를 개발하였음
- STORM의 알고리즘에는 번개 코어 세포의 식별과 실시간으로 번개 점프(lightning jump)를 모니터링 하는 두 가지 주요 기능이 있으며, STORM 검증을 위하여 번개 관측자료(LLS)와 우박 관측 자료를 활용함

□ 세계공역예보시스템(WAFS) 개선 계획

※ 출처: 2018년도 공무국외여행보고서 (ICAO 아태지역 제22차 기상분과 회의)

○ WAFS 격자 자료 개선

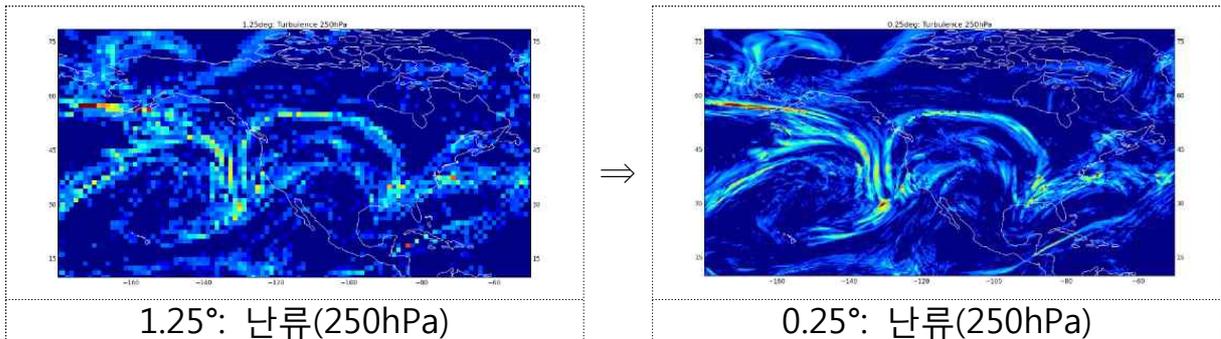
- WAFS는 WINTEM, 난류, 착빙, 습도, 권계면고도 등 다양한 격자 산출물을 제공하고 있으며, 기존 난류, 착빙 산출물이 위험강도를 제공하지 못하는 점과 저해상도 격자 자료가 예측요소의 급격한 변화 등을 충분히 반영하지 못하는 문제점을 보완하기 위하여 개선 계획을 다음과 같이 알림

① WAFS 격자 산출물 위험기상 알고리즘 개선 ('20.11.)

- (난류 산출물) 난류 가능성(Potential) ⇒ 난류 강도(Severity, EDR)
※ NOAA/NCAR에서 개발한 그래픽 난류 가이드(Graphical Turbulence Guidance, GTG) 활용
- (착빙 산출물) 착빙 가능성(Potential) ⇒ 착빙 강도(Severity)

② WAFS 격자 산출물 해상도 개선 ('22.11.)

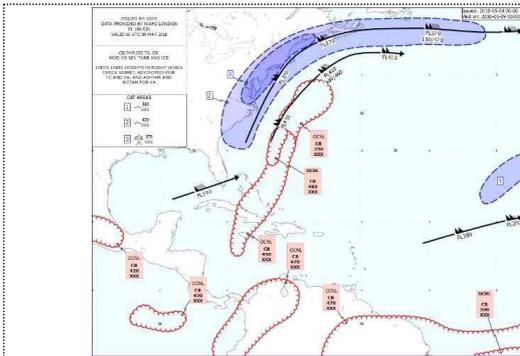
- (수평) 1.25° ⇒ 0.12°
- (연직) 16층(5,000~53,000ft) ⇒ 49층(5,000~53,000ft)
- (예측시간) 3h간격(T+6~T+36) ⇒ 1h간격(T+6~T+18), 3h간격(T+18~T+48), 6h간격(T+48~T+120)



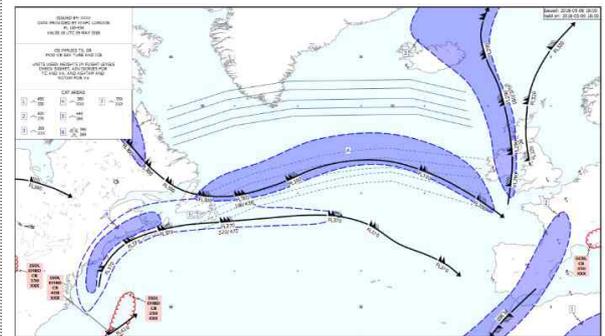
○ WAFS SIGWX 예보 개선 ('22.11.)

- 런던 및 워싱턴 WAFS는 일4회 단일 유효시간(T+24)에 대한 중고도, 고고도 SIGWX 예보를 생산하고 있으며, 양 센터 간 예보가 일치하지 않는 점, 단일 유효시간 예보로는 짧은 비행(12시간 이내) 및 초장기 비행계획 조건에 맞지 않는 등 문제점을 개선하고자 개선 계획을 다음과 같이 알림
- (예보 유효시간 확대) 단일 유효시간(T+24) ⇒ 3h간격 48시간 예측(T+6, T+9, ..., T+45, T+48)
- (고고도 SIGWX 연직범위 확대) FL250 ~ FL630 ⇒ FL100 ~ FL530
※ 중고도 SIGWX(FL100~FL450) 운영 종료('22.11.)
- (자료형식 개선) BUFR 형식 ⇒ IWXXM 형식 SIGWX 산출물 제공 ('22.11.)
※ BUFR 형식 SIGWX 예보(T+24) 종료('24.11.)

- (차세대 SIGWX 예보요소) 제트류(위치, 풍속, 제트축 고도), 적란운(운정고도), 난류(MOD, SEV 영역), 열대성저기압, 화산 분화, 방사성 누출, 모래/먼지 폭풍
 - ※ 착빙, 적란운 운저고도, 제트의 깊이(두께), 권계면고도 요소는 포함여부 검토 중
- 전자비행정보(EFB*)의 도입, 비행정보 관련 첨단 소프트웨어 사용이 급증함에 따라 SIGWX 예보를 외부 시스템에 결합하여 사용이 가능하며, 다양한 사용자 인터페이스의 활용이 가능함
 - * Electronic flight Bags
 - ※ 사용자 인터페이스 예: 지도영역 설정, 사용자정의 색상, 특정 운항고도 정보 표출, WAFS 격자 자료 및 항공로 정보 등 다양한 항공정보와 중첩 등



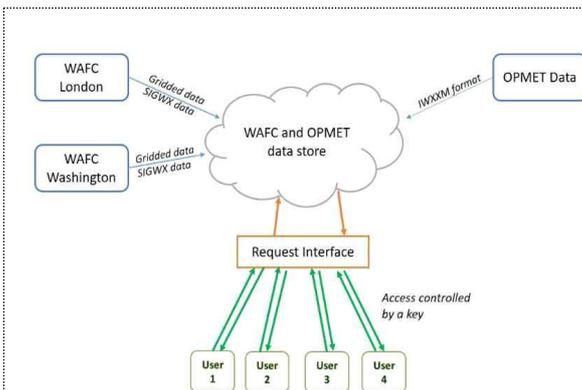
사용자 맞춤 지도 영역 설정



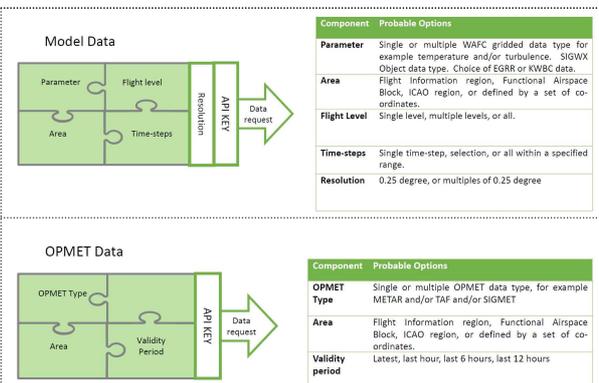
항공로 정보와 중첩

○ 차세대 WAFS 분배시스템(SADIS, WIFS) 개발('22.11.)

- WAFS는 '22.11에 도입될 고해상도 WAFS 자료를 효율적으로 다루기 위하여 차세대 보안항공데이터정보서비스(이하 SADIS*) 시스템 및 WAFS 인터넷 파일 시스템(이하 WIFS**) 개선 계획을 알림
 - * SADIS: Secure Aviation Data Information Service
 - ** WIFS: WAFS Internet File System
- 차세대 SADIS는 클라우드 기반 시스템으로 사용자가 API를 통하여 데이터를 요청하여 데이터 수신
 - 사용자가 모델자료(변수, 운항고도, 영역, 시간, 해상도) 및 OPMET 데이터(자료, 영역, 유효시간)의 선택사항을 결정하여 요청



차세대 SADIS 시스템 모식도



API 방식 자료 요청

□ 항공 수요자를 위한 뇌우 나우캐스팅

※ 원문: Jean-Marc Moisselin, Meteo-France, Nowcasting thunderstorms for aeronautical end-users, WMO Aeronautical Meteorology Scientific Conference 2017 (France Toulouse, 6-10 November 2017)

- Météo-France는 뇌우 감지 및 예보를 위한 도구를 개발하고 있으며 이 산출물은 조종사 및 관제사에게 제공하여 사전에 위험 기상현상을 예측하여 활용하는 것을 목표로 함
- **위성 기반 산출물(RDT)**
 - NWCSAF(Eumetsat's Satellite Application Facility for Nowcasting)는 “RDT(Rapidly Developing Thunderstorm)” 소프트웨어를 개발함
 - RDT는 정지궤도 위성의 밝기 온도와 선택자료로 NWP 모델 또는 뇌전 관측 자료를 사용하며, 뇌우 세포를 감지하고 추적함. 또한 구름의 냉각 속도, 뇌우 꼭대기, 수평 확장 등과 같은 다양한 속성을 관측함
 - RDT(v2016)는 대류운 셀의 1시간 외삽을 제공하며, NWP 자료는 온난 시스템 탐지를 향상시키는데 사용하고 있으며, 뇌전 자료는 대류 판단 가이드로 사용됨
 - Météo-France는 RDT를 5개 인공위성(GOES-W, GOES-E, MSG3, MSG1, Himawari-8)을 사용하여 전 지구 정보를 생산하고 있음
- **레이더 기반 산출물(ANCO, ASPOC, ASPOC3D)**
 - “ANCO(Aeronautical Nowcasting Convection Object)”는 레이더와 위성 자료를 결합하여 대류운 셀을 탐지, 추적 및 추정(외삽)하고 운정고도(운향고도 단위 사용)와 경향, 대류운의 강도 정보를 포함함
 - “ASPOC(Application de suivi et prevision des orages pour le controle aerien)”는 뇌전경보(Thunderstorm warning)에 대한 애플리케이션으로 항공 교통관제사에 제공되고 있음(30분 예보)
 - Météo-France는 각 대류운의 추정 운정 고도를 제공하는 “ASPOC3D”를 개발하였으며, 프랑스 항공노선 및 접근관제센터에서 사용하고 있음
- **AROME 나우캐스팅 모델(AROME-NWP)**
 - “AROME-NWC”는 2016년 3월부터 운영된 나우캐스팅 모델로 예보관 지원과 기존의 나우캐스팅 산출물 성능 향상을 위한 방안으로 설계됨
 - “AROME-NWC”는 강수량, 눈, 안개, 돌풍, 습도, 운량 등 지면상태 예측을 하며, 짧은 예측빈도(1시간 단위 갱신), 1.3km 해상도, 예측 범위는 15분마다 샘플링, 최대 6시간 예보, 예보기준 30분 후에 예보가 가능함

□ 번개 데이터 기반의 대류 세포 추적 및 예측

- ※ 원문: Stephane Pedebay, Meteorage, Tracking and prediction of convective cells based on lightning data, WMO Aeronautical Meteorology Scientific Conference 2017 (France Toulouse, 6-10 November 2017)
- Meteorage는 “심한 뇌우 관측 및 보고 기술(Severe Thunderstorm Observation and Reporting Method, 이하 **STORM**)”를 개발하였음
 - STORM은 구름과 땅 사이(Cloud-To-Ground, CG) 섬광과 구름 사이(Cloud-To-Cloud, CC) 방전으로 구성된 토달번개 자료를 기반으로 뇌우를 탐지하고 위험기상 예방을 목적으로 함
 - **STORM의 알고리즘**에는 번개 코어 세포의 식별과 실시간으로 번개 점프(lightning jump)를 모니터링 하는 두 가지 주요 기능이 있음
 - **A. 번개 세포의 식별**은 번개 위치 검색 시스템(Lightning Locating System, 이하 LLS)에서 관측된 번개 플래시를 그룹화한 자료를 기반으로 함. Meteorage는 “밀도 기반 공간 클러스터링(Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise, DBSCAN)” 알고리즘을 선택하였으며, “근접 이웃 탐색(nearby neighbors search)” 기술을 사용하여 이산 거리와 국소 밀도에 따라 포인트를 그룹화 함
 - **B. 세포의 강도 평가**는 각각의 번개 비율(lightning rate, 분당 플래시 수)의 발달에 따라 모니터링 됨. 이 평가의 목표는 가능한 긴 리드타임을 확보하여 경보메시지를 내기 위하여 번개 점프의 시작을 관측하는 것임
 - 본 연구에서 **STORM 검증**을 위하여 번개 관측자료(LLS)와 우박 관측 자료를 활용하였으며, 검증 결과는 다음과 같음
 - 총 82개의 번개 세포가 145개의 유효 우박 관측자료와 관련이 있었으며, 그 중 19개(22%)가 1회 이상 우박 관측이 나타남. 관측 데이터 세트의 86%가 +/-5분 내에 상관관계가 있고 우박과 번개 세포 데이터가 거의 시간차이가 없었으므로 세포와 우박 간 상관관계가 매우 잘 나타남
 - 145건의 우박 관측이 번개 점프를 생성하는 심한 번개 세포와 관련 있다고 가정한다면, STORM의 번개 탐지율(Probability of Detection, POD)은 82%에 달하는 것으로 나타나며, 우박의 직경이 20mm와 25mm이상인 경우 탐지율이 각각 89%, 100%로 증가함
 - 그러나 이 계산은 STORM이 우박 관측이 있었으나 번개 세포를 식별하지 못한 경우를 고려하지 않은 축소된 결과이며, 이 경우 248건의 우박 보고가 식별되어야 한다고 가정하면 탐지율은 48%로 떨어지며, 직경이 20mm, 25mm 이상인 경우 각각 60%, 80%로 떨어짐