

# VTT Calculation 알고리즘을 적용한 소프트웨어 구현방안

서광훈<sup>1\*</sup>, 문은경<sup>1</sup>, 송만용<sup>1</sup>  
다보이앤씨<sup>1</sup>

## 초 록

본 연구는 공항과 항공기 운영 효율의 향상을 위해 도입되고 있는 A-CDM의 주요구성요소인 Variable Taxi Time을 계산하기 위해 필요한 요건들과 유사 사례들을 검토하고, 특히 A-SMGCS와 같은 Surface Manager 기능에서 항공기의 지상이동 과정의 Taxi Time 계산에 영향을 미치는 다양한 요소와 동적요인을 분석하여 이를 토대로 VTT를 계산하는 접근방법을 소개하고자 한다.

## 1. 서 론

공항의 운영적 이벤트 발생 예측을 개선하고, 항공기 턴어라운드 프로세스 효율을 개선함으로써 공항 운영을 최적화 하려는 시도가 세계적으로 많은 공항들에서 활발히 진행되고 있다. 그러한 작업의 일환으로 특히 A-CDM<sup>1)</sup>을 구축함으로써 공항운영에 관계하는 다양한 기관에 효율적인 정보공유 도구를 마련하려는 다양한 시도가 전세계적으로 이루어지고 있다.

VTT는 항공기가 활주로와 주기장 사이를 이동하는데 소요되는 시간을 예측한 것이다[1].

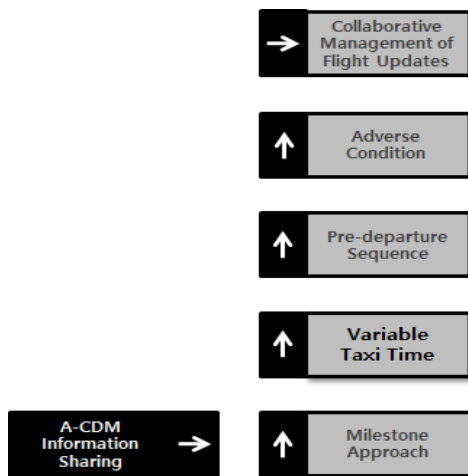


Fig 1. Airport CDM Concept Elements

Fig 1은 Eurocontrol의 A-CDM Implementation Manual에 정의된 A-CDM 개념요소들이다. A-CDM의 근간이 되는 개념 요소들 중에서 Variable Taxi Time은 특히 복잡한 공항환경에서 특히 항공기의 도착시간과 이륙시간을 예측하는 필수요소이다[2].

기상여건이나 공항의 레이아웃에 따른 상황별, 항공기별 Taxi Time을 계산하지 않고, 고정적인 소요시간을 적용하는 방식에서 벗어나 공항의 레이아웃과 기상여건, 항공기별 소요시간에 따른 Taxi Time을 계산함으로써 VTTC<sup>2)</sup>는 예측시간의 적중률을 현저히 향상시킬 수 있다.[3]

항공기 도착 시간과 이륙시간의 적중도를 높이는 예측방법으로서 Variable Taxi Time Calculation에 대한 정의는 다음과 같다.

“Calculating and distributing to the Airport CDM Partners estimates of taxi-in and taxi-out times to improve the estimates of in-block and take off times[4]

“in-block 시간과 이륙시간의 예측을 개선하기 위해, taxi-in 소요시간과 taxi-out 소요시간 예측을 계산하고 A-CDM 파트너들에게 분배함”

본 연구에서는 A-CDM의 핵심요소인 VTTC 모델에 대한 특성사례를 검토하고, VTTC 산정을 위한 다양한 동적요소를 도출하며 이를 모델화하여 공항에 최적화된 VTTC 모델을 수립하는 방안을 모색할 것이다.

1) A-CDM(Airport Collaborative Decision Making): 공항의 운영과 항공기 운항에 직간접적으로 관련된 항공사와 조업체, 기관간의 데이터 공유를 통한 협력적 의사결정 시스템

2) VTTC(Variable Taxi Time Calculation): A-CDM의 핵심요소인 Variable Taxi Time을 계산하기 위한 방법. 공항의 레이아웃을 비롯한 다양한 공항적 특성과 해당 공항의 관계절차의 특성 등이 반영되어야 한다.

## 2. 본론

Variable Taxi Time을 계산하는 접근방법은 크게 두 가지 시각으로 나누어 볼 수 있는데, 고정적인 방법(Static VTTC)와 동적인 방법(Dynamic VTTC)이 있다. VTTC의 품질은 다음의 데이터 항목들에 대하여 의존성이 크다.

- 입력데이터의 유형과 정확성
  - 예측된 이벤트 시간(ELDT<sup>3</sup>, TOBT<sup>4</sup>)
  - 항공기의 실시간 위치 데이터
  - Flight Plan 데이터  
(활주로, 주기장, 기종 등)
  - 공항 환경정보  
(공항 레이아웃, 기상, 관제절차 등)
- VTTC 계산 방법
  - 미리 계산된 look-up 테이블 적용  
(요일별, 시간대별, 구간별, 운영등급별)
  - 실시간 데이터를 기반으로 계산  
(운항편별로 제반 데이터로 실시간 계산)

### 2.1 VTTC 유형

#### 2.1.1 Static VTTC

Static VTT 계산은 요일별 시간대별 특성, 기상조건, 공항의 운영등급, 게이트와 활주로별 소요시간 특성 등 Taxi Time에 영향을 주는 요소들을 기준으로 분류기준별 예측시간에 대한 통계치를 적용한 Look-up 테이블을 만드는 방법이다.

공항의 운영적 환경적 특성에 따라 Look-up 테이블을 만들고 각각의 조건에 대한 실제 소요시간을 조사하여 이를 분석하고 예측시간을 입력하여 Look-up 테이블 초안을 완성한다.

이렇게 준비된 Look-up 테이블 초안은 이후 공항의 과거 항공기 이동시간 이력데이터를 사용하여 Look-up 테이블의 예측 적중률을 검증한다. 특이상황이 아니었음에도 목표치를 초과하는 편차가 발생한 경우 원인을 분석하여 Look-up 테이블을 개선한다.

3) ELDT(Estimated Landing Time): 도착 항공기의 예측 착륙시간.  
 4) TOBT(Target Off Bolck Time): 항공기의 출발을 위한 게이트 (또는 주기장) 출발 목표 시간.

Fig 2.는 이러한 Static VTTC의 개념을 나타내고 있다. 공항의 운영등급(OPS Condition)을 입력 받아서 사전에 작성된 Look-up 테이블에서 조건에 해당되는 VTT를 검색하는 방법이다.

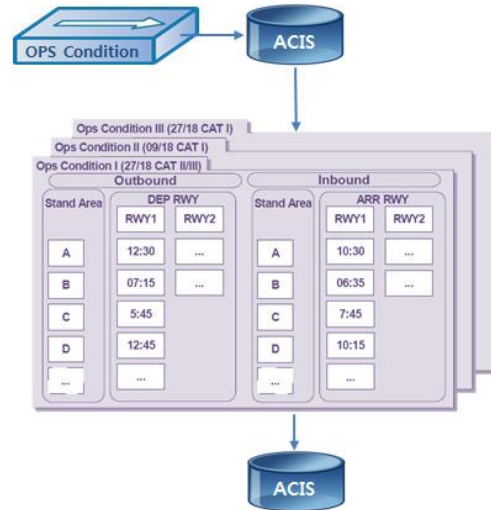


Fig 2. Static VTTC의 개념[5]

#### 2.1.2 Dynamic VTTC

Airport CDM Manual에 따르면 이러한 Dynamic VTTC를 일컬어 Advanced taxi time calculation이라고도 부른다.

다음의 Fig 3.은 Dynamic VTTC의 개념을 기능흐름도 형식으로 보여준다.

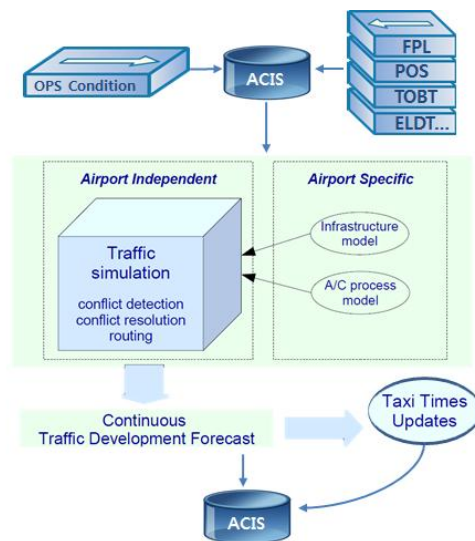


Fig 3. Dynamic VTTC의 개념[5]

- Flight Plan, 항공기 위치 데이터, TOBT, ELDT 등의 다양한 데이터를 취합하고,
- 여기에 해당 공항의 특성에 해당되는 공항 레이아웃이나 항공기 처리절차를 입력받아
- Aircraft Conflict Detection과 Conflict Resolution Routing과 같은 트래픽 시뮬레이션을 수행하여
- 연속된 공항 교통 예측정보를 생성하고,
- 이를 Taxi Time에 반영한다.

VTTC는 주로 Departure Management에 필요한 TSAT와 TTOT를 구하는데 필요하다. Departure Management에 필요한 개선항목을 구하기 위해 두가지 처리를 수행할 수 있다.

- 활주로 홀딩포인트에서의 출발지연 예측은 출발/도착 항공기의 양에 의존적이다. Taxi Time의 예측은 TOBT에 기초하여 개별 항공기에 대하여 홀딩 포인트에서 도착시간을 계산할 수 있게 해준다.
- Pre-departure Sequence(TSAT<sup>5)</sup> Allocation)의 최적화는 TTOT로부터 소요되는 Taxi-out 시간을 고려하여 계산될 수 있다. TAST의 최적화를 위한 기본 공식은  $TSAT = TTOT^{6)}$  - EXOT<sup>7)</sup> 이다.

## 2.2 VTTC 구현 모델

Variable Taxi Time 계산을 위한 고려요소는 동적인 요소와 정적인 요소로 구분할 수 있다. 정적인 요소는 주로 공항의 레이아웃에 따른 주기장과 활주로 간의 구간별 소요시간, 속도제한과 같은 공항 관제절차에 따른 요소가 있으며 이들은 사전에 그 값을 구하여 테이블화하여 사용할 수 있다.

반면, 동적인 요소는 Flight Plan, 가시거리, 운항 항공기의 성능과 Wing span, Aircraft Conflict 와 같이 사전에 예측이 어려운 데이터들로서 VTTC 산정시점에서 가장 최신의 데이터를

적용하여야 한다.

VTTC 모델을 수립하는데 있어서 실시간 입력 데이터의 타입과 정확성이 중요하므로 공항에서 가장 근접한 유형의 데이터를 획득하는 방법과 해당 데이터를 가공하여 VTTC 산정에 필요한 기준의 정확도로 개선하는 방안도 강구되어야 한다.

### 2.2.1 Aircraft conflict Detection

Dynamic VTTC에 있어 개별 항공기의 Taxi Time을 향상시키기 위해서는 이동 중 항공기간 간섭 감지(Aircraft Conflict Detection)가 중요하다.

Fig 4는 Aircraft Conflict Detection의 유형을 크게 3가지로 나누어 보여준다.

- Intersection Conflict : 항공기들이 교차로나 합류지점에서 만나는 경우
- Opposite Route Conflict : 반대방향으로 진행하는 항공기들이 동일한 구간을 경유하는 경우
- Blocking Conflict : 푸시백하는 항공기가 직진하는 항공기와 조우하는 경우

VTTC의 정밀한 산정을 위하여 개별 항공기마다 ELDT와 EOBT 등의 데이터를 기준으로 항공기가 이동할 표준 경로에 따라 Aircraft Conflict Detection결과를 분석하여야 한다.

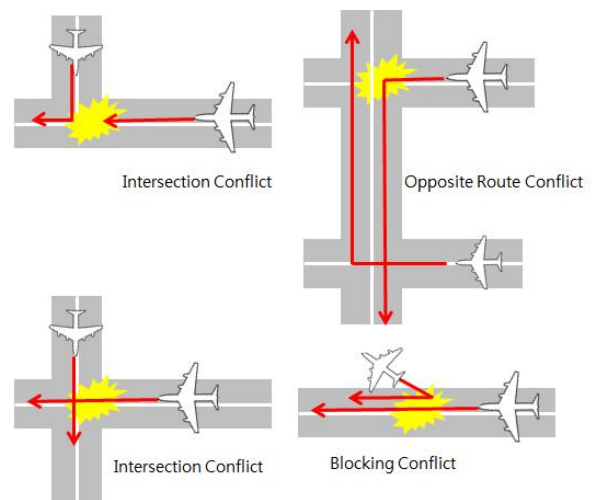


Fig 4. Aircraft Conflict Detection

### 2.2.2 Dynamic VTTC 구현 개요

5) TSAT(Target Start-up Approval Time): 항공기의 출발을 위한 start-up 승인시간.  
 6) TTOT(Target Take-Off Time): 항공기의 이륙 목표시간.  
 7) EXOT(Estimated Taxi Out Time): 항공기 출발을 위하여 Taxi out에 소요되는 예측 시간.

Dynamic VTTC를 구현하기 위한 모델을 데이터의 설정기준과 산정방식으로 나누어 접근하였다. 항공기 성능에 따른 속도나 중량이 Taxi Time에 미치는 영향이 적고, 공항 상황과 항공기 간 간섭에 따라 Taxi Time이 달라짐을 감안하여 항공기 성능과 조종사의 Human Factor는 고려하지 않았다.

### 2.2.3 Dynamic VTTC 구성

Dynamic VTTC를 구현하기 위한 요소들을 검토하고 이를 구현하고 보완하는 방안을 검토하였다. 이렇게 만들어진 Dynamic VTTC 모듈은 아래의 Fig 5와 같이 구성할 수 있다.

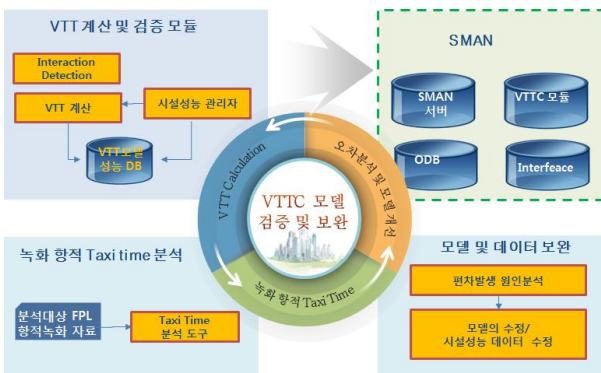


Fig 5. Dynamic VTTC의 구성

## 3. 맺음말

항공 물동량의 증가와 국제교류 활성화에 따라, 수송수단으로서의 항공교통의 경제성, 정시출발/정시도착에 대한 사용자의 요구, 환경보호를 위한 이산화탄소 절감 등 항공교통에 대한 당면 과제는 A-CDM이나 ATFM시스템 등을 이용한 사전예측과 통제를 통해 큰 효과를 거둘 수 있다.

ICAO A-SMGCS 매뉴얼에는 “가용 공항지원을 효율적으로 활용하고 항공기 지연을 막기 위해서, A-SMGCS가 출발항공기에 대한 Departure Sequencing도 제공할 필요가 있다” 고 명시되어 있다. VTTC에 A-SMGCS의 항공기 ID와 위치 데이터를 적용하면 높은 품질의 VTTC 결과가 기대되며, 이를 Pre-departure Sequencing에 적용

함으로써, A-SMGCS의 유용성을 증대시키는 효과도 기대할 수 있다.

## 후 기

본 연구는 국토교통부 항공안전기술개발사업 연구비지원(15ATRP-C069188-03)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [1] Eurocontrol, 2012, The A-CDM Implementation Manual, Belgium Brussels, P. XIX
- [2] Eurocontrol, 2012, The A-CDM Implementation Manual, Belgium Brussels, P. VIII
- [3] Natalie Hammerich, 2006, Variable Taxi Time Calculation CDM TF 12 Eurocontrol, Belgium Brussels, P. 12
- [4] Natalie Hammerich, 2006, Variable Taxi Time Calculation CDM TF 12 Eurocontrol, Belgium Brussels, P. 3
- [5][6] Natalie Hammerich, 2006, Variable Taxi Time Calculation CDM TF 12 Eurocontrol, Belgium Brussels, PP. 7~8
- [7] Thomas Günther, Matthias Hildebrandt, and Hartmut Fricke, 2010, Contributions of Advanced Taxi Time Calculation to Airport Operations Efficiency, Air Transport & Operation Symposium 2010, P.4