

論文

A-SMGCS 개발에 따른 적정성 평가와 검증방법에 관한 연구

홍승범, 최승훈, 조영진, 최연철*

A Verification & Validation Methodology Study
on the Development of A-SMGCS

Seung-Beom Hong, Seung-Hoon Choi, Young-Jin Cho and Youn-Chul Choi*

ABSTRACT

In this paper, we states the verification and validation methodology for the modular system of A-SMGCS which defined in the ICAO Manual on Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems. Such systems aim to maintain the declared surface movement rate under all weather conditions while maintaining the required level of safety. With the complete concept of an A-SMGCS, air traffic controllers, vehicle drivers, flight crews, and are assisted with surface operations in terms of surveillance, control, routing/planning and guidance tasks. A-SMGCS verification and validation for the development of Real Time Simulation, shadow mode trials, operational trials are conducted through three methods. In this study, the characteristics and the need for such a verification method was examined.

Key Words : A-SMGCS(지상이동 안내 및 관제시스템), Verification(확인), Validation(검증), Real Time Simulation(실시간 시뮬레이션), Shadow Mode Trials, Operational Trials

1. 서 론

국제민간항공기구(ICAO)에서는 국제항공운송 업무와 관련된 분석에서 2025년까지 여객시장과 화물시장이 각각 연평균 4.6%, 6.6%의 성장률을 보일 것으로 예상하고 있다. 이와 같이 급격하게 증가하는 항공수요에 대처하기 위한 방안으로 공항을 확장하거나 대형화하는 것이 국제적인 추세이며 공항의 효율적 운영을 위하여 24시간 운영 체제의 공항이 점차 증가되고 있다. 이를 위해서는 특히 야간에 보다 신속하고 안전한 공항 운영이 요구되는데 국제민간항공기구는 이와 관련하

여 표준과 권고에 부합하는 등화의 운영을 강조하고 있으며 이를 충족시키는 공항의 전천후 운영시스템의 구축을 위하여 더욱 고도화된 관련 기술의 개발과 추진이 요구되고 있다[1].

현재 소규모의 개인소유 공항을 제외한 국제공항, 대부분의 군용공항, 중형공항들은 국제기준에 따라 항행안전을 위한 다양한 형태의 등화시스템을 구축하여 운영하고 있는데 저시정 상황에서의 공항운영을 위해서는 개별등화 감시 및 제어시스템(ILCMS; Individual Light Control and Monitoring System)과 지상이동 안내 및 관제(A-SMGCS; Advanced Surface Movement Guidance and Control System)이 필수적이다.

A-SMGCS는 감시, 관제, 안내, 경로지정 등 4가지 주요 기능으로 구성되고 있으며, 각 기능이 상호 유기적으로 작동하면서 관제사에게 정보를 제공하기 위한 서비스이다. 현재 국내에서는 A-SMGCS 기능을 상호 유기적으로 지원할 수 있는

2014년 06월 02일 접수 ~ 2014년 06월 18일 심사완료
논문심사일 (2014.06.11, 1차)

* 한서대학교 항공학부

교신저자, E-mail : 최연철 pilot@hanseo.ac.kr

충남 태안군 남면 신온리 한서대학교 태안비행장

HMI(Human Machine Interface)가 적용되는 레벨 IV급 A-SMGCS 기술을 확보하기 위한 연구가 진행 중에 있다.

A-SMGCS를 개발하고 모듈시스템을 도입하기 위해서는 우선적으로 장비도입에 따라 발생할 수 있는 문제점 여부를 검증하기 위한 안전성평가를 시행해야 하는데 이는 ‘확인(Verification)’단계와 ‘검증(Validation)’의 두 단계를 통하여 수행된다.

확인단계는 사용자의 요구사항에 대한 시험을 포함하여 A-SMGCS의 기능적인 부분과 모든 하부 시스템들을 시험하는 것이며, 검증단계는 시스템의 안전, 능력 및 효율, 인적, 비용 편익 측면에서 기능들의 성능 시험을 수행하는 것이다. 이러한 검증절차는 전체 시스템의 성능평가는 물론 교통조건을 포함하는 특정한 실험요소들을 포함하여 수행한다[5][6]. 시험평가의 방법으로는 Real Time Simulation, Shadow Mode Trial, Operational Trial 기법이 있다. 본 연구에서는 국내에서 개발되는 A-SMGCS의 적정성과 안전성을 점검하기 위한 기초연구로 확인과 검증방법론에 대하여 알아보고 각 방법에 대한 특징을 분석하였다.

2. Level IV급 A-SMGCS

A-SMGCS는 감시와 안내, 경고기능을 통합하여 지상관제사의 업무효율성을 증대하는 중요한 지상관제 보조장비로 특정조건 이하의 기상조건과 야간에 지상의 항공기를 안전하게 유도함으로써 공항의 수용능력을 증대시키는 주요장비이다.

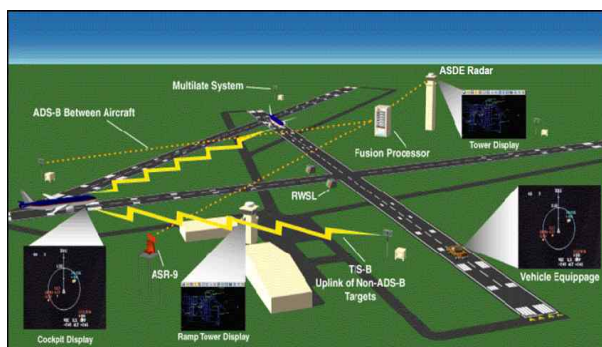


Fig. 1 Concept of A-SMGCS's Functions

대부분의 A-SMGCS는 다음 4가지 기능을 보유하고 있다[4].

1) 감시 : 조종사 및 이동차량 운전자들에게 교통정보를 전송하기 위한 수단으로 항공기/차량 및 기타 물체에 대한 식별 및 정확한 위치를 감시한다.

2) 통제 : 이동지역 내의 다른 이동차량과 관련된 어떠한 충돌에 대하여 감지하며 효과적인 지상이동을 확보하기 위한 방법을 제공한다.

3) 안내 : 감지된 항공기 및 이동차량의 위치 장애물, 활주로, 지상 활주로에서 보이는 연속적이고 명백하며 신뢰성 있는 정보를 제공하는데 필요한 시설이다.

4) 경로지정 : 위치에서 의도된 위치로 안전하고 신속하게 이동하기 위한 계획 및 지상규칙과 다른 이동차량 및 항공기와의 잠재적인 충돌에 따른 지연을 최소화 시킨다.

A-SMGCS는 통상 ICAO Doc. 9830과 유럽의 EMMA 2에서 정의하고 있는 기준에 입각하여 Level I부터 V등급으로 구분한다. 현재 국내에서 개발하고자하는 Level IV급은 안내와 경로지정을 관제사의 개입 없이 자동으로 제공하는 수준으로 이를 위하여 HMI 기능이 제공함으로써 각 기능이 연계되는 통합적인 시스템이다.

각 시스템은 모듈별로 검증이 필요하므로 각 모듈에 따른 요구도 설정과 시스템 평가를 시행하며 테스트베드를 지정하여 시스템의 안전성을 평가하게 된다.

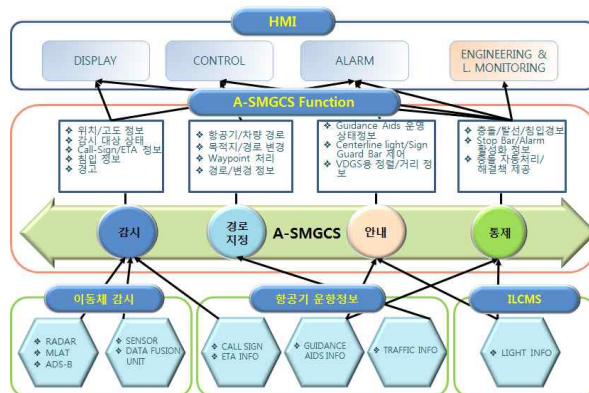


Fig. 2 Level IV A-SMGCS Structure

3. A-SMGCS 개발의 적정성 검증

3.1 A-SMGCS 확인 및 검증 방법론

A-SMGCS의 확인 및 검증을 수행하기 전에 각 시스템 모듈별로 시스템이 제대로 동작이 되는지를 판단하게 되는데 각 모듈에 따른 확인 단계와 전체 시스템과의 연동에서 기능에 부합하도록 동작하는지를 검증 단계를 수행하게 된다.

‘확인(Verification)’ 단계는 사용자 요구사항에 대한 시험을 통하여 A-SMGCS의 기능적인 부분과 모든 하부조직들을 확인하는 것으로 점검표 및 설문지 등과 같은 개발사양서에 입각하여 이

를 확인한다.

‘검증(Validation)’ 단계는 시스템 측면에서 다양한 기능들이 안전, 능력 및 효율에 영향을 주는 부분 및 인적요인 그리고 비용 편익의 측면을 고려하여 성능시험을 시행하는 단계이다.

또한 검증절차는 전체 시스템 운영에 대한 성능 평가를 포함하므로 특정한 시정 상황과 교통 조건 등이 포함하여 기존 시스템과의 각종 성능을 비교하여 수행된다[5,6].

3.1.1 A-SMGCS 확인/검증단계

A-SMGCS 확인/검증은 4단계의 보조 단계로 나누어진다.

- ‘기술시험(Technical Test)’ : A-SMGCS 장비의 기술적 성능을 평가하기 위해 수행하는 시험으로, 이 단계는 장비성능과 관련된 내용이 주를 이룬다.
- ‘운용 가능성(Operational Feasibility)’: 이전 단계에서 평가된 성능과 동일한 장비와 절차의 운용 측면에서의 사용정의를 말하며 이 단계에서는 장비가 사용가능하고 적합한가에 대한 내용을 포함한다.
- ‘운용개선(Operational Improvements)’ 단계는 이전단계에서 정의된 장비와 절차에서 안정성, 수용성, 효율성, 인적 요소의 관점에서 운용 개선 가능성을 말하며 A-SMGCS 장비와 절차에 따라 ATM(Air Traffic Management) 성능은 어떻게 개선되는가에 대한 내용이 주를 이룬다.
- ‘운용이점(Operational Benefits)’ 단계에는 운용 개선이 주는 경제적 이익을 말하며 A-SMGCS 제품 사용자나 구매자의 경제적 이익은 무엇인가에 대한 내용으로 비용적 가치에 대한 내용이 주를 이룬다[5].

3.1.2 확인/검증활동이 안전에 미치는 영향

안전이란 수용할 수 없는 위험이나 피해로부터의 자유로 정의된다. 따라서 안전은 위해와 같은 상황이 발생될 빈도나 확률의 관점에서 표현될 수 있다. 위해(Hazard)란 “어떤 조건, 상황이나 정황이 사고나 준사고로 연결 될 수 있는 조건”으로 정의된다. 그러나 이는 적절한 대책(Mitigation)으로 사고/준사고로부터 예방할 수 있는데 여기서 말하는 대책은 허용가능 수준에서 위험을 줄이고 피해를 일으키는 것으로부터 위험을 제어하거나 예방하는 단계를 의미한다.

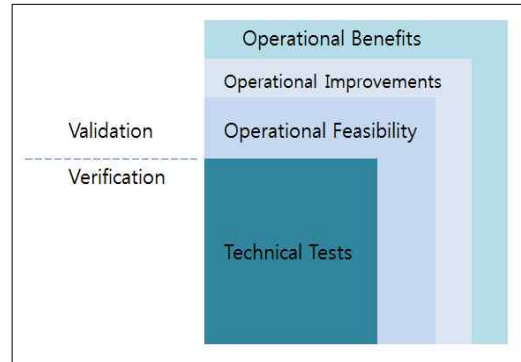


Fig 3. Stages of V&V Activities

확인/검증활동은 이러한 측면에서 A-SMGCS 시스템 도입에 따라 발생할 수 있는 다양한 위해 상황을 검증하여 안전평가를 수행하는 것이다. 즉, 확인/검증활동은 장비가 설치된 시험지역에서 A-SMGCS를 실제 운영하면서 수행하므로 안전평가가 수반된 상태에서 이루어져야 한다. 확인/검증활동이 공항운영과 안전에 부정적 영향을 미치지 않도록 해야 하며 안전평가는 다음 활동들을 다룬다.

- 공항에서 실험적인 시스템/플랫폼의 설치
- 시험 시스템/플랫폼을 운용하면서 검증 시행
- 확인/검증과 관련된 측정값 비교

안전평가는 위의 활동과 관련된 잠재적인 위험을 식별하고 그에 따른 위험을 위한 관련 빈도(Frequency)와 심각도(Severity)를 제공하며 식별된 위험에 대한 효과적인 대책이 권고되어야 한다. 이러한 안전효과 분석의 결과는 식별된 위험의 수용성을 위한 기준을 정할 수 있어야 한다.

3.2 A-SMGCS 확인/검증시험과 절차

확인 및 검증시험을 위한 대표적인 시험으로는 실시간 시뮬레이션 시험, Shadow모드 시험, 운영모드 시험 등의 3가지가 대표적이며 세부내용은 다음과 같다.

3.2.1 실시간 시뮬레이션 (RTS)

실시간 시뮬레이션은 ATC 시뮬레이터 혹은 비행시뮬레이터에서 수행되고 평소 상황에서 자연스럽게 발생하는 문제와 관제사나 조종사의 행동을 모두 포함하여 검증하는 절차이다. 안전과 관련된 부분은 일반적으로 항공교통의 밀도와 관련하여 발생하는 사고/준사고의 건수에 대한 측

면에서 고려된다. 공항운영과 관련하여 다음과 같은 잠재적인 준사고 요인이나 이에 수반되는 위험을 확인할 수 있다.

- 활주로 충돌
- 안전 분리의 위반
- 항공기에 의한 잘못된 지상활주 경로
- 비행장에서 반대편 항공기

실시간 시뮬레이션 시험에서는 조종사나 종사자가 항공교통관제사의 지시 위반의 조건을 조성하여 불안전 상황을 만들 수 있다.

해당 시험에서 파라미터는 다음과 같다.

- 불안전 상황의 탐지를 위한 응답시간
- 불안전 상황을 해결하기 위한 지시에 따른 응답시간

또한 A-SMGCS 기술 결함과 연결되는 상황들은 다음과 같다.

- 감시기능이 일시적으로 사용 불가능하게 되는 경우(식별되지 않은 지상 교통 정보)
- 잘못된 식별 항공기 예측
- 잘못 탐지된 활주로 충돌 경고
- 활주로의 충돌 경보시기 통보 실패

위와 같은 기술 결함을 위해 감시기능 실패에 대한 조치나 잘못된 경보에 관한 조치, 혹은 이와 연관된 응답시간 등과 같이 관제사 업무에 미치는 영향을 고려하고, Table 1을 통하여 정성적인 분석을 할 수 있다.

실시간 시뮬레이션 시험이 진행되는 동안 객관적인 자료는 물론 시뮬레이션 운용 끝부분에서 디브리핑을 통한 주관적인 데이터를 수집하게 된다. 이러한 안전성 디브리핑 설문지는 다음과 같은 내용을 포함하고 있다.

- 어떠한 (비정상적/불안전/잠재적으로 위험한) 종류의 상황이 시뮬레이션 하는 동안 발생했는가?
- 어떻게 상황을 진단했는가?
- 어떤 요인이 상황 발생에 요인이 됐는가?
- 무엇이 상황에서 중요했는가?
- 만약 상황을 탐지 못할 경우 어떤 문제가 발생될 것인가?
- 만약 상황을 탐지했지만 발생될 안 좋은

결과를 무엇인가?

- 어떤 요인이 상황에서 악화되었는가?
- 얼마나 자주 실제 운영에서 이러한 위험이 발생하는가?
- 상황을 완화시킬 수 있는 조치가 있었는가?
- 최악의 경우 심각성은 어떠한 것이겠는가?

즉, 안전성 설문지는 특히 시뮬레이션상황에서 비정상적인 상황과 관련 있을 뿐만 아니라 시뮬레이션이 진행되는 동안 발생하는 모든 비정상적인 상황과 관련이 있다. 이러한 자료는 통계적 시험에만 사용되거나 종속되지 않으며 미연에 위험을 식별하는데 사용이 가능할 것이다[6].

Table 1. Objective indicators of safety in RTS(Real Time Simulation)

구분	상황조건	기존 시스템 조건	실험 조건	측정될 수 있는 데이터의 예
일반적 비정상 상황	활주로 충돌	감시 경보 기능 없음	A-SMGCS 1/2단계	- 탐지를 위한 응답 시간 - 의사결정을 위한 응답시간, - 활주로 충돌 지속 시간
	안전 분리 위반	감시 경보 기능 없음	A-SMGCS 1/2단계	- 탐지를 위한 응답 시간 - 의사결정을 위한 응답시간, 분리 실패 지속시간
	항공기에 의한 잘못된 지상 활주 경로	감시 경보 기능 없음	A-SMGCS 1/2단계	- 탐지를 위한 응답 시간 - 해결을 위한 응답 시간 - 잘못된 지상활주 경로지정 시간
	반대편의 항공기	감시경보 기능없음	A-SMGCS 1/2단계	- 탐지를 위한 응 답시간 - 의사결정을 위한 응답시간 - 상황의 지속시간
A I S M G C S 상황	감시기능 실패	적용안함	A-SMGCS 1/2단계	- 관제사 조치
	잘못된 항공기 lable	적용안함	A-SMGCS 1/2단계	- 탐지를 위한 응답 시간 - 잘못된 항공기에 실제 발급시간
	틀린 충돌 알람	적용안함	A-SMGCS 1/2단계	- 관제사 조치
	활주로 충돌 놓침	적용안함	A-SMGCS 1/2단계	- 탐지를 위한 응답 시간 - 해결을 위한 응답 시간

3.2.2 Shadow Mode Trials

Shadow Mode Trials는 실험적인 시스템과 플랫폼을 설치하여 운영팀(운영시스템 담당)과 시험팀(실험시스템 담당)으로 구분지어 진행된다. 운영팀은 교통을 통제하고 안전성 백업, 무선통신 모니터링 등을 통하여 시험팀을 돕고 시험팀은 운영팀에 무선통신을 받아 돕는 방법으로 시험하게 된다. 운영팀과 시험팀의 역할에 따라 운영팀이 교통을 통제하며 시험팀이 운영팀의 지시를 받는 능동적(Passive) 방법과 운영팀의 통제 없이 수행하는 수동적(Active) 방법이 있으며, 시험팀이 단독으로 진행되는 향상된(Advance) 방법으로 구분된다.

Shadow 모드는 시정조건 “2” 이하에서 A-SMGCS를 운영할 때 발생할 수 있는 안전 분리 위반과 같은 위험한 상황을 측정하기 위한 시험이다. 이러한 위험 상황은 언제나 발생할 수 있으며 이를 통해 관제사는 부정확한 감시정보를 제공받을 수 있고 해당 정보를 조종사에게 전달해주고 비행허가/불허가한다.

Shadow Mode Trials 역시 실시간 시뮬레이션 같은 방식으로 객관적인 자료를 포함한 주관적인 자료를 포함한다. 따라서 RTS와 동일한 디브리핑 설문을 수행하게 된다.

디브리핑 질문사항을 기초로 하여 얻어진 자료는 정성적으로 분석될 것이다. 특히 A-SMGCS 도입이 어떤 위험과 연관되는지(운영팀에서의 경험)와 도입과 연관되지 않았지만 야기할 수 있는 위험이 어떤 것이 있는지(운영팀과 시험팀 모두에 의한 보고)를 분석할 수 있다.

3.2.3 Operational Mode Trials

Operational Trials 운영 환경에서 새로운 시스템이나 플랫폼을 설치함으로써 교통통제를 가능하게 하며 안전성 측정에 대한 접근방식은 Advanced Shadow Mode Trials와 대부분 동일하다. 현재 시스템과 절차는 공항에서 교통을 다루는데 안전성에 관련하여 최적화가 수행되고 있다. 따라서 확인/검증평가 기간 동안 불안전 상황은 일어나기 어렵다. 따라서 안전과 직접적인 연관성이 없는 위험성은 보통 쉽게 완화될 수 있기 때문에 운영 중에 측정될 수 있으며 또한 보조 항행시설들에 대하여 제한적으로 위험성을 측정할 수 있다. Operational mode Trials은 앞서 언급된 RTS와 Shadow 기법에 사용되는 것과 동일한 설문을 이용하여 안전성 측정을 한다.

결과적으로 Shadow A-SMGCS의 유무에 따른

차이점을 탐색하기 위한 검증절차는 확인 및 검증을 위해 오랜 기간을 거쳐서 수행되어야 할 필요가 있다. 또한 RTS에 반해 Shadow Mode와 Operation Mode에서는 불안전 상황의 실험이 권고되지 않는다. 또한 시험을 통하여 발생할 수 있는 불안전 상황에 대해서는 시험에 참여했던 모든 참가자를 대상으로 하여 의견을 종합하여 시험상의 문제점을 분석하고 위험요소를 제거해야 한다.

3.3 A-SMGCS 확인/검증(V&V) 사례

A-SMGCS 확인/검증(V&V) 사례로 말펜사(이탈리아)와 루지네(체코), 툴루즈(프랑스) 공항을 들 수 있는데 이들 공항에서는 A-SMGCS 1단계, 2단계 시스템을 확인하였고 특히 루지네, 툴루즈 공항에서는 Shadow-Mode Trials가 수행되었다.



Fig 4. Malpensa, Toulouse, Prague from the bird's perspective

프라하공항의 경우는 관제사는 일상업무 환경에서도 A-SMGCS 시스템을 사용하고 있으며, 해

당 시스템을 이용한 훈련과 자격증명이 실시되고 있다. 또한, Operational Trials와 더불어 RTS 시험은 말펜사와 루지네 공항에서 수행되고 있다.

루지네 공항의 경우 모든 시정 조건(A-SMGCS 1단계)에서 상황 식별을 위한 주요수단으로 교통 상황을 보여주는 A-SMGCS TSD(Traffic Situation Display)를 관제사 업무장소에 설치하여 운영하고 있으며 감시 및 충돌경고기능(A-SMGCS 2단계)을 위한 'Stop Bar Crossing', '제한구역 위반' 또는 '활주로 침입'과 같은 충돌 가능성이 있는 상황이 관제사에게 제공되는 시스템이 운용되고 있다.[5]

이러한 사례는 A-SMGCS의 개발과 운영에 있어서 확인과 검증에 대한 중요성과 검증의 연속성을 보여주는 것으로 우리나라의 경우도 A-SMGCS를 독자적으로 개발하고 운영하기 위해서는 이와 같은 지속적인 확인과 검증 작업을 통한 안정성의 확보가 매우 중요할 것이다.

4. 결 론

본 연구는 지상이동 안내 및 관제시스템에 관한 확인과 검증(V&V; Verification & Validation) 방법론에 관하여 분석하였다.

지상이동 안내 및 관제시스템(A-SMGCS)의 안전한 운영을 위해서는 장비 및 항공교통 상황, 기상조건, 항공기 운용의 종류 및 공항내의 복잡성과 같이 고려해야하는 매우 다양한 요인들이 존재하므로 지상 관계자 및 조종사, 이동차량 운전자들의 면밀한 주의와 안전 확보가 요구된다. 해외사례를 고찰한 결과에 의하면 이러한 확인과 검증은 중장기 개발과제로 진행과 시행이 되어야 하는 부분으로 필요성과 유효성에 따라 기술기준 및 개발에 따른 부수적인 문제점들이 검증되어야 할 것이다.

이와 같은 검증과 확인을 통해서 안전성이 입증된 A-SMGCS를 개발하고 운영한다면 안전성의 증가와 항공교통 통제의 효율성이 증대될 것이며 이러한 결과로 항공교통관제사의 상황인식에 대한 개선이 가능하고 이는 조종사의 위치보고의 감소효과로 연결되어 무선통신의 부하 또한 줄어들게 되며 궁극적으로는 관제사에 의한 상황인식에 소요되는 활주시간 또한 줄어들고 항공기의 지상운영에 대한 안전성 또한 증대될 것으로 기대된다. 이를 위해서는 항공교통관제사들의 요구를 충족하는 '상황 감시 및 충돌 경고' 기능 요소의 최적화 및 실제 실험을 통한 운영적 개선 평가가 필요할 것이다. 이를 통하여 확보된

A-SMGCS의 신뢰성과 안전성을 기반으로 할 때 더욱 효율적인 공항운영이 가능하게 될 것이다.

후 기

본 논문은 국토교통부에서 지원한 항공기술안전 기술개발사업의 연구비 지원 "항공기 지상 이동 유도 및 통제시스템 개발(A-SMGCS)"에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 1) Madrid Aerodays, European Airport Movement Management by A-SMGCS, 2011, pp. 2-6
- 2) ICAO, A-SMGCS Manual, DOC 9830-AN/45, 2004, pp. 10
- 3) EUROCONTROL, Definition of A-SMGCS Implementation Levels, 2010, pp. 8~17
- 4) Kim,S.Y., Instruction for A-SMGCS, Vol.21, No.6, Journal of KIIEE, 2007, pp.56~61
- 5) Jorn Jakibi, DLR, A-SMGCS VERIFICATION & VALIDATION RESULTS FROM THE PROJECT EMMA, 2007, May, pp 1-3
- 6) Konstantinos G.Zografos, V&V Methodology for A-SMGCS, 2005, pp 12-19