

A-SMGCS 지상시스템 성능요구사항에 대한 사례 연구

A Study for A-SMGCS ground system performance requirements

박상준*, 임정식, 최대진
(주)인성정보

초 록

A-SMGCS는 진화하는 개념으로 현재 공개된 기준이나 권고사항의 일반조건들이 모두 유효하지는 않지만, 기술요건을 도출하기 위한 방법론으로 ICAO, EUROCAE, 유럽항행안전기구 문서에서 정확한 운용, 기능, 성능상의 요건을 추출하여 이러한 요건을 아키텍처 구조에 반영하여야 한다. 타 프로젝트의 A-SMGCS 지상시스템 기술요구 문서의 성능요구사항 사례 연구를 통해 A-SMGCS 개발 시에 고려할 성능요구사항을 고찰하였다.

1. 서론

A-SMGCS를 개발하기 위해서는 기존 국제표준을 문서를 시작으로 구현 규격과 일련의 기술요건을 추려 시스템 아키텍처와 기능, 성능 요건 및 내·외부 시스템의 인터페이스 개발요건을 정의하여야 한다.

본 연구에서는 A-SMGCS 국제표준 문서의 기술요구 내용에 기반한 지상시스템 요구사항중 성능요구사항 도출 사례연구를 통해 A-SMGCS 개발 요구사항 도출 방법 및 성능요구사항 내용을 고찰 하고자 한다.

2. 본론

2.1 개요

EMMA D142au TRD GND에서는 상위계층 문서인 D131u OSED 운용서비스와 환경에서 도출된 D135u ORD 운영요건 문서와 국제 표준 문서 ICAO Doc 9830, EUROCAE ED-87A 요건을 발췌하여 A-SMGCS 지상시스템의 기능, 성능, 인터페이스 요건을 제시하였다.

그 외 D141u AGFA는 공중·지상 기능 아키텍처, D142bu TRD AIR는 공중서비스의 기능, 성능, 인터페이스 요건을 정의 하였으며, 이를 활용하여 부속프로젝트를 수행 하도록 하였다.

2.2 A-SMGCS 주요 기능

항공등화 제어 및 감시시스템을 구성하는 주요 기능은 아래 네가지로 분류 할 수 있다

- 감시: 이동구역 내 이동에 대한 정확한 위치 정보를 제공하고 허가된 이동에 대한 식별 정보와 라벨을 제공한다.
- 통제: 계획된 이벤트 확인을 포함한 교통 상황을 무중단 해석하고 충돌 가능성이나 다른 위험 시나리오를 탐지하고 경보를 울린다.
- 계획(경로지정 포함): 항공기와 차량의 경로를 지정하고 시간을 할당 한다.
- 유도: 조종사와 차량 운전사에게 명확히 표시하여 지정한 경로를 따르고 상황을 계속 주시하도록 한다.

이런 각 기능은 관련 데이터 처리 시스템에서 이루어지며, 경우에 따라서는 다중 모듈이나 프로세스가 개입할 수도 있다.

그 외 개개 기능의 관제서비스를 제공할 수 있도록 적합한 HMI를 제공하도록 한다.

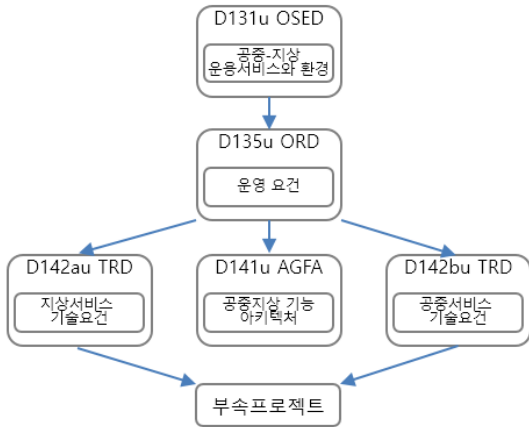


Fig 1. EMMA 지상서비스 기술요건 도출구성

2.3 기술요건

D142au TRD GND 에서는 일반 기술요건, 감시, 통제, 경로·계획, 유도, 관제용 HMI, 지원기능으로 기술요건을 구분하고, 각 항목에 대해 기능요건, 성능요건, 인터페이스요건 분류하여 요구사항을 정의 하였다. 각 요건에 대한 요구사항의 수는 아래 표와 같다.

Table 3. D142au TRD GND 요구사항 개수

	기능	성능	인터페이스
일반기술	41	4	4
감시	24	14	15
통제	10	3	3
경로·계획	50	4	7
안내	20	4	-
관제용HMI	15	6	2
지원	17	-	2
합계	177	35	33

본 논문에서는 성능 요구사항에 대해 다루고자 한다.

2.3.1 지상시스템 일반 기술요건 성능 요구사항

일반 기술요건 이란 A-SMGCS를 구현하는 모든 수준에 해당하며 극히 일반적인 것으로 어떤 특정 A-SMGCS가 아닌 대부분의 ATC에 적용되는 내용이다.

Table 4. A-SMGCS 일반성능 요건

기준자료	요건	내용
Op_ Range-2	상위	A-SMGCS는 단시간에 관심 영역의 모든 교통 이동을 처리할 수 있어야 한다.
	도출	장비는 표적 300 개의 데이터를 동시에 처리할 수 있을 정도로 충분한 용량이어야 한다.
ED-87A §3.1.2	상위	시스템은 안전한 운영과 향후 확장을 대비한 여유 용량이 있는 동시에 비행장의 명시한 운영 요건을 충족할 정도로 충분한 용량을 지니고 있어야 한다.
	도출	처음 설치 시 처리 장비는 최소 30%의 여유 용량을 보유하고 있어야 한다.
ICAO §2.6.61	상위	A-SMGCS는 세계지구좌표 (WGS-84)를 따라야 한다.
	도출	모든 지리 정보는 비행장의 공통 기준점을 기준으로 해야 한다. 이 점은 WGS-84를 따른다.
ICAO §2.6.6.2	상위	A-SMGCS에는 항공기와 차량의 공통 기준점을 사용해야 한다.
	도출	표적 위치 데이터의 기준점은 표적 종축 중앙으로 한다.

2.3.2 감시 성능 요구사항

감시 운용 요건을 분석해 보면 아래와 같은 결론을 도출할 수 있다.

- 침입자를 포함하여 지상의 이동체나 장애물을 탐지하기 위해서는 최소 하나의 비협동 감시 센서가 필요하다
- 지상의 이동체 식별 정보를 제공하기 위해서는 최소 하나의 협력 감시 센서가 필요하다
- 공중 출발/도착 항공기의 위치와 식별정보를 제공하고 항공기의 공중 궤도와 그 지상 궤도를 연속적으로 변환하기 위해서는 진입 감시 시스템이 필요하다
- 필요한 다른 교통 정보를 제공하려면 다른 시스템이 있어야 한다.

Table 5. 감시 성능 요건

기준자료	요건	내 용
ICAO §3.4.15 [§3.4.2.2 §3.4.3.6] /ICAO §4.1.1.4	상위	최소한 A-SMGCS는 전 이동 구역을 포괄해야 한다. A-SMGCS는 최소한 비행장 이동구역과 내항 항공기를 A-SMGCS운영에 통합할 수 있는 거리에서 각 활주로에 접근하는 항공기를 포괄해야 한다.
	도출	A-SMGCS 장비의 감시 통달 범위는 비행장 표면 위 최고 200피트 높이까지 전 이동 구역을 포괄해야 하며 각 활주로 10 NM 거리 밖에 해당하는 이동구역을 포괄해야 한다.
Op Perf-05 [Op_Perf-15 Fn Perf -01 ED-87A §3.2.3 ICAO §4.2.3]	상위	감시 서비스에서 사용할 때 보고 위치의 오차가 12 m를 넘지 않아야 하고, 충돌/침입 프로세스로 제공할 때에는 7.5m를 넘지 않아야 한다. (ED-87A: 감시 요소의 보고위치의 정확도는 95% 신뢰수준에서 7.5m여야 한다.)
	도출	SDF에서 클라이언트로 보내는 감시 데이터의 보고위치 정확도는 95% 신뢰수준에서 7.5m 이상이어야 한다.
Op Perf-06 [Fn Perf-02 ED-87A §3.2.3]	상위	이동체 위치 분해능은 최소 1 m가 되어야 한다.
	도출	표적 보고 상 위치 데이터의 분해능은 1 m 이상 이어야 한다.
Op Perf-16 [Fn Perf-04 ED-87A §3.2.3 ICAO §4.1.1.8 §4.1.1.10]	상위	다음과 같은 정확도로 속도를 구해야 한다: 속도: <math><10^\circ</math>, 이동 방향: <math><10^\circ</math> (ED-87A: 95% 신뢰수준에서)
	도출	SDF에서 클라이언트로 전송한 표적 속도 데이터의 정확성은 95% 신뢰수준에서 5m/s 이상이어야 한다. SDF에서 클라이언트로 전송한 이동 방향 데이터의 정확도는 95% 신뢰수준에서 10° 이상이어야 한다.
Op_Perf-17 [Fn Perf-05 ED-87A §3.2.3]	상위	표적 보고 속도 분해능: 속도: 1m/s, 이동 방향: 1.5°
	도출	표적 보고 상 속도 데이터의 분해능은 1 m/s 이상이어야 한다. 표적 보고 상 이동 방향 데이터의 분해능은 1.5° 이상이어야 한다.
Op_Perf-07 [Fn Perf-06 ICAO §4.2.3]	상위	공중에 있는 항공기의 허용 오차 수준은 ±10m여야 한다
	도출	공중 항공기의 경우, SDF에서 클라이언트로 전송한 표적의 측정 높이 정확도는 95% 신뢰수준에서 10 m 이상이어야 한다.
Fn Perf -08 [ED-87A §3.2.3 ICAO §4.2.4] /Op_Serv-03	상위	감시 정보 갱신율은 최소 1s가 되어야 한다
	도출	감시 서비스는 공항 교통 상황을 연속하여 제공해야 한다 SDF에서 클라이언트 쪽으로 각 표적 별로 초당 최소 한 번 표적 보고를 갱신해야 한다.
Fn Perf-0 [Op Perf-01 ED-87A §3.2.3]	상위	실제 항공기나 차량 혹은 물체를 탐지하여 데이터 융합 출력으로 보고할 확률은 최소 99.9%여야 한다.
	도출	실제 항공기나 차량 혹은 물체를 탐지하여 SDF 출력으로 보고할 확률은 최소 99.9%여야 한다.

Op Range-5 [ICAO §2.6.4] /Op Range-6 [ICAO §4.11.8]	상위	시스템은 아래의 매개변수 범위에서 항공기와 차량 운영을 지원할 수 있어야 한다: a) 최종 진입, 실패접근, 활주로 상의 항공기 최소 및 최대 속도 b) 유도로 상에 있는 항공기의 최소 및 최대 속도 c) 차량 최소 및 최대 속도 d) 아무 기수방위. A-SMGCS는 아래 속도를 포괄해야 한다: • 최종 진입, 실패접근, 활주로 상의 항공기의 경우 0 ~ 250 kt • 활주로 출구 상 항공기의 경우 0~80 kt • 이동 구역에 있는 차량의 경우 0~80 kt • 직선 유도로 상 항공기의 경우 0~50 kt • 유도로 곡면에 있는 항공기의 경우 0~20 kt • 주기대와 주기대 유도로에 있는 항공기와 차량의 경우 0~10 kt.
	도출	감시 장비는 다음의 속도 범위에서 표적을 탐지하고 궤도를 그릴 수 있어야 한다: • 최종 진입, 실패접근, 활주로 상의 항공기의 경우 0 ~ 250 kt • 활주로 출구 상 항공기의 경우 0~80 kt • 이동 구역에 있는 차량의 경우 0~80 kt • 직선 유도로에 있는 항공기의 경우 0~50 kt • 유도로 곡면에 있는 항공기의 경우 0~20 kt • 주기대와 주기대 유도로에 있는 항공기와 차량의 경우 0 ~ 10 kt • 아무 이동 방향
Fn Perf-10 [Op_Perf-02 ED-87A §3.2.3]	상위	실제 항공기나 차량 혹은 물체 이외의 어떤 것을 탐지하여 데이터 융합 출력으로 보고할 확률은 보고 표적 당 10E-3을 넘지 않아야 한다.
	도출	실제 항공기나 차량 혹은 물체 이외의 어떤 것을 탐지하여 SDF 출력으로 보고할 확률은 보고 표적 당 10E-3을 넘지 않아야 한다.
Fn Perf-11 [Op Perf-03 ED-87A §3.2.3]	상위	항공기나 차량 혹은 물체의 정확한 식별정보를 감시 요소 출력으로 보고할 확률은 최소 99.9%여야 한다.
	도출	협동 항공기나 차량 혹은 물체의 정확한 식별정보를 SDF 출력으로 보고할 확률은 최소 99.9%여야 한다.
Fn Perf-12 [Op_Perf-04 ED-87A §3.2.3]	상위	감시 요소 보고된 식별정보가 실제 항공기나 차량 혹은 물체의 정확한 식별 정보가 아닐 확률은 보고 표적 당 10E-3을 넘지 않아야 한다.
	도출	SDF 출력으로 보고된 식별정보가 실제 항공기나 차량 혹은 물체의 정확한 식별 정보가 아닐 확률은 보고 표적 당 10E-3을 넘지 않아야 한다.

2.3.3 통계 성능 요구사항

통계기능은 교통정보와 교통상황정보를 입력 데이터로 간주하여, 사전 지정 시나리오에 따라 지정한 충돌·침입 상황을 탐지하면 충돌·침입 경보를 발동한다.

Table 6. 통제 성능 요건

기준자료	요건	내 용
Fn Perf-25 [ICAO §4.5.1]	상위	경보 상황 탐지 확률은 99.9% 이상이어야 한다.
	도출	경보 상황 탐지 확률은 99.9% 이상이어야 한다.
Fn Perf-26 [ED-87A §3.3.3 ICAO §4.5.1] /Op_Perf-20 /Op_Perf-21	상위	거짓 경보 확률은 10E-3 미만이어야 한다.
		거짓 경보 수치는 사용자를 방해하지 않을 정도로 낮아야 한다.
	도출	거짓 경보가 공항 안전에 영향을 주어서는 안 된다.
Fn Perf-27 [ED-87A §3.3.2.4 ICAO §4.5.2] /Op_Perf-18 [ICAO §2.5.4.4]	상위	관제 서비스로 인한 지연 시간은 사람의 행동, 항공기 제동 시간 등의 시스템의 다른 디스플레이에 비해 짧게 유지해야 한다. 구체적인 운영 요건이 없으면 ART의 최소 성능 제안한 수치를 0.5s로 한다. 지정된 시간 안에 충돌 / 침입 탐지 경보를 사용자에게 먼저 보내 아래에 대한 적절한 조치를 취한다: a) 충돌 / 침입 예측 b) 충돌 / 침입 탐지 c) 충돌 / 침입 해소
	도출	감시 요소에서 표적 보고를 받았을 때 통제 기능이 어떤 경보 상황을 탐지하여 보고하기 까지 걸린 시간이 0.5 s를 넘지 않아야 한다.

2.3.4 경로·계획 성능 요구사항

경로·계획 기능은 유도료를 할당하고 개별 비행장 이동 순서 및 시각을 할당하는 관제서비스를 보조하는 장치이다.

Table 7. 경로·계획 성능 요건

기준자료	요건	내 용
Op Perf-29 [ICAO §4.3.2] /ICAO §4.5.2	상위	초기 경로 처리 시간이 10초를 넘지 않아야 한다. 항공기나 차량의 동작이 변경되었을 때 전술 변경을 위한 재처리 시간이 1초를 넘지 않아야 한다.
	도출	통제 기능의 응답 시간이 0.5초를 넘지 않아야 한다.
Op Perf-30 [ICAO §4.3.3]	상위	최적화 된 경로를 처리할 때 10m 이상의 해상도에 분해능 1초 이상의 타이밍으로 지상 주행 거리를 계산해야 한다.
	도출	최적화 된 경로를 처리할 때 경로/계획 프로세스는 10m 이상의 해상도에 분해능 1초 이상의 타이밍으로 지상 주행 거리를 계산해야 한다.거짓 경보 확률은 10E-3 미만이어야 한다.
ICAO §2.5.4.1 a)	상위	A-SMGCS의 통제 기능은 허용 최대 이동속도를 수용하기에 충분해야 한다.
	도출	경로/계획 프로세스는 1초 동안 적어도 4개의 경로를 처리하고 지정할 수 있어야 한다
ICAO §2.5.4.1 b)	상위	A-SMGCS의 통제 기능은 1시간 동안 요청한 비행장 이동 계획을 처리하기에 충분해야 한다.
	도출	경로/계획 프로세스는 최소 100개의 통제 표적을 중단 없이 비행 계획 데이터를 교환하고 처리할 수 있어야 한다.

2.3.5 유도 성능 요구사항

조종사와 운전사가 관제서비스의 허가 및 지침을 따르도록 돕고 할당된 경로를 놓치거나 제한 구역으로 침입하지 못하도록 하는데 사용된다.

Table 8. 유도 성능 요건

기준자료	요건	내 용
Op Perf-31 [ICAO §4.4.1]	상위	정확한 경로나 정보를 제공하기 위한 유도 개시부터 확인까지 총 응답 시간이 2초를 넘지 않아야 한다.
	도출	-
Op Perf-32 [ICAO §4.4.2]	상위	전환 시간은 최대 0.5초
	도출	-
ICAO §3.4.35	상위	유도 무결성 요건 규격에서는 아래의 매개 변수를 고려해야 한다: a) 동작 확률 - 유도 보조장치가 명령에 정확히 반응할 확률 b) 거짓 동작 확률 - 요청이 없는 상태에서 유도 보조장치의 동작 확률.
	도출	-
Op Serv-45 [ICAO §3.4.3.6]	상위	최소한 통달 범위에 공항 이동 구역은 포함 되어야 한다.
	도출	-

2.3.6 관제용 HMI 성능 요구사항

데이터 입력장치와 적정 수준에서 A-SMGCS를 지원하기 위해 필요한 정보와 함께 상황 인식을 위한 디스플레이가 포함될 것이다

관제용 HMI는 다양한 운영 조건에서 관제 서비스의 작업 환경을 고려해야 한다. 이런 점에서 본다면 다양한 사용자 환경에 맞춰 HMI를 조정 가능 해야 할 것이다.

Table 9. 관제용 HMI 성능 요건

기준자료	요건	내 용
Fn Perf-14 [Op Perf-05]	상위	공항 지도의 최소 정확도가 1m가 되어야 한다.
	도출	HMI 디스플레이 상에 표시되는 모든 지도 정보의 정확도는 1m 또는 더 좋아야 한다.
Fn Perf-15 [Op_Perf-05 Op Perf-06 ED-87A §3.6.1.1]	상위	디스플레이 해상도는 디스플레이의 위치 정확도와 일치해야 한다.
	도출	HMI 디스플레이 해상도는 양자화 오차를 무시할 수 있을 정도로 높아야 한다. 최소한 디스플레이 해상도가 1024행x1280 픽셀이 되어야 한다.
Fn Perf-16 [Op Perf-05 Op Perf-09 ED-87A §3.6.1.2] /Fn-19 [Op_Serv-11]	상위	위치 등록 정확도가 수신한 정보 정확도를 눈에 띄게 떨어뜨리지 않아야 한다 (실제 HMI 정확도가 저하되는 것은 양자화 오차로만 일어날 것으로 예상).
	도출	HMI 디스플레이에 표시되는 모든 정보의 위치 등록 정확도는 1픽셀이 되어야 한다.
Fn Perf-17 [Op Perf-05 Op Perf-09 ED-87A §3.6.1.3]	상위	표적 표시 대기시간이 250 ms를 초과하지 않아야 한다.
	도출	표적 표시 대기시간이 250 ms를 초과하지 않아야 한다.
Fn Perf-18 [Op Perf-09 ED-87A §3.6.1.4]	상위	안전 임계 정보 표시 대기시간이 250 ms를 초과하지 않아야 한다. 안전에 중요한 정보가 아닌 경우는 이 값을 조금 늘려도 된다.
	도출	안전 임계 정보 표시 대기시간이 250 ms를 초과하지 않아야 한다. 안전에 중요한 정보가 아닌 경우는 이 값을 조금 늘려도 된다.
Fn Perf-20 [Op If-1 ED-87A §3.6.1.5] ED-87A §3.6.1.5]	상위	시스템 조작자 입력에 대한 응답 시간이 250 ms를 초과하지 않아야 한다 시스템 응답 시간은 사용자가 시스템 입력 처리 및 확인을 위해 대기하는 일 없이 입력을 할 수 있을 정도여야 한다.
	도출	시스템 조작자 입력에 대한 응답 시간이 250 ms를 초과하지 않아야 한다.

4. 결 론

본 논문에서는 EMMA D142au TRD GND 의 기능, 성능, 인터페이스 요건 중 성능요구사항 사례연구를 통해 A-SMGCS 요구사항 도출시 고려해야 되는 내용이 무엇인가에 대하여 고찰하였다. 우선 상위 요구사항의 기준이 되어야 할 문서를 선정하고 프로젝트 특성에 맞춘 운영요건을 산출하여야 하며 이를 요구사항으로 도출시에는 이 요구사항을 기능, 성능, 인터페이스 혹은 데이터 베이스 요구사항 등으로 분류하며 이를 구현 가능한지 적절한 내용인지 확인 하여 이를 요구사항 명세서에 반영하며, 반영된 내용에 대하여 추적성 확인이 용이 하도록 명시하여야 한다.

특히 성능요구사항의 경우 추후 구현시 불필요한 이슈사항이 발생 할 수 있으므로 정확한 요구사항 도출을 위해 지속적인 연구가 필요하다.

후 기

본 연구는 국토교통부 항공안전기술개발사업 연구비지원(14ATRP-C069188-03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] ICAO, 2004, Doc9830 Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems(A-SMGCS) Manual, First Edition
- [2] A.Gilbert, 2009, A-SMGCS Technical Requirement - Ground, vol 1.0, EMMA2 Project Partners
- [3] Marianne Moller, 2006, EMMA Air-Ground Operational Service and Environmental Description (OSD-update)
- [4] EEC, 2006, Operational Requirements Document (ORD-Update)