# 구매조건부신제품개발사업 구매연계형 과제제안서

## Ⅰ. 개발기술 개요

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ① 개발과제명 | 로봇 활용 항공기 자동화 방부관리체계 | | | |
| ② 개발제품명 | 항공기 자동화 방부관리체계 | | | |
| ③ 기술분류 | 구 분 | 산업기술 표준분류 | 국가과학기술 표준분류 | 6T |
| | 대분류 | 기계·소재 | EA 기계 | ST 분야 |
| | 중분류 | 로봇/자동화기계 | EA05 로봇/ 자동화 기계 | 항공기 기술 |
| | 소분류 | 로봇 제어 및 지능화기술 | EA0502 로봇 제어/ 지능화 기술 | 기타항공기기술 |
| | | | | |
| ④ 개발기간 및 연구개발비 규모 | 개발기간 | 24 개월 | 정부지원 연구개발비 | 10 억원 |
| | | | | |
| ⑤ 구매계획 | 구 분 | 구매수량 | 구매단가 | 예상구매액 |
| | 1년차 | (개) | (백만원) | (백만원) |
| | 2년차 | (개) | (백만원) | (백만원) |
| | 3년차 | (개) | (백만원) | (백만원) |
| | 4년차 | (개) | (백만원) | (백만원) |
| | 5년차 | 1 (개) | 1,000 (백만원) | 1,000 (백만원) |
| | 5년차 이후 | (개) | (백만원) | (백만원) |
| | 총 계 | 1 (개) | 1,000 (백만원) | 1,000 (백만원) |
| | | | | |
| ⑥ 키워드 | (한글) | 로봇 프로세스 자동화 | 모션제어 | 3D 스캐닝 |
| | (영문) | RPA | Motion Control | 3D Scanning |



## Ⅱ. 개발기술 세부내용

**⑦ 개발 목표 및 개발필요성**

❍ 개발 목표

- 인체에 유해한 항공기 방부관리 작업을 자동화(무인화)하여 정비작업 환경을 개선하고 공정시간을 단축하여 국방운용 분야 효율성 향상에 기여

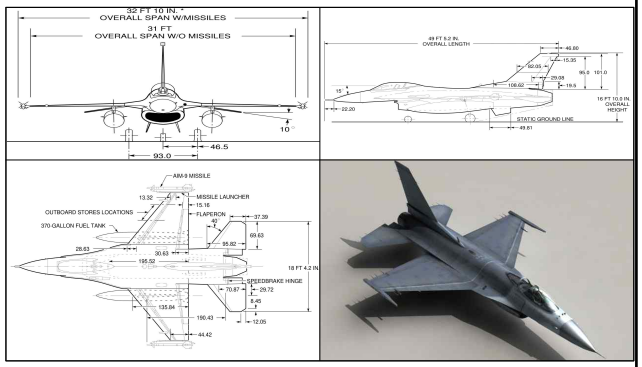
❍ 개발 필요성

- 부식은 항공기 구조안정성에 치명적인 영향을 미치는 결함으로, 항공기 부식방지를 위해 방부관리 작업 수행이 반드시 필요함.
- 韓공군, 항공기 부식 관련 결함이 지속적으로 발생하고 있어 이를 수리하기 위한 관련 정비비용이 지속 증가 예상
  - * '20. 2월: 24/KT-1 주익 후방 Spar Cap, RIb 부식 발생
  - * '16～'18년: 3/CN-235M 점검 중 항공기 내부 기골 부식 발견
- 美공군, 전 세계 미군 기지에 대한 세척주기를 설정/운영 중이며, 韓공군 기지 또한 TO 1-1-691 기준을 준용하여 세척주기 적용
  - * TO 1-1-691 Cleaning and Corrosion Prevention and Control Aerospace and Non-Aerospace Equipment
  - 美공군 세척주기(30/90/180일)는 중요 부식인자 인 '해안까지 거리'와 '부식률'을 기반으로 분류되었으며,
  - 20비는 부식률 및 염화 흡착률이 높아서 90일 세척주기를 적용하여 세척 수행 中
- TO에 명시된 세척제를 활용하여 항공기 방부관리(세척)를 수행하나 다수의 세척제가 유독성 물질이 함유되어 있어 방부관리 정비사는 유해환경에 노출되어 있음
  - * 작업시 고글, 장갑, 장화, 작업복 및 재킷 등 착용
- 수직꼬리날개 등 항공기 상부 부위 세척 시 고가 사다리 및 보조 받침대 활용 중으로, 작업 환경으로 인한 정비사 안전 저해요소(미끄러움) 상존
- 또한 인구절벽에 따른 병력감축 현실화 및 가속화 추세로 공정 자동화 요구도 증가(국방부 시책에 부합) 예상
  - KF-16 항공기 세척 소요병력: 6명
  - 공정 자동화 시 소요병력을 대체 작업인원으로 활용 가능

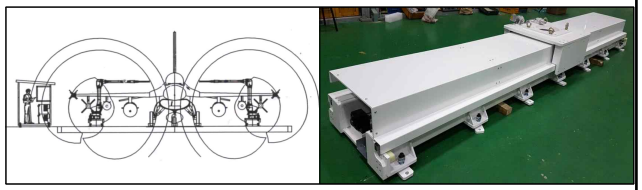
⑧ 수요처 기술수요 (상세히)

❍ 개발 내용

- KF-16 항공기 형상을 3D 스캐닝하여 3차원 모델링 DB 구축 (단좌/복좌 구분)




- 산업용 로봇팔(Robot Arm)이 앞·뒤로 주행할 수 있도록 밀폐형 캐리지(Carriage) 2EA 방부관리 격납고 바닥에 설치
  * 항공기 정대 기준으로 좌·우측 하방에 캐리지(Carriage)를 설치
  * 밀폐형 구조 설계 및 주요 부품 방수 처리(재질, 코팅)로 산화방지



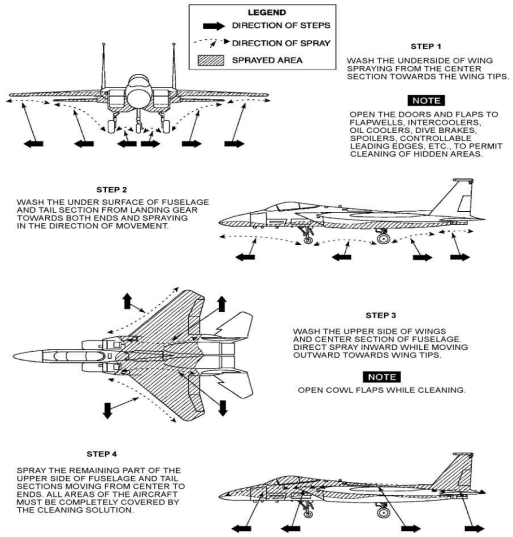
- 다양한 각도에서 분사가 가능하고 세척액, 물, 압축 공기를 분사할 수 있는 노즐이 부착된 산업용 로봇팔(Robot Arm) 2EA를 좌·우측 캐리지(Carriage)에 각각 설치
  * 다양한 형태의 분사가 가능한 노즐 필요
- 구축된 모델링 DB를 기준으로 로봇팔(Robot Arm)을 활용하여 효과적인 항공기 세척 공정을 진행할 수 있도록 최적의 공정 알고리즘(SW) 개발
  * 공정 진행 시 SW 오류로 항공기 손상 방지를 위한 대책 필요
  * 오염정도에 따라서 특정 부위를 선택하여 세척이 가능하도록 항공기 구역별 선별 세척기능 필요
- 전반적인 공정통제 및 모니터링이 가능한 통제부스 설치
  * 육안으로도 공정 확인, 비상 상황 시 공정 중단 스위치 설치



⑧ 수요처 기술수요 (상세히)

❍ 개발 소요기술

- 항공기 3D 스캐닝을 통한 항공기 외형 3차원 모델링 기술
- 세척 공정 환경(물, 세척액 분사) 고려 로봇팔(Robot Arm) 및 캐리지(Carriage)의 산화방지(녹 발생)를 위한 방수처리 기술
- 공정 진행 시 항공기 손상 방지를 위해 항공기 ↔ 로봇팔 (Robot Arm) 間 일정 거리를 유지하기 위한 모션제어 기술
- 로봇팔 임베디드 센서를 통한 항공기 동체/외장 장착물 및 외부물체 접근인식 및 긴급정지 기술
- 세척액, 물, 압축 공기를 분사하는 노즐 설계/제작 기술
  * 분사 압력, 온도 및 형태 조절 가능
- KF-16 세척 관련 기술도서 상 명시되어 있는 작업 순서 및 유의사항을 고려한 로봇팔(Robot Arm) 모션제어 알고리즘(SW) 개발 기술(항공기 외형 3차원 모델링 DB 활용)
  * TO 1-1-691 Cleaning And Corrosion Prevention And Control, Aerospace And Non-Aerospace Equipment
  * TO KS1F-16CJ-23 Aircraft Cleaning and Maintenance




- 효과적인 공정통제/모니터링을 위한 최적의 공정통제 SW 기술

**⑨ 개발기술 세부요구수준 (성능, 규격 등)**

❍ 기본 요구사항

- 산업용 로봇 팔(Arm)을 정밀하게 모션제어(항공기 손상 방지)하여 정밀한 세척작업이 가능한 자동화 방부관리 시스템 구축

❍ 시스템 구성 및 특징

- 시스템은 로봇 팔(Arm)/분사 액세서리/노즐(Nozzle)/펌프(Pump)/탱크(Tank)/캐리지(Carriage)/통제 장비(Controller)로 구성, 항공기 부분별로 세척 조건(온도, 압력, 시간 등)이 상이함을 고려하여 항공기 세척 공정이 진행되도록 SW 및 HW 설계/제작

  * 위 구성 시스템을 하나의 장비에서 통제 가능하도록 개발

| 구분 | 주요 기능 및 특징 |
|---|---|
| 로봇 팔 | ▪ 6축(Axes) 산업용(FANUC) 로봇 팔(Robot Arm) 2EA<br>- Max Reach: X축 2.6m 이상, Y축 3.0m 이상<br>- Payload: 20㎏ 이상<br>- 방수능력: Body - IP54등급 이상, Wrist & Arm - IP67등급<br>▪ 항공기 및 주변 접근물체 인식을 위한 로봇팔에 임베디드 가능한 센서 |
| 분사 액세서리 | ▪ Robot Wrist 앞에 부착되는 분사 액세서리 2Set<br>- 길이: 0.8m ~ 1.0m<br>- 재질: Stainless |
| 노즐 | ▪ 다양한 형태(압력, 모양 등)로 분사가 가능한 노즐(Nozzle) 2set<br>* 1set 기준: 고압, 저압, 압축공기 각 1EA<br>- 물 노즐은 고압으로 분사(단, Max 200bar 압력 수용 가능)<br>- 세척액 노즐은 저압으로 분사(단, Max 200bar 압력 수용 가능)<br>- 압축공기 노즐은 잔여 물/세척액 건조용으로 활용 |
| 펌프 | ▪ 탱크 보관 물/세척액 등을 전달하기 위한 펌프(Pump) 각 1set<br>- 고압 펌프(물 분사용): Max 250bar<br>- 저압 펌프(세척액 분사용): Max 35bar<br>- Air Compressor(공기 분사용) |
| 탱크 | ▪ 물/세척액 보관을 위한 탱크 2EA<br>- 물 탱크: 4,000ℓ 이상<br>- 세척액 탱크: 2,000ℓ 이상 |
| 캐리지 | ▪ 로봇 팔 이동을 위한 밀폐형 형태의 캐리지(Carriage) 2EA<br>- 길이: 15m 이상<br>- 재질: Stainless<br>- 산화방지를 위해 주요부품은 방수처리(재질 변경 및 코팅) |
| 통제장비 /부스 | ▪ 모든 작업공정을 조정 통제가 가능한 통제장비(Controller)와 운용/통제 요원(2명)이 근무하는 부스<br>- 부스 밖 시스템이 잘 모이는 큰 창으로 구성<br>- 전반적인 작업공정을 모니터할 수 있도록 시현하는 Display 필요<br>- 프로그래밍 된 모션제어 SW를 입력/작동 통제가 가능한 장비<br>- 작업 중단 Boozer 설치(긴급정지 Button) |



**⑨ 개발기술 세부요구수준 (성능, 규격 등)**

| 구분 | 주요 기능 및 특징 |
|---|---|
| 모션제어 SW | ▪ 로봇 팔(Robot Arm) 움직임을 통하여 세척공정을 진행할 수 있도록 프로그래밍하는 모션제어 SW<br>- 로봇 팔과 항공기의 상대적인 위치/방향 인식 후 정렬 가능하도록 로봇 팔과 항공기 포지셔닝<br>- 전체 1Cycle 세척공정 진행 및 항공기 특정 부분(Section)을 선택하여 별도 세척공정을 진행하도록 프로그래밍<br>- 부분(Section)별 다양한 요구조건(온도, 압력, 시간, 분사각도/형태 등)이 반영되어 세척공정을 진행하도록 프로그래밍<br>* 예시: TO KS1F-16CJ-23 내용 중 일부 요구조건 발췌<br><table><tr><th>세척부분</th><th>검토사항</th></tr><tr><td>Exterior Surfaces</td><td>• 세척액 희석비율 설정 및 표면에 분사 후 불림 시간설정(최소 5분)<br>• 불순물 제거를 위한 물 분사 압력 및 시간설정<br>• 물 분사 시 각도설정(표면과 15°~30°로 분사)<br>• 일반세척과 강력세척(세척하기 힘든 불순물 기준) 구분<br>* 오염정도에 따라 세척방식 구분<br>• 건조를 위한 공기 압력 및 온도</td></tr><tr><td>Nose Radome</td><td>• 작업 전 세척액 130(±10)°F로 가열<br>• 세척액 표면에 분사 후 불림 시간설정(최소 15분)<br>• 불순물 제거를 위한 물 분사 압력 및 시간설정<br>* Nose Radome 표면 손상방지를 위해 부드러운 천으로 닦아내는 정도의 세척 수행 中<br>• 건조를 위한 공기 압력 및 온도</td></tr><tr><td>Main/Nose Gear and Wheel Well Area</td><td>• 작업 전 세척액 130(±10)°F로 가열<br>• 세척액 표면에 분사 후 불림 시간설정(최소 5분)<br>• Wheel Well 내부부품이 손상되지 않을 정도의 물 분사 압력<br>* 고압의 물로 인한 커넥터 보호를 위해 부드러운 천으로 닦아내는 정도의 세척 수행 中<br>• 건조를 위한 공기 압력(10~15psi) 및 온도</td></tr></table>- 항공기 손상을 방지하기 위해 항공기 Surface로부터 로봇 팔과의 안전거리가 최소 0.3m 이상의 안전거리가 유지되도록 모션제어<br>- 로봇 팔에 임베디드된 센서를 통해 항공기 및 외부물체 접근 인식 후 비상정지<br>- 로봇 팔(Robot Arm) 상태를 통제장비에서 확인 할 수 있도록 자가진단 능력(BIT) 보유 |
| 안전펜스 | ▪ 고용노동부령 제00367호('22.10.18.) 산업안전보건기준에 관한 규칙 제223조에 따라 로봇의 운전으로 인하여 근로자에게 발생할 수 있는 부상 등의 위험을 방지하기 위하여 안전펜스(높이 1.8m 이상) 설치<br>※ 단, 해당 로봇의 안전기준이 한국산업표준(고용노동부장관 소관)에 정하고 있는 안전기준 또는 국제적으로 통용되는 안전기준에 부합될 경우 안전펜스는 제외 |

**⑨ 개발기술 세부요구수준 (성능, 규격 등)**

※ 국내·외 기술동향 및 수준

- 국내 다수의 업체에서 산업용 로봇 생산이 가능하며, 유사 작업을 수행하는 도장/세척 로봇 실적 및 제작능력을 보유한 업체 다수 식별

- 美 공군은 방부관리 작업 효율성 증진을 위해 로봇 팔(Arm)을 활용한 방부관리 자동화 체계를 구축함

  * 美 149전투비행단(텍사스州 샌안토니오, 락랜드 기지)에 구축
  * 방부관리 소요시간: 기존 2일(병력 3~4명) → 개선 1시간

| 개발항목(성능지표) | 규격/단위 | 개발목표 | 객관적 측정방법 |
|---|---|---|---|
| 1. 세척액 분사압 | PSI | 최소 580PSI(4Mpa)<br>최대 2900PSI(20Mpa) | 노즐 출구에 설치된 압력게이지 |
| 2. 세척액 온도 | °F | 최소 80°F(26.7℃)<br>최대 170°F(76.7℃) | 노즐 출구에 설치된 온도센서 |
| 3. 세척액 희석비율 | % | 사용자 설정에 따른 자동화 시스템 | 노즐에서 채취한 샘플을 별도로 분석 |
| 4. 구역별 세척기능 | - | | 항공기 구역별 세척기능 유무 |
| 5. 로봇과 캐리지 방부처리 | - | | 방부처리 기술 적용 유무 |
| 6. 로봇팔 안전거리 | m | 0.3m | 프로그래밍에 안전거리 표시 |
| 7. 세척 소요시간 | min | 60min | 로봇팔 포지셔닝부터 세척액 분사종료까지 시간 측정 |
| 8. 1일 생산량 | 항공기 1대당 작업소요일 | 1대 / 1일 이상 | 공정 시작부터 종료까지 시간 측정 |
| **신뢰성 인증방법** | | | |



**⑩ 비고 (특이사항 등)**

❍ 향후 확장성

- (K)F-16 운영기지에 추가 양산/보급
- 타기종의 형상에 맞게끔 HW/SW 개선하여 양산/보급
- 세척 공정과 유사한 도색 및 페인팅 리무빙 레이저시스템, 스킨 균열 점검시스템 등과 연계 사업 추진

  * 관련 작업을 할 수 있는 노즐 개발 시 본 사업과 연계 가능