JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지 Vol. 25, No. 1: 108~114, Jan. 2021

무인항공기 탑재장비 점검을 위한 통합 점검 장치 설계

고은경[1*] · 권상은[2] · 송용하[1]

Design of Air Vehicle Test Equipment for Inspecting On-board Equipment in UAV

Eun-kyoung Go[1*] · Sang-Eun Kwon[2] · Yong-Ha Song[1]

[1*]Senior Researcher, Agency for Defence Development, Daejeon 34186, Korea
[2]Researcher, Agency for Defence Development, Daejeon 34186, Korea

요 약

무인 항공기 탑재장비 점검을 위한 통합 점검 장치는 항공기가 임무 수행을 위해 비행 전 , 그리고 비행 임무를 완료하고 착륙 이후 항공기에 탑재되어 있는 장비들의 상태를 점검하기 위한 장치이다. 본 논문에서는 무인 항공기에 탑재되어 있는 전자장비에 대하여 점검자가 수동으로 장비의 상태를 점검하고, 점검 결과를 시현하는 방법과 점검자의 개입 없이 자동으로 장비의 상태를 점검할 수 있는 자동 점검 기술에 대해 기술하였다. 또한 설계된 통합 점검 장치는 점검 결과를 보고서의 형태로 출력하여 사용자가 쉽게 결과를 확인 할 수 있도록 하여 무인항공기의 고장 유무를 판단하기 용이할 뿐 아니라, 자동 점검 기능을 사용함으로써 항공기 점검자의 업무량을 줄이는데 효과적인 방법이다.

ABSTRACT

AVTE(Air Vehicle Test Equipment) is a device to check status of on-board aircraft equipment before and after flight for performing successful UAV(Unmanned Aerial Vehicle) missions. This paper describes software design and test sequence of the AVTE for enabling easy-manual check by the operator and convenient automatic check of on-board electric equipment respectively. The proposed AVTE inspects BIT(Built-In Test) results of on-board LRUs(Line Replacement Units) including avionics and sensor sub-system devices. Also, it monitors all the LRU status and check the normality of aircraft equipment by means of setting specific values of the LRUs and confirming the expected test results. The AVTE prints the test results as a form of report to easily check the normal conditions of the aircraft equipment and operates automatically without operator interaction, thus being thought to effectively reduce workload of the operator.

키워드 : 통합 점검 장치, 자동 점검, 무인 항공기, 탑재 장비

Keywords : AVTE(Air Vehicle Test Equipment), Automatic check, UAV, LRU(Line Replacement Unit)

Received 20 October 2020, **Revised** 10 November 2020, **Accepted** 21 November 2020

*** Corresponding Author** Eun-Kyoung Go(E-mail:goek@add.re.kr, Tel:+82-42-821-3437)
Senior Researcher, Agency for Defence Development, Daejeon 34186, Korea

Open Access http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.1.108 print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright Ⓒ The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

Ⅰ. 서 론

무인항공기의 임무 요구도 증대와 전장 환경의 변화에 따라 항공기에는 다양한 장비들이 탑재되고, 탑재된 장비들의 비행 전 그리고 비행 후의 이상 유무를 점검하는 기능은 반드시 필요하다.

무인항공기의 탑재 시스템은 기능에 따라 항공전자 시스템, 임무 시스템, 비행체 시스템으로 분류된다. 항공전자 시스템은 항법 장치, 통신 장치, 피아 식별장치를 포함하며, 비행체 시스템은 항공기의 비행 및 제어와 관련된 비행조종컴퓨터, 추진 및 연료 장치, 비행데이터 기록 장치, 착륙장치 등이 포함된다. 임무 시스템은 항공기 임무를 위한 영상 센서 인 EO/IR (Electro Optics/Infrared, 전자광학/적외선 장비), SAR (Synthetic Aperture Radar, 합성개구레이더), 또는 레이더/레이저 경보수신기 등이 포함된다[1].

기존에는 무인항공기에 탑재되어 있는 장비들에 대한 정상 유무를 판단하기 위하여, 각 장비별로 점검 장치를 따로 설계하여 사용하였다[2]. 이러한 방법은 각각의 장비에 임의의 값을 입력으로 주고 그 출력 값을 확인하여 정상적으로 수신되었는지 확인하거나, BIT(Built In Test) 결과만을 취합하여 점검자에게 결과를 시현해 주거나, 점검자가 점검 장비의 화면에서 지시하는 절차에 따라 수동으로 점검 하는 방법들을 사용하였다[3].

본 논문에서는 점검자의 업무 부하를 최소화 하고 하나의 통합된 장비를 통해 비행체에 탑재된 장비들의 비행을 위한 필요 데이터의 입력 뿐 아니라 탑재장비에 대한 점검을 수행하고, 비행 후 상태 확인을 할 수 있는 통합 점검 장치에 대해 기술 하였다[4].

Ⅱ. 통합 점검 장치 설계

본 장에서는 AVTE(Air Vehicle Test Equipment, 통합 점검 장치)의 비행체와의 연동, 소프트웨어의 구성, 통합 점검 장치 소프트웨어의 상태와 모드, 실행 개념, 비행체 탑재장비 점검 방법, 그리고 통합 점검 장치를 이용한 시험 결과에 대해 기술하였다.

2.1. 통합 점검 장치와 비행체 연동

무인항공기의 탑재장비를 점검하기 위한 통합 점검 장치는 비행체에 탑재되는 데이터링크 장비와 이더넷을 통해 비행체 탑재장비와 연동하며, 인터페이스 형상은 그림 1과 같다[5].

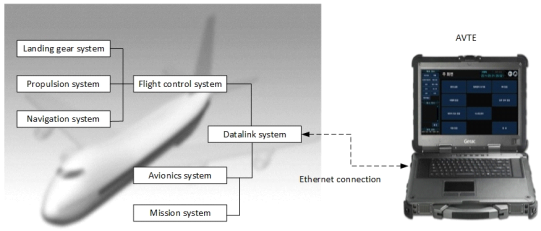

Fig. 1 Connection of AVTE with Aircraft

2.2. 통합 점검 장치 소프트웨어 구성

통합 점검 장치 소프트웨어 CSCI(Computer Software Configuration Item, 컴퓨터 소프트웨어 형상 항목)는 기능에 따라, 로그인 정보 CSC(Computer Software Component, 컴퓨터 소프트웨어 구성요소), 비행체 점검정보 CSC, 세부계통 점검정보 CSC, 연동관리 CSC로 구성된다[6].

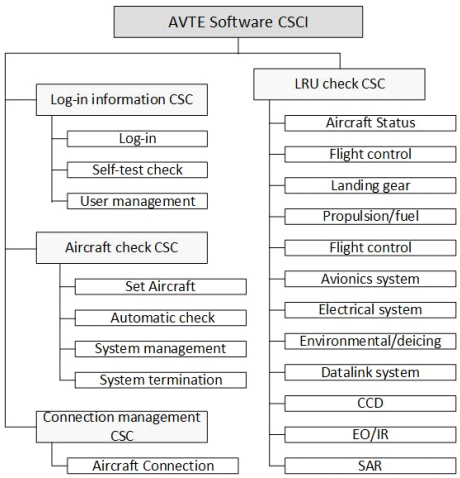

Fig. 2 CSCI of AVTE Software

각 CSC는 기능에 따라 그림 2와 같이 각각의 CSU (Computer Software Unit, 컴퓨터 소프트웨어 단위)로 구성된다. 각각의 CSC는 기능에 따라 다시 여러 개의 CSU(Computer Software Unit, 컴퓨터 소프트웨어 단위)로 구성된다. 로그인 정보 CSC는 사용자의 로그인과 관련 정보 및 관리, 통합 점검 장치 자체의 성능 진단에 대한 기능을 수행하며, 연동관리 CSC는 통합 점검 장치와 비행체의 인터페이스를 관리한다. 비행체 점검정보

CSC는 항공기가 비행을 위해 필요한 데이터를 입력하기 위한 탑재장비 설정, 소프트웨어 버전정보 및 상태정보 확인, 점검자의 조작 없이 자동으로 비행체를 점검할 수 있는 자동점검 기능을 한다. 세부 계통 점검정보 CSC는 비행체의 탑재 장비인 각 LRU(Line Replacement Unit)에 대해 각각의 상태 정보 및 PBIT(Power-Up Built In Test, 전원인가 자체진단 시험), CBIT(Continuous Built In Test, 연속 자체진단 시험), IBIT(Initiated Built In Test, 초기 자체진단 시험)을 통해 장비 점검을 수행하는 기능을 제공한다[7].

2.3. 통합 점검 장치 소프트웨어 상태와 모드

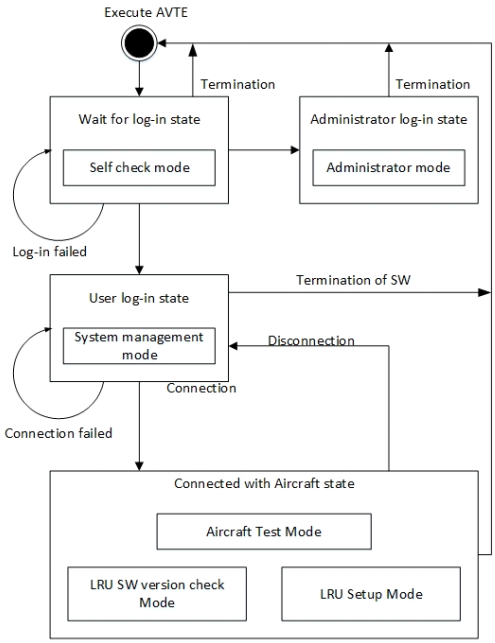

Fig. 3 State and Mode

통합 점검 장치 소프트웨어는 사용자의 로그인 대기 상태, 관리자 로그인 상태, 로그인 상태, 비행체 통신 개설의 4개의 상태로 구성하였으며, 자기진단모드, 관리자 모드, 시스템관리 모드, 수동점검 모드, 자동점검 모드, 탑재장비 SW형상 확인 모드, 탑재장비 설정 모드 총 7개의 모드로 구성하였다. 각 상태와 모드는 그림 3과 같이 운용된다.

로그인 대기 상태에서는 사용자 인증 전 대기 상태로 통합 점검 장치 소프트웨어 실행 시 인가되지 않은 사용자 접근을 차단하고, 등록된 아이디 입력에 따라 로그인 정보를 확인하고 일반사용자의 로그인 상태와 관리자 로그인 상태로 전환되며, 자기 진단 모드에서는 통합 점검 장치 자체의 진단 정보를 확인 할 수 있다.

관리자 로그인 상태에서는 통합 점검 장치를 사용하는 사용자 정보관리가 가능하며, 관리자 계정으로 로그인 시 관리자를 위한 기능으로 진입한다. 관리자 모드에서는 통합 점검 장치 사용을 위한 사용자 정보 관리 및 운용부대 정보를 설정 할 수 있다. 로그인 상태는 비행체와의 통신개설 대기 상태로 일반 사용자 계정으로 로그인 시 진입 되며, 시스템 관리 모드에서 비행체 점검 환경에 대한 설정 및 자동점검 결과에 대한 로그 정보 등을 확인할 수 있다.

비행체 통신 개설 상태는 실제 통합 점검 장치를 이용하여 탑재장비를 점검 할 수 있는 상태로 비행체 통신 개설 시 진입되며, 수동점검모드, 자동점검모드, 탑재장비 SW 형상 확인 모드, 탑재장비 설정 모드로 진입 할 수 있다.

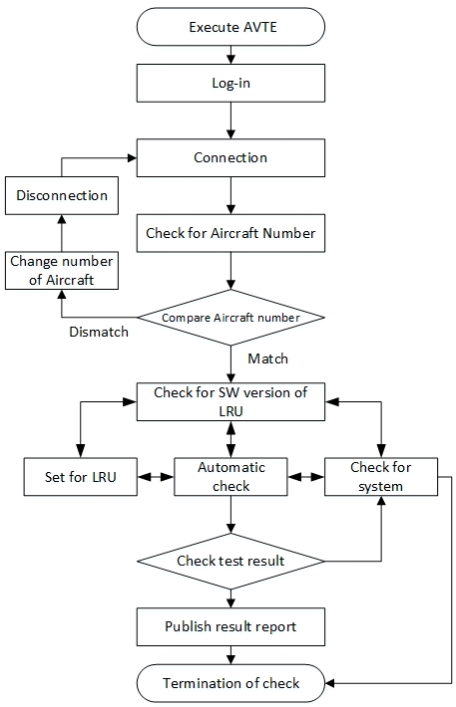

Fig. 4 Sequence Diagram of AVTE Operation

2.4. 통합 점검 장치 실행

항공기 점검용 통합 점검 장치를 운용하기 위해서 가

장 기본은 ADTC(Airborne Data Terminal Controller, 탑재데이터링크 장비) 와 통합 점검 장치와의 이더넷을 통한 통신 개설이다. 통신 개설 방법은 서로 약속된 질문과 응답의 절차가 정상적으로 이루어 질 때 가능하며, 이더넷을 통해 통합 점검 장치가 직접 데이터를 받는 임무장비와 외부주시카메라와의 연동도 해당 절차를 통해 개설한다.

통합 점검 장치의 소프트웨어를 실행하고 비행체와 이더넷으로 연동하여 통신이 개설되면, 비행체 번호를 자동으로 조회하게 되고 ADTC가 가지고 있는 비행체 번호와의 일치 여부를 확인한다. 비행체 번호가 일치하여 통신이 개설되면 그림 4와 같은 절차에 의해 통합 점검 장치를 이용하여 비행체를 점검 할 수 있다[8].

2.5. 통합 점검 장치 점검 내용

2.5.1. 계통별 BIT 점검

탑재 점검 장치에서 계통별 점검을 위한 가장 중요한 기능은 BIT점검을 수행하는 것이다. BIT는 LRU별로 상이하나 기본적은 PBIT, CBIT, IBIT으로 구성되며, BIT별로 수행 방법은 그림 5, 7, 8과 같다.

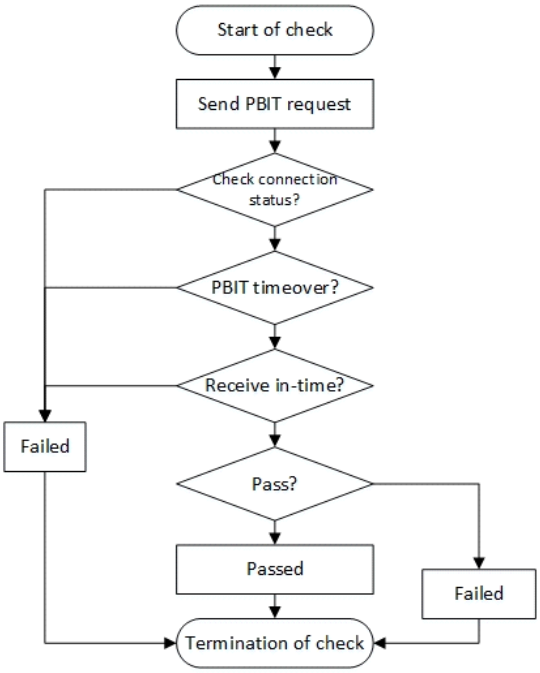

Fig. 5 Sequence Diagram of PBIT Process

LRU의 PBIT은 항공기에 전원이 인가되면 LRU가 부팅을 하면서 수행하는 BIT로 이미 그 결과 값을 가지고 있어, 그림 6과 같이 결과 조회 요청을 누르게 되면 해당 LRU의 통신 상태를 확인하고, 통신 상태가 정상이면 PBIT결과를 전달하는 BC(Bus Controller)[9]로부터 결과 값을 수신하게 되고, 결과가 시간 내에 수신되지 않는 경우 PBIT Timeover를 시현하거나, 정상/비정상을 시현하고 점검을 종료한다.

Fig. 6 An example of PBIT Result

LRU의 CBIT은 그림 7과 같이 수행되며, 요청에 의해 점검을 하는 것이 아니라 LRU 스스로 일정 주기에 점검을 수행하고 결과를 전송한다. 따라서 탑재 점검 장치에서는 통신상태가 정상인지를 확인하고 수신된 데이터를 확인하여 고장유무를 시현한다.

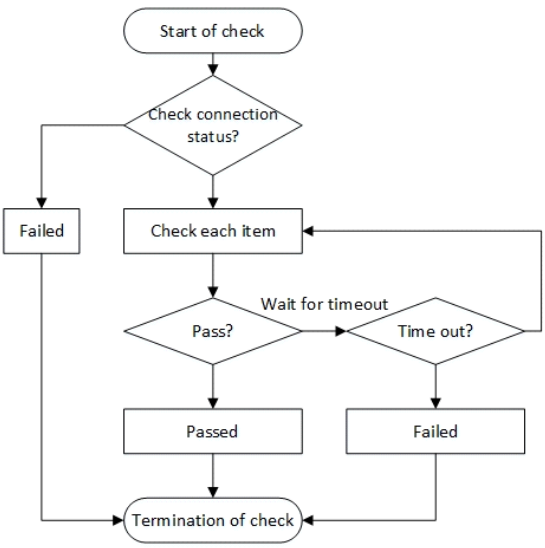

Fig. 7 Sequence Diagram of CBIT Process

LRU의 IBIT은 점검자가 PBIT과 CBIT의 Fault가 발생 했을 경우 더욱 상세한 정보를 확인하기 위해 수행한다. IBIT을 요청하면, 먼저 LRU의 통신 상태를 확인하고 IBIT이 진행되는 동안 Progress상태를 시현해 주며, 정해진 시간 내에 IBIT결과를 수신하지 못하는 경우 IBIT Timeover를 시현한다. 정해진 시간 내에 결과를 수신한 경우 정상/비정상상태를 시현하고 점검을 종료한다.

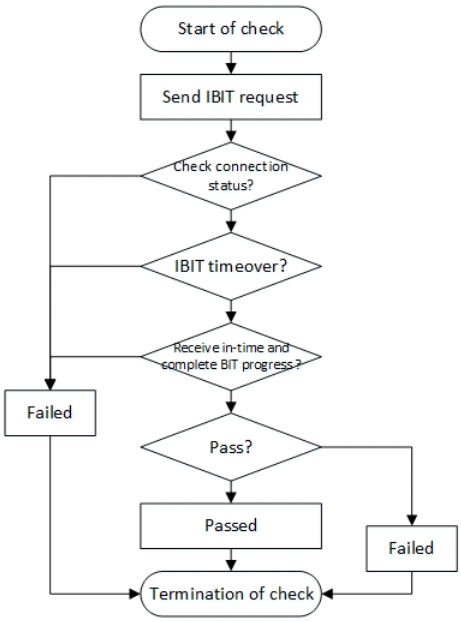

Fig. 8 Sequence Diagram of IBIT Process

Table. 1 System Check List

Systems	Check List
Air Vehicle	SW version, Communication, Healthy
Flight Control	Discrete In/Out, EGI Status, Location n
Fuel & Propulsion	Active channel, Engine & Fuel Status
Landing	Break, Landing gear, wow status
FCA	Flap & Aileron
Avionic	1553 Ready, IFF Status& code
Electric	Battery, Generator, Light
Environmental	Fan, Heater, Bay temperature
Data link	Frequency, Antenna, Link status
EO/IR	EO & IR Image
SAR	System correlation
CCD	Image, Heater, temperature

2.5.2. 계통별 상태 점검

통합 점검 장치의 중요 기능 중 하나는 항공기에 탑재된 LRU의 들의 상태정보를 확인하거나, 특정 값을 입력하여 제어를 통해서 결과를 확인하여 장비의 상태를 점검하는 것이다. 그림 2의 세부계통 점검 정보 CSC의 기능으로 12개의 CSU를 통해, 표 1과 같은 계통별 상태를 점검 한다. 그림 9는 통합 점검 장치의 세부계통 점검 기능 중 “전기 계통”점검 페이지를 제시하였다.

Fig. 9 An Example of Manual Test Page in AVTE

2.6. 통합 점검 장치 점검 방법

2.6.1. 수동 점검

통합 점검 장치의 수동 점검은 2.5절에서 설명한 BIT 점검과 계통별 상태점검을 점검자의 선택적 명령에 의해 하나씩 수행하고 결과를 확인하는 방법이다. 점검하고자 하는 장비의 PBIT/IBIT을 수동으로 수행하고, 주기적으로 체크되는 CBIT결과를 해당계통 페이지를 눌러 확인한다. 또한 계통별로 원하는 상태 정보를 확인하고자 하는 경우, 수동으로 명령을 주고 그 명령에 대한 장비의 응답을 점검자가 수동으로 확인 하여야 한다.

2.6.2. 자동 점검

통합 점검 정치 설계 내용 중 가장 유용한 기능은 비행체 탑재 장비에 대한 자동 점검 기능이다. 자동 점검 기능은 설계된 계통 점검 페이지에서 수동으로 PBIT/CBIT/IBIT 및 상태정보를 확인 하는 것이 아니라, “자동 점검”이라는 기능을 이용하여 탑재된 장비의 BIT결과 및 중요 상태 정보를 점검 하고, 점검 결과를 보고서 형태로 출력해 줌으로써 점검자의 점검 시간을 단축시킬 뿐 아니라 점검자의 업무 로드를 줄 일수 있게 한다.

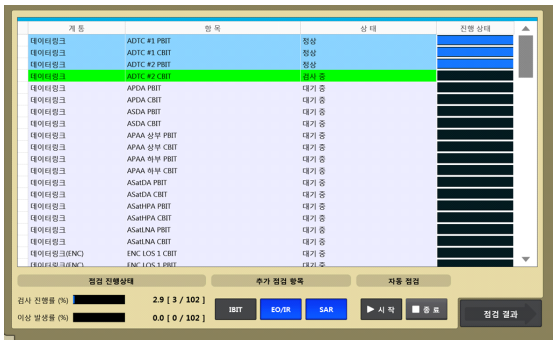

Fig. 10 A Page of Auto Test in AVTE

그림 10은 자동 점검 실행 화면으로 LRU 별로 BIT 및 상태정보를 체크하면서 진행 상태를 시현해 주며, 해당 장비에 결함이 있는 경우 붉은색으로 고장을 시현해 준다. 자동 점검 시에는 PBIT/CBIT을 기본으로 수행하며, IBIT을 자동점검 할지 여부는 점검자가 선택 할 수 있다. 또한 임무장비인 EO/IR과 SAR에 대해서도 선택적 자동 점검을 수행 할 수 있으며 자동 점검 절차는 그림 11과 같다.

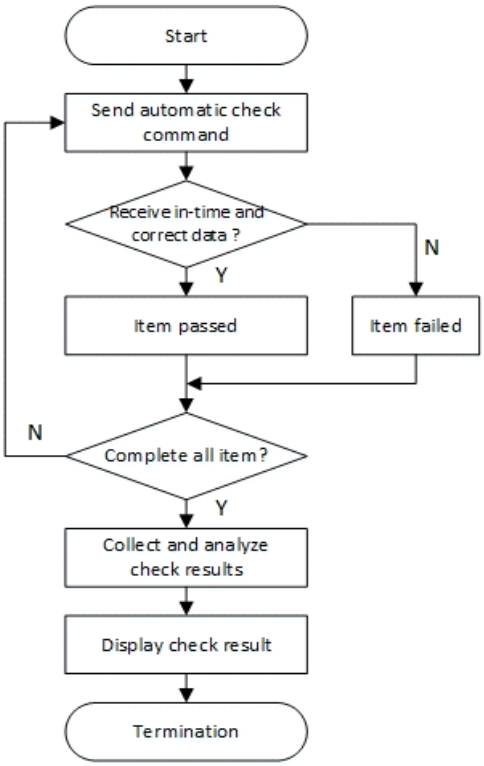

Fig. 11 Sequence Diagram of Auto Test

자동 점검 수행 간에는 EO/IR과 CCD 영상, 항공기 외부등 상태 등은 정상유무에 대해 점검자가 육안으로 확인 후 상태를 입력하면 다음 점검 단계를 계속해서 수행한다.

자동 점검이 완료가 되면 점검자가 전체결과를 확인할 수 있도록 텍스트 형태의 결과를 시현해 주며, 시현된 결과는 그림 12와 같이 보고서의 형태로 출력 가능하다. 출력된 보고서에서는 비정상인 장비에 대해서는 붉은 색으로 고장을 시현해 줌으로써 점검자가 식별이 용이하도록 해 주며, 파일로 저장하거나 통합 점검 장치와 연결된 프린터기를 통해서 바로 결과를 프린트 할 수 있다.

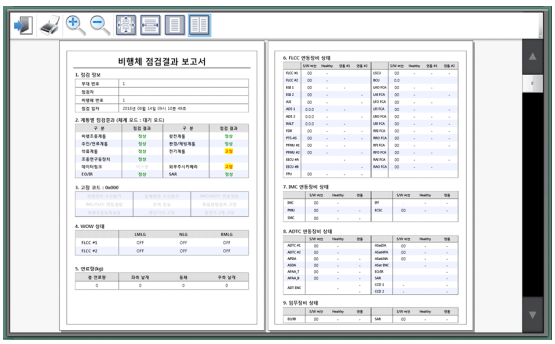

Fig. 12 A Test Report of Auto Test

Ⅲ. 결 론

무인 항공기를 위한 통합 점검 장치는 항공기가 임무수행을 위해 비행하기 전, 그리고 비행 후 항공기에 탑재되어 있는 장비들의 상태를 점검하기 위한 것으로 사용하기 편리한 사용자 인터페이스를 통하여 점검자가 쉽게 명령을 주고 LRU의 상태를 체크하여 명령에 대한 응답을 식별이 용이한 형태로 시현해 주는 것이 중요하다.

본 논문에서는 점검자가 해당 계통 페이지에서 하나하나 LRU 상태를 체크하지 않아도, 그림 13의 비행체 상태 페이지를 통하여 항공기에 탑재되어 있는 모든 장비의 BIT 및 통신 상태를 체크하여 Healthy 상태를 시현해 줌으로써, 결함이 발생한 장비에 대해 점검자에게 인식 시켜 주고, 결함을 확인 후 해당 장비의 페이지에서 상세한 점검을 수행할 수 있는 기능을 제공한다.

Fig. 13 A Page of Aircraft Status in AVTE

또한 본 논문에서 제안한 자동 점검 기능은 한 번의 명령으로 항공기에 탑재되어 있는 모든 장비의 BIT 및 상태 정보를 점검하고 이를 점검자가 확인할 수 있게 보고서 형태로 출력하도록 하였다.

설계된 통합 점검 장치를 사용하여 비행체를 점검 할 경우 점검자의 업무부하를 감소시킬 뿐 아니라 자칫 지나 칠 수 있는 순간적으로 발생하는 결함에 대해 경고 및 알람을 시현함으로써 비행체 점검의 정확도도 향상시킬 수 있다.

REFERENCES

[1] I. Moir and A. Seabridge, *Military Avionics Systems* ch. 1~2, pp. 32-104, 2006.

[2] R. Morgan and R. Lachenmaire, “Avionics Architecture Definition Appendices Version 1.0,” *Joint Advanced Strike Technology Program*, Aug. 1994.

[3] S. M. An, H. Yoo, and Y. D. Jung, *Apparatus and method for maintenance of unmanned aerial vehicle*, KR Patent 10-1700536, to KAI, Patent & Law Frim Office, Seoul, 2017.

[4] H. K. Kim, J. S. So, J. W. Hyun, H. G. Bak, L. S. Shin, and J. K. Bae, “Development of air vehicle test equipment for optionally piloted vehicle,” in *Proceeding of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences Fall Conference*, Jeju:JJ, pp. 834-835, Nov. 2019.

[5] IEEE 802.3, *IEEE Standard for Ethernet*, IEEE, Park Avenue, NY, 2002.

[6] E. K. Go, “Design and Verification for Air Vehicle Test Equipment,” *Avionics Systems Symposium Korea*, Gyeongju: GJ, Jul. 2016.

[7] E. K. Go, W. G. Lee, Y. H. Song, and K. H, Park. Integrated Test Apparatus for Onboard Equipment of Military Unmaned Aerial Vehicle, KR Patent 10-2124501, to ADD, Patent Office, Seoul, 2020.

[8] NSA(NATO Standardization Agency), *Standard Interface of UAV Control System(UCS) for NATO UAV Interoperability (STANAG 4586)*, Edition 4, 2017.

[9] MIL-STD-1553B, *Interface Standard for Digital Time Division Command/Response Multiplex Data Bus*, Department of defense, 1978.

고은경(Eun-Kyoung Go)

2002 인하대학교 전자공학과(공학석사)
2002~2003 한국전자통신연구원 연구원
2006~현재 국방과학연구소 선임연구원
※관심분야 : 신호처리, 항공전자

권상은(Sang-Eun Kwon)

2013 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
2013~현재 국방과학연구소 연구원
※관심분야 : 항공 전자 장비, 자동화, 정보통신 보안

송용하(Yong-Ha Song)

2014 한국과학기술원 전자공학과(공학박사)
2014~2016 UIUC PostDoc
2016~현재 국방과학연구소 선임연구원
※관심분야 : 항공전자, AI