

## 技術論文

J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 42(4), 344-350(2014)

DOI:http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2014.42.4.344

## 한국형 기동헬기 다기능시현기의 이상시현 개선에 관한 연구

김영목\*, 장중진\*\*, 전병규\*\*, 김창영\*\*, 김태현\*\*\*

A Study on Improvement about abnormal display of  
Multi Function Display for KUH

Young Mok Kim\*, Joong Jin Chang\*\*, Byung Kyu Jun\*\*, Chang Young Kim\*\* and Tae Hyun Kim\*\*\*

Defesne Agency for Technology and Quality\*,\*\*

Korea Aerospace Industries\*\*\*

## ABSTRACT

Multi Function Display(MFD) of Korean Utility Helicopter(KUH) is the component of mission management/display control system and displays image information(navigation, flight, survivability, digital map, maintenance) acquired from Mission Computer(MC) while the aircraft is operated. It is an essential equipment for pilots to perform flight mission and it has functions of display scene control, data display, built in test(BIT) and brightness control. In this paper, it is analyzed the cause of abnormal display(flickering) on MFD and summarized the design changes to solve the defect. It is also described system safety analysis and suggested verification results of flight/ground test.

## 초 록

한국형 기동헬기(KUH) 다기능시현기(MFD)는 임무/시현계통을 구성하는 장비로서, 항공기 운용 중에 임무컴퓨터(MC)로부터 영상정보(항법, 비행, 생존, 전자지도 및 정비 관련 정보)를 입력받아 시현한다. 이러한 다기능시현기는 조종사가 임무를 수행하는데 있어 핵심적인 장비이며, 시현화면 제어 기능, 데이터 시현 기능, 자체진단 기능, 밝기조절 기능을 가지고 있다. 본 논문에서는 다기능시현기의 이상시현(MFD 4 Flickering) 현상이 발생한 원인을 분석하고, 이 현상에 대한 설계 개선사항을 정리하였다. 또한, 설계 개선사항에 대한 체계 안전성 분석 결과와 비행/지상시험 검증 결과를 함께 기술하였다.

**Key Words :** KUH(한국형 기동헬기), MFD(다기능시현기), MC(임무컴퓨터), Flickering(깜박임), IVI(통합형 항공계기), DAU(데이터 획득/처리장치)

## 1. 서 론

한국형 기동헬기(이하 KUH, Korean Utility Helicopter) 다기능시현기(이하 MFD, Multi Function Display)는 임무/시현계통을 구성하는

장비로서, 정조종사 및 부조종사에게 각각 2대씩 제공된다. MFD는 항공기 운용 중에 임무컴퓨터(이하 MC, Mission Computer)로부터 영상정보(항법, 비행, 생존, 전자지도 및 정비 관련 정보)를 입력받아 시현하기 때문에, 조종사의 임무 수

† Received: January 2, 2014 Accepted: February 17, 2014

\* Corresponding author, E-mail : ymokkim@gmail.com

http://journal.ksas.or.kr/

pISSN 1225-1348 / eISSN 2287-6871

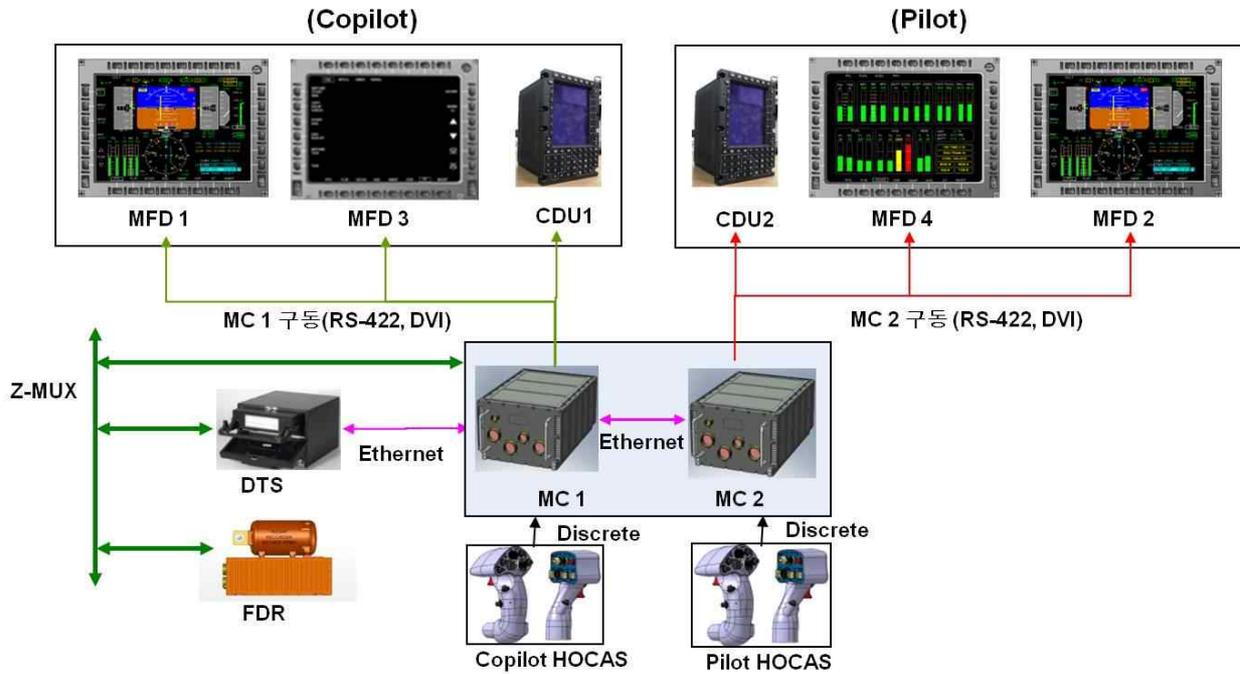


Fig. 1. Block diagram of mission management/display control system for KUH

Table 1. Function of MFD for KUH

기능	설명
시현화면 제어 기능	항법, 비행, 생존, 전자지도 및 정비 정보 등 각종 시현화면 모드를 제어하기 위한 하드키를 제공하며, 또한 각 화면의 세부 기능 제어를 위한 기능키가 제공된다.
데이터 시현 기능	MC로부터 전송된 영상정보를 시현하는 기능
자체진단 기능	오류를 검출하기 위한 기능이며, 전원 공급 시 자체진단(PBIT), 연속 자체진단(CBIT), 운용자에 의한 자체진단(IBIT)의 3가지로 분류됨
밝기제어 기능	DAY와 NVIS의 두 가지 밝기모드로 제어하는 기능이며, 선택된 모드에 따라 LCD의 BLU(Back Light Unit) 휘도가 제어됨

행에 있어서 핵심적인 장비이다. MFD는 시현화면 제어 기능, 데이터 시현 기능, 자체진단 기능, 밝기조절 기능을 가지고 있으며, 각 기능에 대한 설명은 Table 1에서 제시하였다. KUH 임무/시현계통의 체계 구성도는 Fig. 1 과 같다[1].

본론에서는 KUH MFD의 이상시현 현상에 대한 원인분석 및 설계개선 사항을 정리하였다.

## II. MFD 이상시현 원인분석

KUH MFD는 내부의 자체 연산 기능(비디오 신호 생성 기능)을 보유하지 않은 Dumb type의 MFD로서, MC와의 연동 없이 독립적인 사용은 불가능하다. MFD는 RS-422 인터페이스를 통하여 임무컴퓨터와 데이터를 송·수신 하며, 디지털 비디오 인터페이스(이하 DVI, Digital Video Interface)를 통하여 MC로부터 영상을 수신하여 시현한다[2, 3]. KUH의 지상기능시험 중 발생한 MFD 이상시현 현상은 Flickering(깜박임) 현상이며, 이와 관련된 결함 이력을 정리하면 Table 2 와 같다.

Table 2. Specific discrepancies of abnormal display on KUH MFD

No	발생호기	결함현상	발생위치
1	A호기	Flickering 현상	MFD 4
2	B호기	Flickering 현상	MFD 4
3	C호기	Flickering 현상	MFD 4
4	D호기	Flickering 현상	MFD 4

Table 2의 MFD 결함 이력에서 확인할 수 있는 중요한 사항은 MFD 4에서만 Flickering 현상이 발생했다는 점이다. 이러한 특징에 착안하여 결함을 발생시킬 수 있는 요인을 크게 2가지(구성품, DVI 케이블)로 분류하여 정리하였다. 먼저, MC 2에서 MFD 4로 진행되는 경로상의 관련 구성품(MC, DAU, MFD, 낙뢰필터)을 교체하는 시험을 수행하였고, 이를 통해 각 구성품의 영향성을 확인하였다. 각 경우에 대한 시험 결과, MFD 4 Flickering 현상이 개선되지 않음을 확인하였다. 다른 결함 유발 요인으로 추정된 DVI 케이블에 대해서는 Shield선 절연저항 측정, DVI 케이블 교체, DVI 케이블 경로 변경을 수행하면서 결함의 개선 정도를 확인하였다. 먼저, Shield선의 절연저항을 측정했을 때 이상이 확인된 wire를 수리하여 적용한 결과, MFD 4 Flickering 현상이 약간 개선됨을 확인하였다. 그리고 DVI 케이블의 경로를 MC 2에서 MFD 4로 바로 진행되도록 바꾼 결과, Flickering 현상이 해소됨을 확인하였다. 그러나 DVI 케이블을 신규 케이블로 교체하였을 때는 MFD 4 Flickering 현상의 개선이 없음을 확인하였다. 이러한 결과를 종합해볼 때, MFD 4 Flickering 현상은 신호전달 경로 상에 있는 한 가지 특정 요소에 의한 이상현상 보

다는 복잡한 DVI 신호 경로로 인한 신호 왜곡에 의해 발생한 것으로 판단된다.

MFD 4 Flickering 현상의 고장탐구 결과를 바탕으로 MC로부터 각각의 MFD에 DVI 신호가 전송되는 경로를 확인하였다. 각 MFD에 대한 DVI 신호경로는 Fig. 2와 같으며, Fig. 2의 실선은 Primary mode 상태, 점선은 Secondary mode 상태를 나타낸다. Fig. 2에서 확인할 수 있듯이, MFD 1~MFD 3은 MC에서 MFD로 직접 연결되는 DVI 신호경로를 가지고 있는 반면 MFD 4는 항공기 체계 설계 개념의 제약사항으로 다른 MFD와 달리 상대적으로 복잡한 DVI 신호경로(MC 2→낙뢰필터→DAU→낙뢰필터→MFD 4)를 가지고 있다. 각 MFD에 대한 DVI 신호의 전송 경로를 Table 4에 정리하였다.

KUH에서 영상신호로 사용하고 있는 DVI 신호 규격은 상용 영상규격으로서, 5m 이내의 케이블 적용을 권고하고 있다[4, 5]. 그러나 MFD 4는 Table 5에서 확인할 수 있듯이 약 10m 정도

Table 3. The troubleshooting process of MFD 4 Flickering

No	구분	고장탐구	Flickering 개선효과
1	구성품	MC 교체시험	개선효과 없음
		MFD 교체시험	개선효과 없음
		DAU 교체시험	개선효과 없음
		낙뢰필터 교체시험	개선효과 없음
2	DVI 케이블	Shield선 절연저항	개선효과 있음 (절연저항 이상 wire 수리 시)
		DVI 케이블 교체	개선효과 없음
		DVI 케이블 경로 변경	개선효과 있음 (Flickering 해소)

⇒ Flickering 현상의 원인은 복잡한 DVI 신호경로로 인한 신호 왜곡으로 판단됨

※ DAU(Data Acquisition Unit):데이터 획득/처리장치

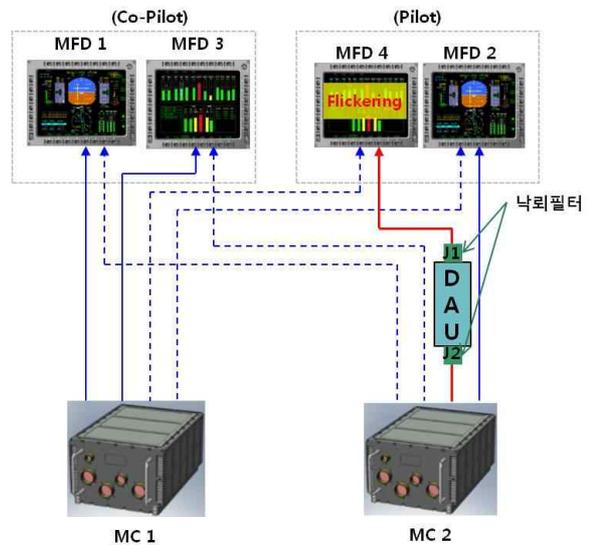


Fig. 2. DVI Signal path diagram of KUH MFD

Table 4. DVI Signal path of KUH MFD

No	구분	DVI 신호경로
1	MFD 1	MC 1→MFD 1
2	MFD 3	MC 1→MFD 3
3	MFD 2	MC 2→MFD 2
4	MFD 4	MC 2→낙뢰필터→DAU→낙뢰필터→MFD 4

**Table 5. The length of wire harness assembly of DVI Signal path for KUH MFD**

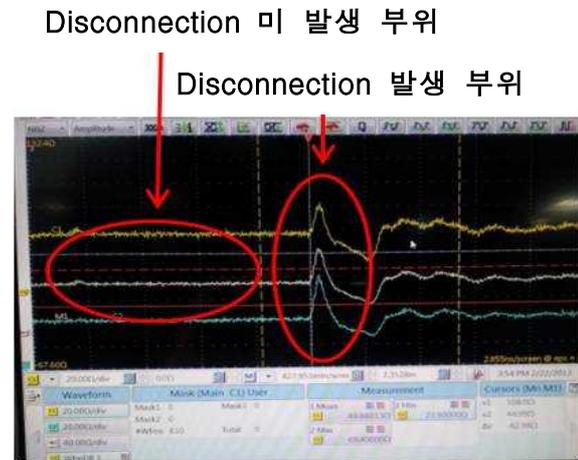
No	구분	DVI 신호경로	케이블 길이 (m)
1	MFD 1	MC 1→MFD 1	3.25
2	MFD 3	MC 1→MFD 3	3.08
3	MFD 2	MC 2→MFD 2	2.15
4	MFD 4	MC 2→낙뢰필터 →DAU→낙뢰필터 →MFD 4	10.47 <sup>(주1)</sup>
(주1) MC 2→낙뢰필터→DAU : 5.5(m) DAU→낙뢰필터→MFD 4 : 4.97(m) ⇒ 5.5(m)+4.97(m) = 10.47(m)			

**Table 6. A specification of the data bus cable**

No	구분	제원
1	형상	
3	Typical Protocol	IEEE 1394a
4	Impedance(Ω)	110±6
5	Capacitance(pF/ft)	12
6	Velocity of Propagation(%)	79

의 긴 케이블(항공기 체계 설계 개념의 제약사항)로 연결되어 있다. 이러한 신호 전송 케이블에는 정전용량이 존재하는데, 정전 용량은 신호 전송 케이블의 성능 및 길이에 영향을 받는다. 즉, 동일한 신호전송 케이블을 사용할 경우 케이블의 길이가 길어질수록 정전용량이 커지게 되어 신호 전송에 악영향을 미치게 된다. Table 6은 한국형 기동헬기에 적용된 데이터버스 전용 케이블의 제원을 정리한 것이다[6]. 이러한 점을 고려해볼 때, MFD 4는 다른 MFD 대비 복잡한 신호 전송 경로를 가지게 되어 Flickering 현상이 발생한 것으로 볼 수 있다[7].

MFD 4 Flickering 현상의 원인으로 볼 수 있는 것은 DVI 신호경로 상의 disconnection point이다. Disconnection point는 DVI 신호경로의 시작점 및 종료점, DVI 신호경로 상에서 각 구성품이 연결되는 지점을 의미한다. MFD 1~MFD 3은 MC에서 MFD로 직접 연결되므로, 각 경로의 시작점 및 종료점이 disconnection point가 된다. 반면에, MFD 4는 MC2에서 신호가 전달되는 경로 상에 낙뢰필터 및 DAU를 연결하는 과정에서 장비와 케이블 간의 커넥터 체결로 인한 disconnection point가 추가적으로 발생하게 된다. 이러한 disconnection point에 대하여 TDR (Time Domain Reflectometer, 네트워크 케이블의 손상 및 단선을 검사하는 장비)을 이용하여 신호 파형을 측정(검사를 위한 신호를 전송하고 신호의 반송에 따라 상태를 점검)한 결과, 신호가 전달되는 과정에서 왜곡 또는 지연이 발생함을 확인할 수 있었다. Fig. 3은 disconnection point에서 측정된 DVI 신호의 왜곡 현상을 나타낸다. 그리고 Table 7은 각 MFD가 전송되는 신호 경로상의 disconnection point 개수를 정리하였다.



**Fig. 3. DVI signal waveform at disconnection point**

**Table 7. The number of disconnection point in DVI Signal path of KUH MFD**

No	구분	DVI 신호경로	Disconnection Point
1	MFD 1	MC 1→MFD 1	2
2	MFD 3	MC 1→MFD 3	2
3	MFD 2	MC 2→MFD 2	2
4	MFD 4	MC 2→낙뢰필터 →DAU→낙뢰필터 →MFD 4	6

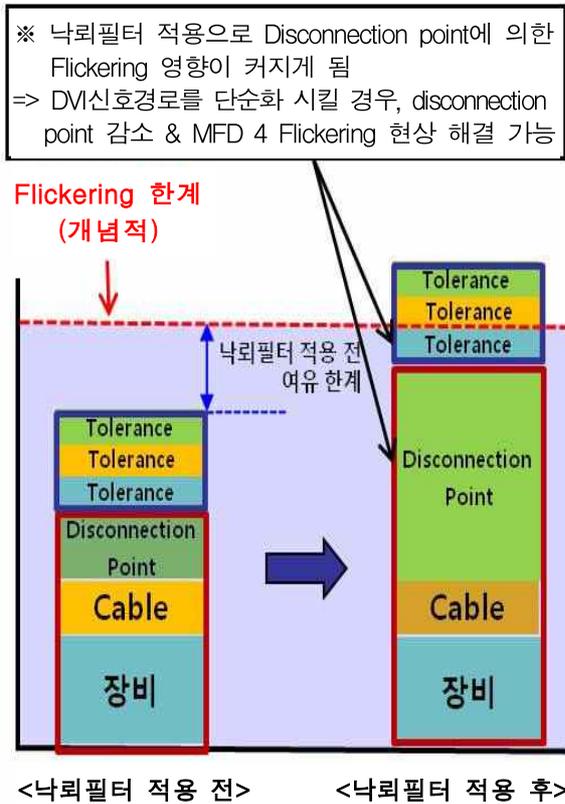


Fig. 4. The cause of occurrence about KUH MFD 4 Flickering

이상에서 검토한 결과를 토대로 내릴 수 있는 결론은 DVI 비디오 신호 전송 경로에서 가장 큰 영향을 미치는 요소는 복잡한 DVI 신호 경로(전송 선로에 존재하는 정전용량)와 Disconnection Point에 의한 신호 왜곡이다. MC 2에서 MFD 4로 DVI 신호가 전송되는 과정에서 경로상의 저항성분 또는 케이블/낙뢰필터 내의 정전용량에 의한 신호의 왜곡 및 지연이 발생하게 된다. 그리고 MFD 4의 경우 케이블 길이 및 DAU/낙뢰필터의 추가 적용으로 인하여 신호의 열화 요인이 상대적으로 더 많이 발생하게 된다. 또한, 각 구성품 및 부품의 개별 Tolerance가 누적되어 임계치(Threshold)를 초과할 경우 MFD 4 Flickering 현상이 발생하게 되는 것이다. Fig. 4는 MFD 4 Flickering 현상의 발생 원인에 대한 개념적인 분석 결과이다[6, 7].

### III. MFD 이상시현 설계개선

MFD 이상시현(MFD 4 Flickering)을 해결하기 위하여 DVI 신호경로 수정, IVI 백업 설계 변경, MC S/W 알고리즘 수정을 함께 수행하였다.

MFD 이상시현을 해결하기 위하여 기존의 MC 2에서 MFD 4로 진행되는 복잡한 DVI 신호 경로(MC 2→낙뢰필터→DAU→낙뢰필터→MFD 4)를 단순한 DVI 신호 경로(MC 2→MFD 4)로 바꾸는 설계 개선 작업을 수행하였다. DVI 신호 경로 개선 작업을 통해 MFD 4 Flickering 현상을 발생시키는 disconnection point 개수를 줄였고, 케이블 길이를 크게 줄였다. 설계 변경 관련 내용을 아래 Table 8과 Fig. 5에 정리하였다. Fig. 5의 화살표는 disconnection point를 의미한다.

DVI 신호 경로 개선을 위해서는 통합형 예비계기(이하 IVI, Integrated Vehicle Indicator)의 백업 설계 개념 변경과 MC S/W 알고리즘 수정이 필요하였다. 기존의 IVI 백업 설계 개념은 3중 설계 구조로 ①Primary 시현은 IVI, ②IVI Fail 시(DAU 정상)에는 MFD 4를 이용한 IVI 영상 백업(백업모드 운용 시 MFD 4에 기존 MC에서 제공되는 MFD 영상 대신 DAU가 제공하는 IVI 영상을 시현), ③기존 MFD에 시현되는 EICAS 화면 및 CWP/MWP 경고를 참조하도록 설계하였다. 반면, 변경된 설계 개념은 2중 설계 구조로 기존 설계에서 ②에 해당되는 MFD 4를 이용한 IVI 영상 백업 기능을 삭제하였다. 이를 위해 MC S/W는 IVI 백업 시 MFD 4에 MC 2 채널이 강제 시현되는 조건(기존 알고리즘에서는 적용)을 삭제하는 것으로 수정하였다. 이러한 수정내용과 각 경우의 장·단점을 Table 9에 정리하였다.

IVI 백업 설계 변경 및 MC S/W 알고리즘 수정으로 시스템이 단순해졌고, MFD 4 Flickering 현상을 해결하였다. 그러나 IVI 백업 설계 개념의 변경으로 체계 안전성은 기존 대비 낮아지는

Table 8. The design changes of DVI signal path for KUH MFD 4

No	구분	기존	변경
1	DVI 신호 경로	MC 2→낙뢰필터→DAU→낙뢰필터→MFD 4	MC 2→MFD 4
2	disconnection point	6	2
3	케이블 길이	10.47(m)	1.77(m)

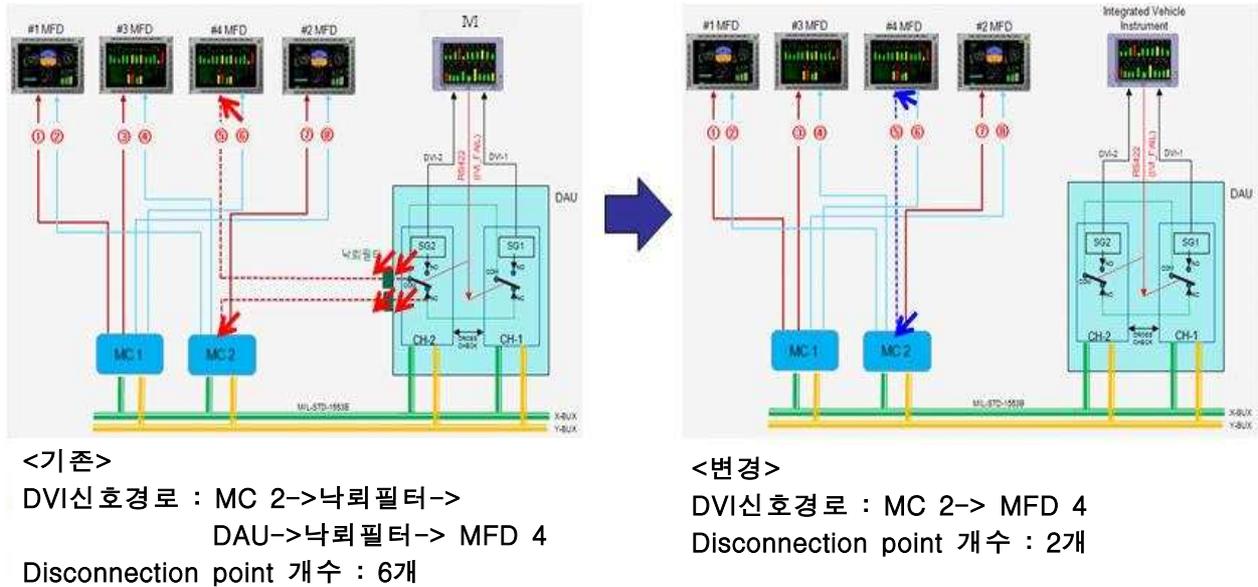


Fig. 5. The design changes of DVI signal path and disconnection point for KUH MFD 4

Table 9. The design changes of IVI backup concept and MC S/W algorithm

No	구분	기존	변경
1	IVI 백업 구조	3중 구조	2중 구조
		① IVI ② MFD 4를 이용한 IVI 백업 ③ EICAS (MWP/CWP)	①IVI ② EICAS (MWP/CWP)
		※ 설계 변경을 통해 MFD 4를 이용한 IVI 백업 기능 삭제	
2	MC S/W	IVI 백업 시 MFD 4에 MC 2 채널의 강제시현	IVI 백업 시 MFD 4에 MC 2 채널의 강제시현 삭제
3	장점	체계 안전성이 상대적으로 높음	MFD Flickering 현상 제거
4	단점	복잡한 DVI 신호경로 발생	체계 안전성이 상대적으로 낮음

단점이 발생하였다. 그래서 이러한 설계 개선 사항에 대한 체계 안전성 분석 결과가 체계 안전성 평가 기준을 충족하는지 확인하였다. 체계 안전성 분석은 정보의 상실(data loss)로 인한 기능 상실 가능성과 오정보 시현 가능성으로 구분하여 검토하였다. 첫째, 정보의 상실로 인한 기능 상실 가능성을 분석하면 'MFD 4를 이용한 IVI 백업' 제거로 인해 기능 상실 가능성은 다소 높아지나

( $e^{-13} \rightarrow 6.41e^{-12}$ ), 체계 안전성 평가 기준(Critical,  $\leq e^{-7}$ )을 충족하였다. 둘째, 오정보 시현 가능성도 'MFD 4를 이용한 IVI 백업' 제거로 인해 다소 높아짐( $1.96e^{-13} \rightarrow 6.48e^{-10}$ )을 확인하였다. 그러나 IVI 백업 설계 변경 후의 오정보 시현 가능성( $6.48e^{-10}$ )도 체계 안전성 평가 기준(Critical,  $\leq e^{-7}$ ) 대비 기준 충족사항임을 확인하였다[8].

MFD 4 Flickering 현상에 대한 설계 개선 적용 후, 지상기능시험 및 비행시험으로 검증 작업을 진행하였다. 항공기 전원이 on 된 상황에서 장시간 동안 MFD 화면의 이상 여부를 확인하는 방법으로 지상기능시험을 수행하였으며, 이상이 없음을 확인하였다. 그리고 설계 변경이 적용된

Table 10. System safety analysis about IVI backup concept change

No	구분	기존	변경
1	기능 상실	①	②
		$e^{-13}$	$6.41e^{-12}$
2	오정보 시현	③	④
		$1.96e^{-13}$	$6.48e^{-10}$
※ 체계 안전성 분석 조건 ① IVI & IVI 백업 & EICAS 상실 ② IVI Loss & EICAS 상실 ③ IVI & IVI 백업 상실 & EICAS 오정보 시현 ④ IVI 상실 & EICAS 오정보 시현			
※ 설계 변경 적용 후 체계 안전성 평가 결과, "기준 충족"을 확인함 (평가기준 : $\leq e^{-7}$ )			

**Table 11. The verification results of design changes through flight/ground test**

No	운용 호기	시험 구분	운용 시간	시험 결과
1	시제 E호기	지상기능 시험	5시간	Flickering 미발생
2	양산 B호기	지상기능 시험	5시간	Flickering 미발생
2	시제 E호기	비행 시험	8시간	Flickering 미발생
3	양산 B호기	비행 시험	3시간	Flickering 미발생

항공기를 이용해서 실제 비행시험을 수행한 결과, MFD 4 Flickering 현상이 발생하지 않음을 확인하였다. 설계 개선 사항에 대한 비행 시험 수행 이력과 결과를 Table 11에 정리하였다

#### IV. 결 론

KUH MFD는 조종사의 임무수행에 있어서 핵심적인 장비이며, 시현화면 제어 기능, 데이터 시현 기능, 자체진단 기능, 밝기조절 기능을 가지고 있다. 이러한 MFD의 이상시현(MFD 4 Flickering) 현상은 조종사의 임무 수행 과정에 심각한 영향을 초래할 수 있다. 본 논문에서는 KUH MFD의 이상시현 현상에 대한 발생원인(복잡한 DVI 신호경로, disconnection point 개수, 케이블/낙뢰필터 내의 정전용량에 의한 신호의 왜곡 및 지연)을 분석하고, 분석 결과를 바탕으로 도출된 설계 개선 사항(DVI 신호경로 개선, IVI 백업 설계 변경, MC S/W 알고리즘 수정)을 정리하였다. 그리고 설계개선 사항에 대한 체계 안전성 분석 결과와 비행시험 검증 결과를 함께 기술하였다. 본 논문에서 제시한 MFD 이상시현 현상의 설계개선 사항을 적용하여 항공기 체계의

품질 신뢰성을 확보하였으며, 조종사의 임무 수행능력을 크게 향상시켰다. 그리고 본 논문에서 정리한 MFD 이상시현 현상의 발생원인 및 설계 개선사항은 타 항공사업의 유사 결함 해결에 적용 가능할 것으로 판단된다.

#### References

- 1) 88KHZM7146, "Operational Manual for KUH MEP", Agency for Defense Development, Sep. 2012.
- 2) Sung Woo Kim, "Application Software Implementation for Military Aviation Dumb-type Multi Function Display", *The Proceedings of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences Spring Conference*, pp.973-976, Apr 2009
- 3) Jung Soo Jang, Min Jae Shin, "A Study of Scaling Algorithm Applicability for KHP Multi-Function Display", *The Proceedings of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences Fall Conference*, pp.521-524, Nov 2007
- 4) Digital Visual Interface, DVI 1.0, Digital Display Working Group(DDWG), Apr 1999
- 5) Digital Visual Interface(DVI) WHITE PAPER, InFocus Corporation, Nov 2001
- 6) High Performance Wire and Cable, Tensolite
- 7) Chang-Hyun Yoo, Jung-soo Jang, Duck-Won Lee, "A design for improving display noise of Avionics Digital Multi Function Display using a equalizer circuit", *The Proceedings of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences Fall Conference*, pp.1666-1671, Nov 2011
- 8) 88PR0006, "KUH Subsystem Hazard Analysis", Defense Acquisition Program Administration, Apr. 2012