JANT 한국항행학회논문지
Journal of Advanced Navigation Technology

항공 우주 해상

J. Adv. Navig. Technol. 22(4): 288-294, Aug. 2018

승객 휴대 전자기기 사용에 대한 위해요인 식별 및 리스크 평가

Hazard Identification and Risk Assessment for the Use of Passenger Portable Electronic Devices

임 인 규 · 김 무 근 · 강 자 영*
한국항공대학교 대학원 항공운항관리학과

In-Kyu Lim · Mu-Geun Kim · Ja-Young Kang*
Department of Aviation Management, Graduate School, Korea Aerospace University, Gyeonggi-do, 10540, Korea

[요 약]

항공기의 엔터테인먼트 시스템은 고정된 모니터를 사용하는 대신에 승객 개인의 휴대용 전자기기를 사용하는 형태로 그 패러다임이 바뀌었다. 이로 인해 기내 설비는 간소해진 반면 휴대용 전자기기들의 전기 충전으로 안전에 대한 리스크는 증가되었다. 송신 기능이 없는 개인 휴대전자기기와 달리 와이파이 기능이 있는 전자기기(T-PED)의 사용이 허용되고 기내에서 배터리의 충전도 요구된다. 본 연구에서는 기내 무선 환경과 엔터테인먼트 서비스의 변화에 따른 영향을 조사하기 위해 NASA 항공안전보고시스템을 이용하여 기내 전자기기 사용 관련 자료를 분석하였다. 이를 기초로 하여, 항공기 안전관리 관점에서 비행 중에 발생된 객실 전자장비나 승객 휴대용 전자기기(특히 스마트폰)로 인한 이벤트 발생 사례를 공유하여 개인용 전자기기의 위험성을 분석하였다. 이러한 분석을 위해 잠재적 위해요인의 식별과 리스크 평가 작업이 수행되었으며, 최종적으로 휴대용 전자기기의 안전한 사용을 위한 리스크 완화 전략이 제시되었다.

[Abstract]

The entertainment system of the aircraft has changed its paradigm in the form of using passenger electronic devices instead of using a fixed monitor. This has simplified the on-board equipment while the risk of safety has increased with the electric charging of portable electronic devices. Unlike personal portable electronic devices that do not have a transmission function, the use of Wi-Fi enabled electronic devices(T-PED) is allowed and the battery is required to be charged in the cabin. In this study, we used the NASA Aviation Safety Reporting System to investigate the effects of changes in wireless environment and entertainment service. Based on this, we analyzed the risks of personal electronic devices by sharing event occurrence cases caused by in-flight electronic equipment or passenger portable electronic devices (especially smart phones) from the viewpoint of aircraft safety management. This analysis includes identification of potential hazards and risk assessment, and finally the strategies for risk mitigation for safe use of portable electronic devices are suggested.

Key word : Entertainment system of the aircraft, Portable electronic device, Safety management, Identification of hazard, Risk assessment.

https://doi.org/10.12673/jant.2018.22.4.288

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-CommercialLicense(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 6 August 2018; **Revised** 13 August 2018
Accepted (Publication) 23 August 2018 (30 August 2018)

***Corresponding Author; Ja-Young Kang**

Tel: +82-2-300-0081
E-mail: jaykang@kau.ac.kr

Ⅰ. 서 론

개인용 스마트 전자기기들의 활성화와 더불어 항공 여행에 있어서도 항공사에서 제공하는 기내 엔터테인먼트 시스템을 이용하는 것보다 개인의 스마트폰 등 개인용 휴대 전자기기(PED; portable electronics device)의 사용이 많아 졌다. 또한 항공기에서 그 서비스 형태도 기내의 무선 와이파이(Wi-Fi; wireless fidelity) 시스템 사용을 허용하게 되어 영화나 음악 등 다양한 콘텐츠를 무선으로 이용 가능하게 되었다[1].

Daniel Research Group에서 2018년 5월 조사한 개인 전자장비에 대한 2020년까지의 시장 예측을 보면 스마트 폰의 점유율이 급속히 증가되고 있음을 보여 준다(그림 1)[2].

그림 2는 2012년 CEA (consumer electronics association) 및 APEX (airline passenger experience association)가 공동으로 조사한 보고서에서는 최근 1년 동안 항공 여행 중 기내에서 전자장비 사용 현황을 보여주는데 거의 모든(94%) 승객이 하나 이상의 PED를 가져 왔으며 스마트폰(63%), 노트북(45%), 일반휴대폰(31%) 순으로 스마트폰이 가장 많이 사용되는 PED로 나타났다[3].

이처럼 기내 객실의 환경과 승객 욕구의 변화는 항공 여행에서 편리하게 사용되고 있는 전자장비로 인한 잠재적인 위해요인을 분석하기 위해 미항공우주국 (NASA; National Aeronautic and Space Administration)의 항공안전보고시스템(ASRS; aviation safety reporting system)의 데이터를 수집하여 분석하였다. 또한 항공사의 운항 중 발생한 기내 전자장비 관련 보고 자료와 비교 검토하여 잠재적인 위해 요인을 파악하고 위험평가를 수행하여 안전관리를 위한 방안을 강구하고자 하였다.

본 논문은 첫째, 미항공우주국의 항공안전보고시스템에 보고된 최근 10년간의 PED 관련 이벤트를 분석하여 잠재적 위험요소를 파악하였고,

둘째, 기내에서 승객 편의 설비와 승객이 PED 용으로 사용하는 전원 시스템을 설명하고 비행 중 발생된 이벤트를 조사하여 잠재된 위해 요인을 식별하고 평가하여 리스크를 완화하기 위한 위험관리방안을 제시하였다.

Ⅱ. PED(Portable Electronic Device)

2-1 NASA PED 관련 이벤트 (ASRS)

미항공우주국의 항공안전보고시스템에 보고된 최근 10년간(2008.1 ~ 2018.1)의 자료 중에서 PED 관련하여 제기된 건을 아래 제한 사항으로 아래와 같이 수집하였다.

- FAR(federal aviation regulations) 121 (운송용 항공기),
- 항공기 형식 (보잉, 에어버스 : 모든 형식),
- 승객 운용 여객기,
- 이벤트 : PED, 보안, 스모크, 화재, 연기, 냄새, 승객실수

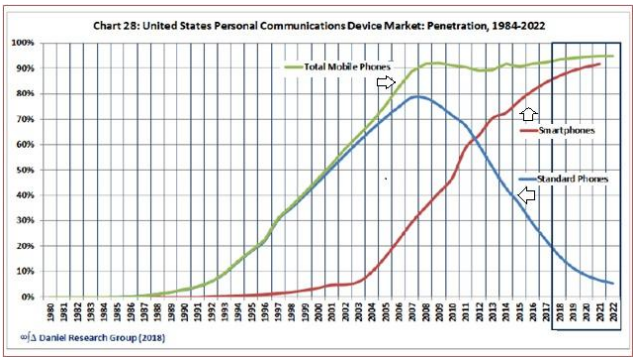

그림 1. PED 통신 장비 시장 예측 [2]

Fig. 1. PED Communications Equipment Market Forecast[2].

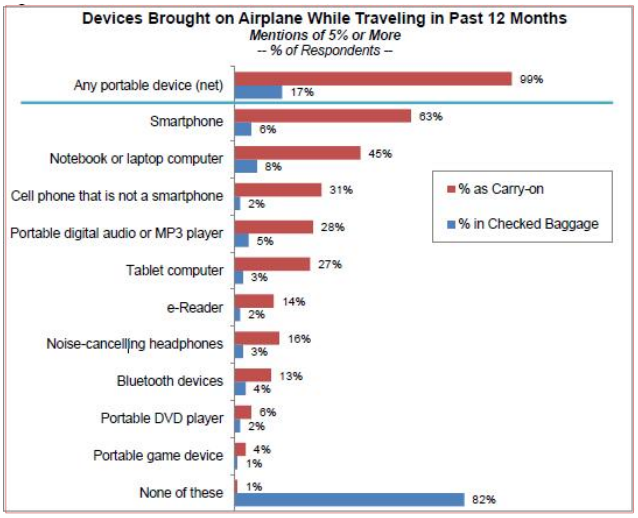

그림 2. 승객 휴대 전자장비 사용 현황 [3]

Fig. 2. Passenger use of portable electronic equipment in Flight[3].

그 결과 184 건이 발췌 되었으며, 그림 3에서 보듯이 해당 이벤트는 2012년까지 감소하다가 그 이후로 다시 증가 되는 양상을 보이고 있다.

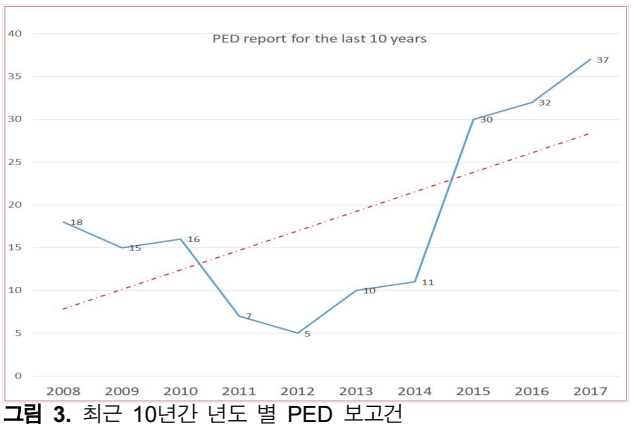

그림 3. 최근 10년간 년도 별 PED 보고건

Fig. 3. PED report for the last 10 years.

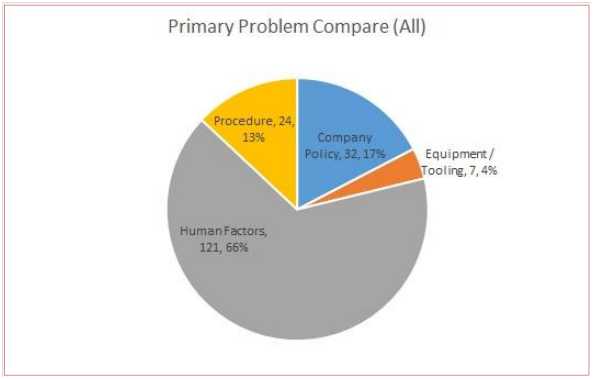

그림 4. 1차적 문제 고장 비율
Fig. 4. Primary problem failure rate.

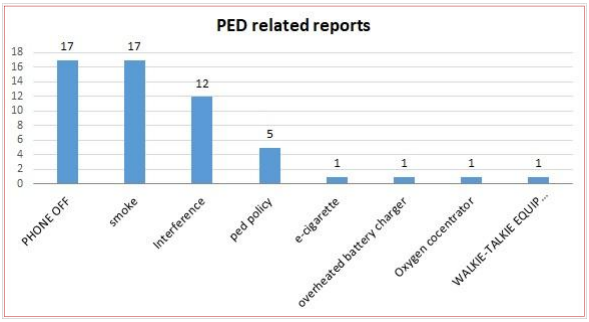

그림 5. PED 원인별 분류
Fig. 5. PED cause classification.

각 보고 건에 대하여 분류된 1차적 문제는 인적요인 121 건(66%), 회사정책 32건(17%), 절차 24건(13%) 그리고 장비/도구 7 건(4 %)로 나타났다(그림4).

추가로 PED 이벤트 보고 건에 대하여 원인별로 분류 한 결과 전체 해당 55건 중에서 전화기 전원 OFF 절차 미 준수 17건, SMOKE 17건, 전자파장애간섭 12 건, PED 정책 5건, 그리고 전자담배, 배터리충전, 기타 각 1건으로 나타났다(그림 5).

SMOKE의 원인으로 원인 미상으로 보고된 11건을 제외하고 제작결함 4건, 부적절한 운용 1건, 운용결함 1건으로 분류되었으며 전자파장애간섭현상 12 건 중 6건에 대해서만 제작결함으로 보고 되었다(그림 6).

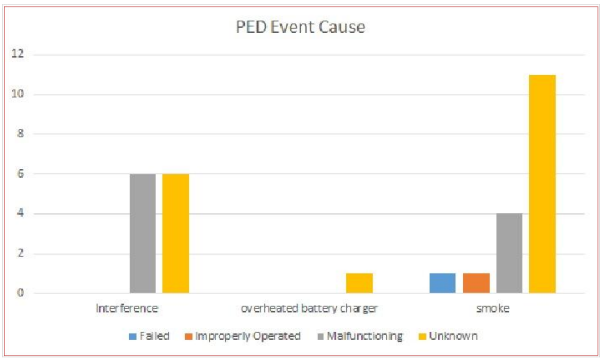

그림 6. 주요 사건에 대한 PED 원인별 분류
Fig. 6. Classification of PED causes for major events.

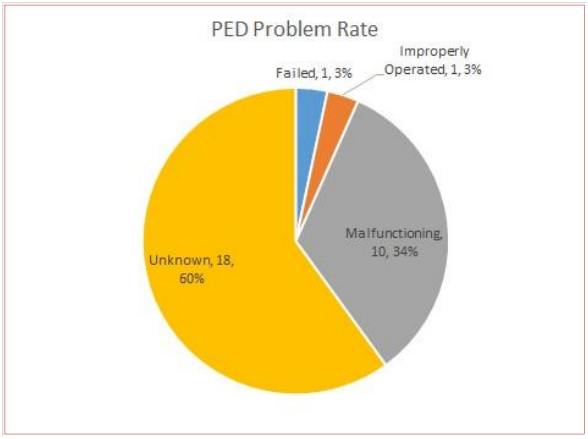

그림 7. 시스템 간섭, 과열, 화재에 대한 원인 별 비중
Fig. 7. Percentage of system interference, overheating, fire about PED problem cause rate.

그림 7은 주요 이벤트인 PED 간섭, 배터리 발열, 연기에 대하여 원인을 보였다.

원인 미상을 제외하면 기능 불량에 의한 비중이 그다음을 차지하였다.

2-2 기내 엔터테인먼트 시스템

개인 휴대 전자장비 허용 기준의 완화로 항공기의 기내 엔터테인먼트 시스템 이용보다 스마트폰과 같은 개인 휴대 전자장비의 활용이 증가 되었다.

그러므로 장시간의 개인 전자장비 사용을 위해 전원 충전 및 공급이 필수적인 바, 이것으로 인한 비행 중 객실 이벤트(안전, 결함 등) 보고가 지속 되고 있다.

그림 8은 기내 엔터테인먼트 시스템이 개인형 모니터에서 와이파이 무선 네트워크에 의한 승객 개인 전자기기로 진화되는 엔터테인먼트 서비스를 보여주고 있고, 그림 9는 승객이 사용하는 시스템의 전원 공급 체계를 보여주고 있다[1].

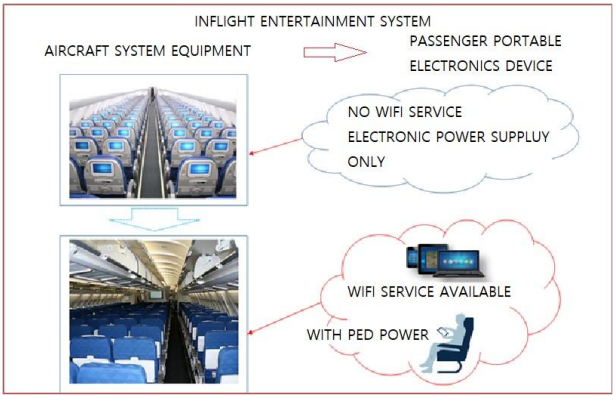

그림 8. 엔터테인먼트 시스템의 진화
Fig. 8. The evolution of entertainment systems.

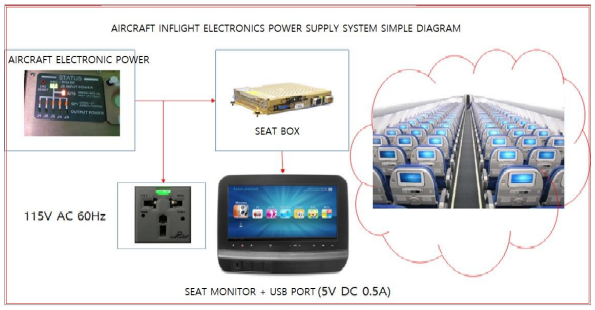

그림 9. 엔터테인먼트 시스템 전원공급 체계
Fig. 9. Entertainment system power supply system.

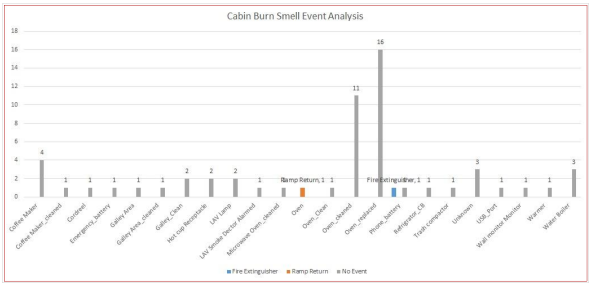

그림 10. 기내 타는 냄새 이벤트 사례
Fig. 10. Cabin burn smell event case.

2-3 잠재적 위해요인(항공사 결함 자료 분석)

그림 10은 최근 10년간 항공기 객실결함으로 보고된 발연이나, 타는 냄새 관련 자료의 분석 결과이다.

총 59건의 분석 자료 중에서 2건의 이벤트는 램프리턴(Ramp return) 1건, 기내에서 소화기를 사용한 1건이 있었다.

오븐(Oven)관련하여 장비 결함이나 사용 중 발생된 사례가 29건으로 가장 많았다.

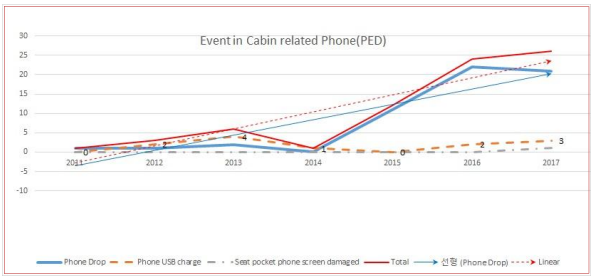

그림 11. 전화기 drop 사례
Fig. 11. Cell phone drop case.

그림 12. 기내 전원에 대한 안전위협사례 조사
Fig. 12. Investigation of safety threats on cabin electronic

주방기구 들에 의한 타는 냄새를 제외하면 전화기 배터리(battery), 핸드셋 코드릴 (handset cordreel), 충전용 USB 포트, 그리고 미확인 (unknown)으로 집계 되었다. 또한 최근 10년간 기내에서 좌석 사이 등으로 전화기를 흘리는(drop) 사례가 지속적으로 증가되고 있는 것을 볼 수 있다(그림 11).

또한 그림 12는 순항 중 기내에서 전원 사용 시 스파크나 전기적 쇼크가 발생된 안전 위협 사례이다.

최근 비행 중에 심심치 않게 스마트폰과 관련한 이벤트가 보고되고 있어 기내 비행 안전관점에서 사례를 조사하여 분석하여 보았다.

안전 위험 관리는 잠재적인 위해요소의 식별에서부터 시작하여, 각각의 개별적이고 복합적인 요소를 제거, 또는 허용 가능한 수준으로 완화하기 위한 조치로 균형 잡힌 자원 할당을 목표로 한다[4].

표 1. 최근 10년 동안 기내 타는 냄새 발생 사례
Table 1. In-flight burn smell cases for the last 10 years.

No	A/C	YR	ACTION	MALFUNCTION	CAUSE
1	737	2011	No sign of burnt	SEAT BURN SMELL	Unknown
2	777	2012		BURN SMELL FOR 10 SEC DURING DESCENT	
3	737	2012		SEAT BURN SMELL	
4	744	2014	Replacement Monitor	WALL MONITOR BURN SMELL	Component Failure
5	A330	2016	Replacement of Cordreel	AVOD'S CORD, SPARK FLAME, SMOKE BURNING SMELL OR SOMETHING	
6	A380	2016	Remove Phone	HAND PHONE FALL DOWN BETWEEN SEAT AND SEAT WALL SOME SMOKE AND SMELL	Improper use of telephone
7	A380	2017	Replacement	HALON TYPE EXTINGUISHER USED CAUSED BY BATTERY COMPRESSION SMELL	
8	A380	2017	Normal operation	USB PORT IS OVERHEATED; BURN SMELL	USB Charge
9	777	2018	Replacement	EMERGENCY BATTERY PACK BURN SMELL	Component Failure

표 2. 안전위험평가 매트릭스(발생가능성|심각도)
Table 2. Safety risk assessment matrix.

Probability	Severity				
	Catastrophic A	Hazardous B	Major C	Minor D	Negligible E
Frequent 5			Phone Battery		USB Charge port
Occasional 4				Cordreel Beverage	Electronics Defect
Remote 3					
Improbable 2					
Extremely improbable 1					

[발생 가능성 (probability)]

5. 자주 발생함 (certain, frequent).

4. 가끔 발생함(likely, occasional).

3. 드물게 발생함 (possible, remote).

2. 발생할 것 같지 않음 (unlikely, improbable).

1. 아주 발생할 것 같지 않음 (exceptional, extremely improbable).

[심각도 (severity)]

A 치명적, 항공기 또는 생명의 손실 (catastrophic).

B. 위험함, 주요항공기시스템의 완전한 고장, 긴급 운항절차, 심각한 부상 (hazardous).

C. 중함, 주요 항공기시스템의 부분적 손실, 비정상적인 운항 절차, 상해 (major).

D. 경미함, 정상적인 운영 절차, 성능의 저하, 사소한 사건 (minor).

E.무시가능, 항공기와 관련된 운영상의 안전에 무관 (negligible).

표 1은 항공기내에서 발생한 타는 냄새 (BURN SMELL)의 사유로 기록된 항공기 결함 내용을 원인별 조치사항을 추가하여 요약하였다. 표 2는 ICAO DOC 9859 (safety management manual)에 근거하여 발생가능성과 심각도를 분석하여 리스크 평가 매트릭스로 표시한 것이다[4-5].

위험 사례를 요약하여 위해요인을 분석해 본 결과 PED 사용과 전자장비의 전기적 부품의 성능저하, 부주의 한 사용, 휴대폰 충전지의 부적절한 관리, 음료에 의한 전자장비의 침수로 분류되었다.

2-4 Cabin Burn Smell/Event에 대한 리스크 평가

항공기내의 PED 사용이나, 전자장비, 배터리 충전으로 인한 위험에 대한 평가 분석을 통하여 각 위험 요소를 완화하여 허용 가능한 수준으로 관리하기 위한 위험 평가표를 분류 기준에 따라 전문가의 의견으로 분류한 결과이다 (표 2, 표 3).

잠재적인 위해 요인과 발생 가능성에 대하여 검토한 항목은 휴대폰 배터리의 압착, 핸드셋 코드릴의 전기적 쇼트, 그리고 서비스 음료수 흘림으로 인한 항공기 장비 손상이 있다.

각 손상별 요인에 대한 평가를 요약하면 다음과 같다.

1) 전화기나 여분의 충전지의 부적절한 보관은 전화기 내부에 있는 리튬 이온 충전 배터리 또는 여분의 배터리가 떨어져 전동 좌석의 기어에 압착되어 화학적 손상에 의한 리튬 배터리 화재 발생 가능성이 있다[6-7].

2) 헤드셋 장치의 늘어진 케이블(코드릴)은 비상 상황에서 대피지연과 승객 및 장비 손상을 유발하고, 코드릴의 부적절한 반복 사용은 전기적으로 쇼트를 일으켜 연기 등 화재를 유발할 수 있다.

표 3. 위험평가

Table 3. Risk assessment.

Harzard	Risk Assessment			
	Assessment	Tolerability	Risk range	Recommendation
Cabin Elec Unit	4E	Acceptable based on risk mitigation	Moderate	Improvement of reliability
Handset Cordreel	4D			
USB port	5E			
Beverages	4D			Caution
Battery	5C	Unacceptable	High	

3) 음료 등이 좌석 아래 장착된 전자장비에 흘러서 시스템 전원이 차단된 사례와 전자장비의 결함으로 연기와 타는 냄새 발생이 보고되었다. 여기서 분석한 위험 평가는 비행 중 기내에서 발화시 최악의 사고가 될 수도 있기 때문에 잠재적인 위해 요인을 허용 가능한 수준으로 조절하거나 제거될 수 있도록 2-6에서 PED(배터리 포함)의 안전한 사용 권고안을 제시하였다.

2-5 국제/국내 PED 관련 절차 및 규정

항공기 내의 PED 휴대 및 사용에 대한 규제가 완화되어 전파를 의도적으로 전송하는 T-PED (즉 휴대 전화기, 와이파이 무선 송수신, 블루투스 송수신 전자기기)를 항공기 객실에서 사용하게 되었다[8].

미연방항공청(FAA)은 기내 휴대용 전자기기 사용 허용을 위하여 가이드 및 규정을 지속적으로 고지하였다[9-10].

표 4에서는 휴대용 전자장비의 허용 기준에 대한 인증 기준, 가이드, 기내 휴대 허용 가이드에 대하여 기술한 FAA 발행 문서를 보였다.

국내는 항공안전법 제73조 (전자기기의 사용제한), 항공안전법 시행규칙 제 214조(전자기기의 사용제한)에서 항공기의 항행 및 통신장비에 대한 전자파 간섭 등의 영향을 방지하기 위해 사용을 제한하고 있다.

또 항공보안법 제23조(승객의 협조의무)에서 항공안전법 제73조를 위반하여 전자기기를 사용하는 행위에 대하여 운항중인 항공기 내인 경우 1천만원이하의 벌금(계류중인 항공기 내에서는 5백만원)에 처한다로 되어있다[11]-[13].

표 4. 미연방항공청 휴대용 전자기기 관련 절차 및 가이드

Table 4. FAA PED guidance documents.

Item	Subject
AC 91-21.1C	Use of Portable Electronic Devices Aboard Aircraft (5/7/15)
AC 121-24C	Passenger Safety Information Briefing and Briefing Cards (07/23/03)
FAA InFO 09018	Stowage of Items in Seat Pockets (11/12/09)

표 5. 휴대용 전자기기 안전 사용 권고
Table 5. Recommendations for safe use of PED

No	Mitigation	Policy	Subject
1	T-PED Acceptance Procedure	PED tolerance tests must be performed to demonstrate safety	User
2	Lithium Battery ignition relaxation strategy	Classified as hazardous cargo and mounted on fireproof container	Airworthiness authority
		Spontaneous fire prevention measures and adjacent cell fire protection measures	manufacturer, User
		Fire training and skill acquisition for lithium battery fire	Crew
3	Overheating Charge	Charge only where monitored position Non-rechargeable during ground move, takeoff and landing of aircraft	Notices and Restrictions by Crew
4	Fumes or Overheating in Batteries	Immediately turn off the power and keep it in a visible position for monitoring	Crew
5	PED stuck or lost in electric seat	Power down to disable seating	Crew
6	Electronic cigarette and evaporator	No charge on board, Electronic cigarettes are not allowed as checked baggage	User Policy

2-6 PED(배터리)의 안전한 사용 권고안

표 5는 PED을 안전하게 사용하기 위한 권고안을 요약 제시하였다[14-17].

배터리의 충전으로 인한 발열이나 전동식 좌석에서 스마트폰이 끼었을 때 PED 사용을 중지하고 전동좌석 작동을 중지하는 등 신속한 조치가 이루어 져야 하며, 발연이나 화재 발생 시 적절한 소화 조치 가 가능하도록 평상시 훈련과 교육, 감독이 요구된다.

Ⅲ. 결 론

항공 여객 수요의 증가와 휴대형 전자기기의 발달로 여행객들은 스마트폰은 기본이고 다양한 개인 전자기기를 사용하며 충전도 한다. 배터리의 특성이나 고장으로 인하여 열이나 연기가 발생되는 경우도 있지만 그 위험성은 잘 알려지지 않았다. 또한 좌석 아래로 떨어져 전동좌석의 기어에 압착되어 발화되는 위험도 있다.

본 논문에서는 PED에 의한 기내 화재 위험성이 높게 평가되었다.

스마트폰이나 배터리가 화재의 점화원이 되지 않도록 위험성관리의 필요성을 확인하였으며 분석한 각종 잠재된 위해요인을 리스크 평가하여 수용 가능한 수준으로 완화 또는 제거를 위한 권고안을 제시하였다.

시스템적으로는 부품 신뢰성 향상과 주기적인 예방정비를 통하여 고장 발생 가능성을 줄이고, 안전의식의 재고를 위해 적절한 제도적 절차를 수립하고 강화해야 한다.

관리감독자는 적절히 통제하고 화재가 일어날 때 신속히 조치 될 수 있도록 훈련과 휴대용 전자기기 사용에 대한 위험성을 다양한 방법으로 고지하고 규제해야 할 것이다.

Acknowledgments

본 연구는 국토교통부 항공안전기술개발사업 (과제번호: 16ATRP-C108186-02)의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

[1] I. K. Lim, M. G. Kim, and J. Y. Kang,“Cyber security risks and hazard identification of personal electronic devices for using in-flight entertainment of aircraft,” in *The Korean Society for Aviation and Aeronautics 2018 Spring Conference,* Seoul; Korea, pp. 142-145, 2018

[2] Daniel Research Group, United States Personal Device 2018-2022 Forecast Report, May 2018 Update, pp. 36, 2018

[3] Airline Passenger Experience Association & Consumer Electronics Association, Portable Electronic Devices on Aircraft Study,pp. 7, 2013

[4] ICAO, *Safety Management Manual (SMM),* Doc 9859, 3rd ed. pp. 2-26~2-31, 2013.

[5] Hsu, W. K., Huang, S.H., Tseng, W.J., “Evaluating the risk of operational safety for dangerous goods in airfreights – A revised risk matrix based on fuzzy AHP,” *Transportation Research Part D,* Vol. 48, pp. 235-247, Aug. 2016.

[6] P.J. Swornowski, “Destruction mechanism of the internal structure in Lithium-ion batteries used in aviation industry,” *Energy*, Vol. 122, pp. 779-789, Jan. 2017.

[7] C. Hendricks, N. Williard, S. Mathew, M. Pecht, “A failure modes, mechanisms, and effects analysis(FMMEA) of lithium-ion batteries,” *Journal of Power Sources,* Vol. 297, pp. 113-120, Aug. 2015.

[8] IATA, *Guidance on the Expanded Use of Passenger Portable Electronic Devices (PEDs),* 2014

[9] FAA, AC 91.21-1C, *Use of Portable Electronic Devices*

*Aboard Aircraft,*2015
[10] FAA, InFO 13010,*Expanding Use of Passenger Portable Electronic Devices (PED),* 2014
[11] Aviation safety law, *Article 73 (Limitation on Use of Electronic Devices)*
[12] Aviation safety law, Enforcement rule, *Article 214 (Restrictions on Use of Electronic Devices)*
[13] Aviation security law, *Article 23 (Responsibility of Cooperating Passengers)*
[14] IATA, *Cabin Operations Safety,* 3rd ed. pp. 67-75, 2017
[15] IATA, *Lithium Batteries Risk Mitigation Guidance for Operators,* 2015
[16] FAA AC 120-80A ,*In-Flight Fires,*2014
[17] FAA SAFO 09013 ,*Fighting Fires Caused By Lithium Type Batteries in Portable Electronic Devices,* 2009

임 인 규 (In-Kyu Lim)
1992년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학학사)
2002년 8월 : 한국항공대학교 정보통신공학과 (공학석사)
2015년 8월 ~ 현재 : 한국항공대학교 대학원 항공운항관리학과 박사과정
1991년 12월 ~ 현재 : 대한항공 정비본부 항공기 정비
※관심분야 : CNS/ATM, 시험평가인증, 공항운영 및 관리, 항공보안공학

김 무 근 (Mu-Geun Kim)
2009년 2월 : 아주대학교 교통·ITS대학원 교통공학과 (공학석사)
2015년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교 대학원 항공운항관리학과 박사과정
※관심분야 : CNS/ATM, 시험평가인증, 공항운영 및 관리

강 자 영 (Ja-Young Kang)
1992년 06월 : 미국 Auburn Univ, AE/Ph.D.,
1979년 03월 ~ 1984년 08월 : 국방과학연구소 및 국방기술품질원 연구원,
2002년 03월 ~ 현 재 : 한국항공대학교 항공운항학과 교수
2011년 12월 ~ 2015년 12월, 2017년 08월 ~ 현 재 : 한국항공대학교 부설 항공체계시험인증연구센터장
2015년 03월 ~ 2016년 02월 : 한국항공대학교 부설 한국항공안전교육원장
2004년 03월 ~ 현 재 : 한국항행학회 정회원(종신회원)
2014년 01월 ~ 2015년 12월 : 제11대 한국항공운항학회장
※관심분야 : CNS/ATM, 항공체계공학, 위성시스템 응용
1992년 06월 ~ 2002년 03월 : ETRI 책임연구원/팀장
1997년 03월 : FAA Private Pilot License