

論文

FDR을 이용한 목적지공항 변경 항공기의 비행자료 분석

신대원*, 이경철*, 이종희*, 송병흠**

The Analysis of Flight Data of Aircraft with Whanges in Destination
Airport In-flight by FDR(Flight Data Recorder)

D. W. Shin*, K. C. Lee*, J. H. Lee*, B. H. Song**

목 차

I.	서	론
II.	SSFDR	비행자료기록장치
III.	SSFDR	해독
IV.	비행자료	분석
V.	관련규정	및 비행행위분석
VI.	결	론

Abstract

This study is performed to secure the safety of civil aviation by establishing systematic analysis ability of Flight Data Recorder. Through this study, downloading SSFDR(Solid State Flight Data Recorder) to personal computer, editing interface file, flight data numerical analysis and regulations relayed to the aircraft with changes in destination airport in flight are performed. In the analysis, the flight data of B747-400 model aircraft between Los Angeles(KLAX) and Jeju(RKPC) was selected.

Key Words : FDR(비행자료기록), SSFDR, Parameter, B747-400, Destination airport
(목적지공항)

†2002년 9월 16일 접수

* 정회원, 한국항공우주연구원 품질인증센터

연락처자, E-Mail : dwshin@kari.re.kr

대전광역시 유성구 어은동 45

** 한국항공대학교 항공운항학과 부교수

I. 서 론

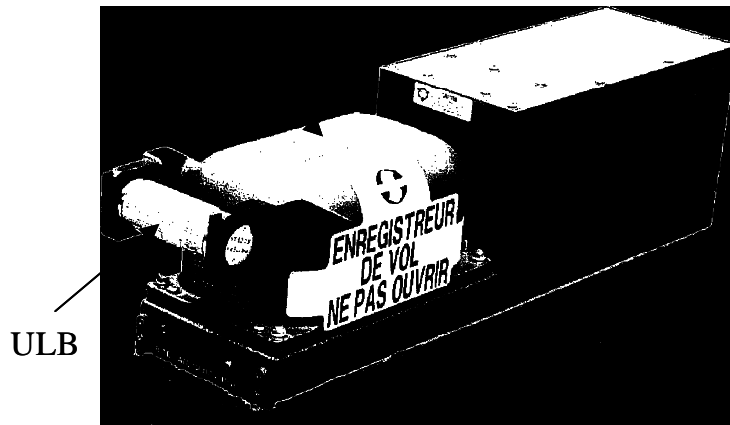
FDR(Flight Data Recorder)은 항공기사고의 원인을 규명하기 위하여 항공기 조작 및 상태 등의 Parameter들을 기록하는 장치로서, 기록된 비행자료 분석을 통하여 운항 당시의 항공기 상황을 진단 또는 평가할 수 있다. FDR에 기록된 비행자료를 해독 및 분석하는 기술은 우리나라를 비롯한 일부 항공선진국만이 보유하고 있다. 이들 항공선진국들은 FDR관련기술을 바탕으로 항행안전 확보를 위하여 통합적인 항행안전 시스템 구축에 지속적인 노력을 기울이고 있다.

본 연구는 우리나라의 FDR해독 및 분석기술을 발전시키고, 항공기 항행의 안전성과 신뢰성을 확보할 수 있는 방안으로 활용하고자 함이며, 이 논문에서는 제3세대 비행자료기록장치(FDR)인 SSFDR(Solid State Flight Data Recorder)의 구조, 비행자료의 해독 절차 및 방법 그리고 비행 중 목적지 공항이 김포에서 제주로 변경된 항공기 비행자료의 비행행위 및 관련규정에 대하여 분석하였다.

II. SSFDR 비행자료기록장치

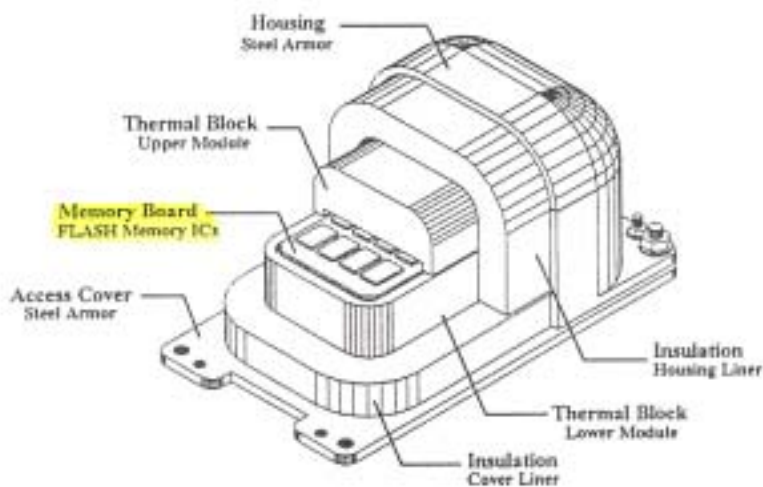
현재 운용되고 있는 항공기의 비행자료기록장치(FDR)는 대부분 DFDR(Digital Flight Data Recorder), UFDR(Universal Flight Data Recorder), SSFDR의 세 형식 중 한 가지 형식을 사용하고 있다. 컴퓨터 산업의 발전은 항공기 탑재용 비행자료기록 부분에도 영향을 주어 1990년대부터 기존의 제 2 세대 자기 테이프 방식(DFDR/UFDR)에서 벗어나 컴퓨터 메모리 칩(Solid State)의 원리를 이용한 SSFDR이라는 제 3 세대 비행자료기록장치를 탄생시켰다. SSFDR은 컴퓨터 메모리 기억장치를 이용함으로써 기존의 비행자료기록장치 방식에 비하여 기록 용량이 증가되었고, 화염으로부터의 보존율도 증대되었으며, 기록된 비행자료에 대한 신뢰도도 향상되었다. 또한, SSFDR은 제 2 세대 비행자료기록장치에 비하여 주기적으로 분해검사와 정비를 할 필요가 없으며, 자기테이프와 같이 노화현상으로 인한 데이터의 오류가 없고, 항공기를 검사하는 동안에 간편하고 신속하게 비행자료기록장치의 데이터에 접근할 수 있는 많은 장점을 가지고 있다. 그러나 SSFDR은 기존의 테이프 형식(DFDR/UFDR)의 단점으로 대두된 기계적인 고장은 발생하지 않으나, Solid State가 충격에 약한 단점이 있어 이를 보완하기 위하여 SSFDR에는 충격으로부터 Solid State를 보호하기 위한 보호캡슐(CSMU: Crash Survival Memory Unit)을 설치하였다. SSFDR은 Power Supply, CSMU, ULB(Underwater Location Beacon) 및 Aircraft Interface 단자로 구성되어있다(그림 1). 기록매체 보호캡슐 CSMU는 주위의 여러 악조건 하에서도 기록매체를 보호할 수 있도록 최대 3,400g(중력)/0.065sec의 충격, 500lb/10ft 낙하시의 관통저항성, 5,000lb/5min의 압박시험과 화염온도 1,100. C에서 30분간, 260. C에서 10시간 견딜 수 있는 구조로 되어 있다. 항공기가 수중에 추락한 경우를 대비하여 수심 20,000ft에서 30일간 방치되어 있더라도 훼손되지 않도록 되어 있으며, 또한 수중에서 위치를 자동적으로 알리는 ULB가 FDR외부에 장착되어 있다. 수중에서 FDR의 위치를 추적할 수 있게 해주는 ULB는 사고시 비상 조난

신호를 37.5 Khz의 비상주파수로 보내게 되며 유효작동시간은 30일 이상이며, 배터리의 유효기간은 6년이다. 일반적으로 SSFDR의 비행자료 기록시간은 DFDR/UFDR과 동일한 25시간 분과 50시간 분이 있으며, 이 연구에서 사용된 Allied Signal사 SSFDR은 50시간 분의 SSFDR이다. .



<그림 1> SSFDR의 외형

SSFDR의 자료기록용 Solid State는 CSMU 내부에 위치하는 구조로 되어있어 DFDR/UFDR보다 내부구조가 단순하며, 그림 2에서처럼 CSMU는 Solid State의 집합으로 이루어진 Memory Board를 열과 충격으로부터 보호하기 위해 여러 층의 보호막으로 구성되어있다. 보호막은 Memory Board를 에워싸고 있는 1차 Thermal Block 층, 2차 Thermal Block을 보호하기 위한 절연체 층, 그리고 외부는 금속 층으로 구성되어있다.



<그림 2> SSFDR의 CSMU의 구조

III. SSFDR 해독

1. Download

SSFDR 해독은 SSFDR 제작회사 마다 해독방법에 차이가 있다. 본 연구에 사용된 SSFDR해독은 한국항공우주연구원 품질인증센터에서 보유한 MAGS(Maintenance and Analysis Ground Station)해독시스템으로부터 항공기와 동일한 조건의 전원(115V AC)을 비행자료기록장치에 안정적으로 공급하는 역할을 하는 Power Converter장비를 활용하였으며, SSFDR에 기록된 비행자료는 PC에 422 Fast Com PC Board설치하여 1999년 3월 11일 비행자료를 Download 받았다. SSFDR에 기록된 전체비행자료의 Download시간은 17분이 소요되었으며, 압축된 자료를 푸는 작업인 conversion과정에는 128 word를 사용하여 27분이 소요되었고 얻어진 파일의 크기는 23.226 Megabytes이었다.

2. Interface 파일

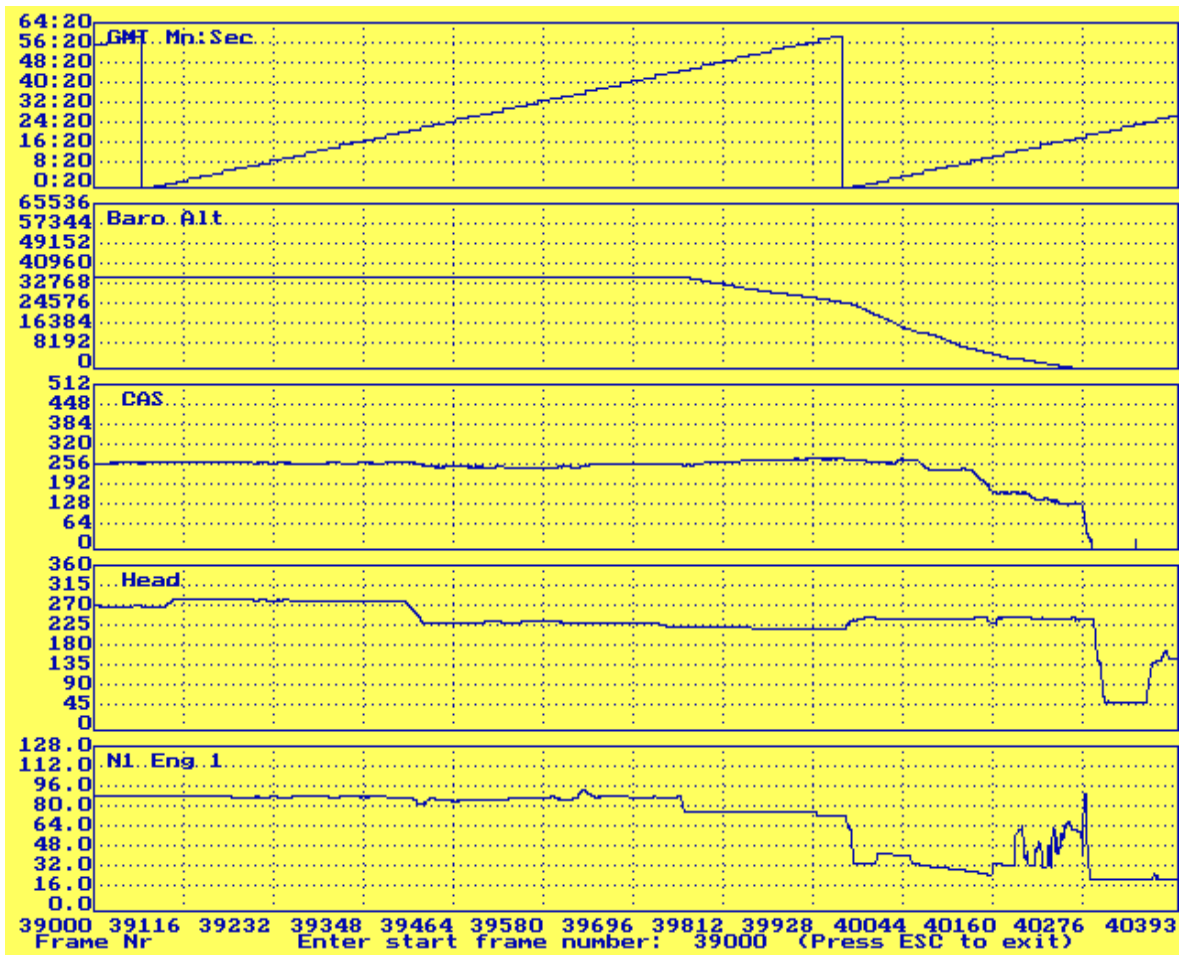
Download와 Conversion 과정을 거쳐 얻어진 파일은 범용성이 있는 Binary 형태의 파일이며, 정상적으로 해독하기 위해서는 Binary Data를 Engineering Data로 변환하기 위한 Interface 파일이 필요하다. Interface 파일은 항공기 형식 및 장착장비에 따라 다르므로 파일을 제작하기 위해서는, 비행자료를 기록하는 방법이 각각 다른 해당 항공기 형식별 DFDAU((Digital Flight Data Acquisition Unit) 또는 FDAU(Flight Data Acquisition Unit)사양을 규정한 항공기 제작사의 자료와 FDR 해독장비 제작사가 요구하는 기본 지침을 참고하여 제작하게된다. 본 연구에서 비행자료 해독작업에 필요한 Interface 파일을 제작하기 위하여, B747-400 항공기 제작사인 Boeing사가 공급한 DFDAU Specification과 AACOG가 제공한 Interface 파일 작성지침을 참조하였다. 완성된 Interface 파일은 332 Line의 분량으로, 작성지침에서 요구한 것과 같이 매 Line을 16개의 Column(Field)으로 구성하였으며, Interface File의 각 Line은 각각의 Parameter를 Engineering Data로 변환하는 원칙을 정의하고 있다. 그림 3은 본 연구를 위해 작성된 Interface 파일의 일부이다.

AACO Incorporated Maintenance & Analysis Ground Station A/C Database										
; B747-400 DFDAC cfg ■ ■ Engines Document D243U316 rev f, 3-87										
; pid "head1"" head2"" units""+sense" port nr d c s p s w rd r ms ls skt coeff0 coeff1										
SPFCYCL "SuperF"" Cycle""(1-16)"" " Port 901 0 0 00 1 064 1 04 01 UDI 1 1										
; Accelerations										
VRTG.1	"Vert	""	Acc 1""	G""	Up"	ACCL	901 3 C	00 0 002 8 12 01	ULR -3.375	6.0
VRTG.2	"Vert	""	Acc 2""	G""	Up"	ACCL	901 3 C	00 0 010 8 12 01	ULR -3.375	6.0
VRTG.3	"Vert	""	Acc 3""	G""	Up"	ACCL	901 3 C	00 0 018 8 12 01	ULR -3.375	6.0
VRTG.4	"Vert	""	Acc 4""	G""	Up"	ACCL	901 3 C	00 0 026 8 12 01	ULR -3.375	6.0
VRTG.5	"Vert	""	Acc 5""	G""	Up"	ACCL	901 3 C	00 0 034 8 12 01	ULR -3.375	6.0
VRTG.6	"Vert	""	Acc 6""	G""	Up"	ACCL	901 3 C	00 0 042 8 12 01	ULR -3.375	6.0
VRTG.7	"Vert	""	Acc 7""	G""	Up"	ACCL	901 3 C	00 0 050 8 12 01	ULR -3.375	6.0
VRTG.8	"Vert	""	Acc 8""	G""	Up"	ACCL	901 3 C	00 0 058 8 12 01	ULR -3.375	6.0
LONGG.1	"Long	""	Acc 1""	G""	Fwd"	ACCL	901 3 A	00 0 006 4 12 02	ULR -1.08333333	1.0
LONGG.2	"Long	""	Acc 2""	G""	Fwd"	ACCL	901 3 A	00 0 022 4 12 02	ULR -1.08333333	1.0
LONGG.3	"Long	""	Acc 3""	G""	Fwd"	ACCL	901 3 A	00 0 038 4 12 02	ULR -1.08333333	1.0
LONGG.4	"Long	""	Acc 4""	G""	Fwd"	ACCL	901 3 A	00 0 054 4 12 02	ULR -1.08333333	1.0
LTRLG.1	"Laterl"	""	Acc 1""	G""	ANR"	ACCL	901 3 C	00 0 015 4 12 02	ULR -1.08333333	1.0
LTRLG.2	"Laterl"	""	Acc 2""	G""	ANR"	ACCL	901 3 C	00 0 031 4 12 02	ULR -1.08333333	1.0
LTRLG.3	"Laterl"	""	Acc 3""	G""	ANR"	ACCL	901 3 C	00 0 047 4 12 02	ULR -1.08333333	1.0
LTRLG.4	"Laterl"	""	Acc 4""	G""	ANR"	ACCL	901 3 C	00 0 063 4 12 02	ULR -1.08333333	1.0

<그림 3> B747-400 항공기 비행자료 변환용 Interface 파일의 일부

3. 비행자료 해독

완성된 Interface 파일을 적용한 결과, 본 연구에 사용된 B747-400항공기의 SSFDR에는 46,449 frame(51시간 36분 36초, 1frame = 4초)동안에 이루어진 4편의 비행자료가 있었다. 기록된 비행자료에는 그림 3에서 표현된 3축가속도계에 대한 16종류의 parameter들을 비롯하여 엔진계통, 자세와 조종계통, 항법계통, 경고계통, 위치 및 시간정보 등 모두 315종류의 parameter들이며, 이들은 1초, 2초, 4초 또는 64초마다 기록되는 parameter들로 숫자와 문자로 구분된다. 여기서 소개할 자료는 1999년 3월 1일 미국 로스엔젤스 공항을 이륙하여 목적지인 김포공항으로 향하던 중 목적지 공항을 제주공항으로 바꾸어 착륙한 28,243~40,393 frame사이의 비행자료이다.



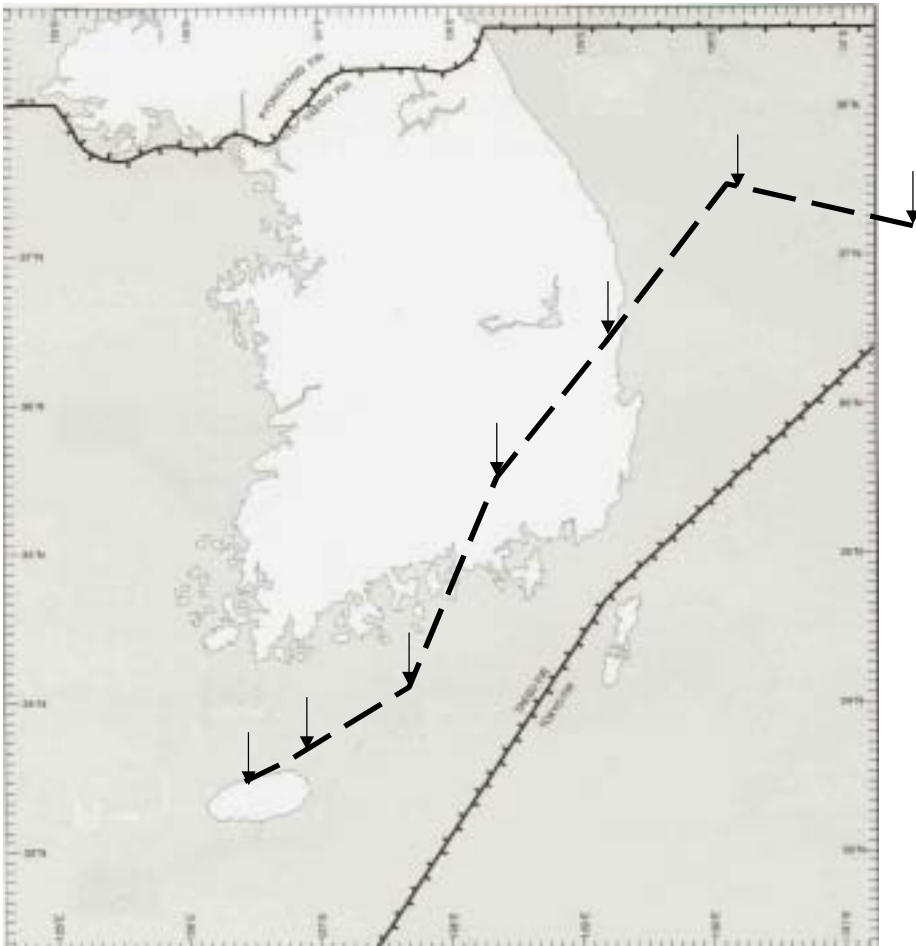
<그림 4> 해독된 그래픽 비행자료

그림 4는 해독된 비행자료 중 항로를 변경하여 제주공항에 착륙하는 과정이 담겨진 39,000~40,393 frame사이의 비행자료의 일부분으로 시간(GMT Mn: Sec), 고도(Baro Alt), 속도(CAS), 기수방위(Head), 엔진출력(N1 Eng 1) parameter들을 나타내고 있다.

IV. 비행자료 분석

1. 비행일자 및 경로분석

해독된 비행자료에는 연도를 나타내는 parameter가 "99"로 기록되어 1999년도, 달을 나타내는 parameter에서는 "3"로 기록되어 3월, 일자를 나타내는 parameter에서는 "1"로 기록되어 있어 1999년 3월 1일 이루어진 비행임을 조종사가 작성한 비행일지를 통하여 확인할 수 있었다. 그림 5는 4초마다 기록된 항공기 위치 좌표를 활용하여 비행 중 목적지 공항을 변경하여 제주공항(북위 33° 30'7", 동경 126° 29'6")에 착륙한 것으로 나타내고 있다. 또한, 64초마다 기록되는 출발지1, 출발지2, 목적지1, 목적지2 parameter들에서는 각 2개의 문자들이 KL, AX, RK, SS로 기록되어 항공기는 KLAX(로스앤젤레스)에서 출발하여 도착 예정지인 RKSS(김포)로 향하게 되어있었으나 그림 5의 ②지점에서 목적지1, 목적지2 parameter들이 RK, PC로 변경되어 RKPC(제주)로 목적지 공항이 변경되었음을 나타내고 있었으며, 착륙 공항은 비행일지를 통하여 확인할 수 있었다.



<그림 5> 비행자료의 위치 좌표에 의한 비행경로

2. 시간별 항공기 조작

엔진시동으로부터 정지까지의 시간(초)에 대한 주요 항공기 조작은 아래와 같으며, 매초마다 기록되는 VHF(Very High Frequency) parameter는 조종승무원이 ATC(Air Traffic Control)와의 교신을 위해 key를 작동했음을 의미한다. 시간은 UTC(Co-Ordinated Universal Time)로 나타내었다.

- 07:57:33 #4엔진 시동 연료 34,180Gallons
- 07:58:16 #3엔진 시동
- 07:59:02 #2엔진 시동
- 07:59:45 #1엔진 시동
- 08:03:58 Flap Down(20.6°)
- 08:04:18 Taxiing 시작
- 08:18:07 활주로 정대, 기수방위 247.7°
- 08:18:50 전방 착륙장치 부양됨, 속도 182 knots, 기수 들림각 5.01°
- 08:18:52 주 착륙장치 부양됨, 속도 185 knots, 기수 들림각 7.65°
- 08:18:55 착륙장치 접음, 고도 200 ft, 속도 190 knots, 기수 들림각 12.04°
- 08:19:55 Flap Up, 고도 1,824 ft
- / 중 략 /
- 19:10:13 VHF 4초간 key조작,
- 19:10:39 VHF 3초간 key조작,
- 19:10:47 VHF 15초간 key조작,
- 19:33:22 VHF 3초간 key조작,
- 19:33:27 VHF 13초간 key조작,
- 19:33:48 VHF 1초간 key조작,
- 20:02:07 VHF 5초간 key조작, 연료 5,570Gallons, 고도 FL370
- 20:02:19 VHF 1초간 key조작,
- 20:05:03 VHF 4초간 key조작,
- 20:05:11 VHF 2초간 key조작,
- 20:10:47 VHF 3초간 key조작, 연료 5,170Gallons
(그림 4 및 그림 5의 ①지점, 북위 37°16'2", 동경 131°28'8")
- 20:13:59 VHF 2초간 key조작
- 20:14:04 VHF 7초간 key조작
- 20:14:16 VHF 3초간 key조작
- 20:14:24 VHF 1초간 key조작
- 20:14:27 VHF 3초간 key조작
- 20:14:33 VHF 1초간 key조작

- 20:14:38 VHF 1초간 key조작
- 20:15:01 VHF 4초간 key조작
- 20:15:21 VHF 5초간 key조작
- 20:15:28 VHF 1초간 key조작
- 20:18:22 VHF 1초간 key조작
- 20:18:25 VHF 1초간 key조작
- 20:18:36 VHF 2초간 key조작
- 20:18:55 VHF 7초간 key조작
- 20:19:12 VHF 1초간 key조작
- 20:19:55 VHF 2초간 key조작
- 20:20:01 VHF 4초간 key조작
- 20:22:08 VHF 8초간 key조작
- 20:22:24 VHF 4초간 key조작, 연료 4,790Gallons
(그림 4 및 그림 5의 ②지점, 북위 37°26'4", 동경 130°15'1")
- 20:23:20 도착지 변경 제주(RKPC)
- 20:24:24 VHF 2초간 key조작
- 20:24:32 VHF 8초간 key조작
- 20:24:45 VHF 1초간 key조작
- 20:24:47 VHF 8초간 key조작
- 20:30:23 VHF 1초간 key조작
- 20:30:26 VHF 2초간 key조작
- 20:35:46 VHF 1초간 key조작
- 20:35:49 VHF 4초간 key조작
(그림 4 및 그림 5의 ③지점, 북위 36°28'2", 동경 129°12'1")
- 20:41:51 VHF 3초간 key조작
- 20:41:57 VHF 2초간 key조작
- 20:42:01 VHF 18초간 key조작
- 20:42:24 VHF 1초간 key조작
- 20:42:26 VHF 1초간 key조작
- 20:42:34 VHF 1초간 key조작
- 20:43:24 VHF 2초간 key조작
- 20:45:54 VHF 2초간 key조작
- 20:46:21 강하시작
(그림 4 및 그림 5의 ④지점, 북위 35°30'1", 동경 128°24'6")
- 20:53:35 VHF 3초간 key조작
- 20:56:37 VHF 3초간 key조작

- 21:00:18 VHF 4초간 key조작
(그림 4 및 그림 5의 ⑤지점, 북위 34°17'9", 동경 127°42'6")
- 21:00:27 VHF 2초간 key조작
- 21:00:31 VHF 4초간 key조작
- 21:00:36 VHF 3초간 key조작
- 21:00:47 VHF 6초간 key조작
- 21:04:51 VHF 3초간 key조작
- 21:04:57 VHF 7초간 key조작
- 21:05:13 VHF 2초간 key조작
- 21:11:23 VHF 2초간 key조작
- 21:11:59 VHF 5초간 key조작
(그림 4 및 그림 5의 ⑥지점, 북위 33°39'6", 동경 126°49'8")
- 21:12:34 1차 Flap Down (5.14°), 고도 6,625 ft, 속도 199 knots
- 21:13:03 VHF 2초간 key조작
- 21:15:20 VHF 3초간 key조작
- 21:15:25 VHF 3초간 key조작
- 21:15:32 VHF 3초간 key조작
- 21:15:40 VHF 2초간 key조작
- 21:15:52 2차 Flap Down (10.33°), 고도 3,710 ft, 속도 178 knots
- 21:17:40 3차 Flap Down (20.17°), 고도 2,272 ft, 속도 160 knots
- 21:17:31 착륙장치 내림
- 21:18:08 VHF 2초간 key조작
- 21:18:15 VHF 2초간 key조작
- 21:18:24 4차 Flap Down (30.01°), 고도 1,728 ft, 속도 154 knots
- 21:19:13 VHF 2초간 key조작
- 21:20:35 주 착륙장치 활주로 접지 137 knots
(그림 4 및 그림 5의 ⑦지점, 북위 33°30'1", 동경 126°49'2")
- 21:20:36 전방 착륙장치 활주로 접지 135 knots 고도 96ft 피치3도
- 21:20:38 역추력 장치 작동시작
- 21:21:00 역추력장치 완료
- 21:21:17 VHF 1초간 key조작
- 21:21:36 활주로에서 벗어나 Taxi way로 진입을 위한 방향전환
- 21:21:37 Flap Up 작동 시작
- 21:21:49 VHF 4초간 key조작
- 21:21:57 VHF 2초간 key조작
- 21:22:05 VHF 2초간 key조작

- 21:22:19 VHF 2초간 key조작
- 21:22:28 VHF 2초간 key조작
- 21:22:35 VHF 2초간 key조작
- 21:22:40 VHF 2초간 key조작
- 21:22:50 VHF 5초간 key조작
- 21:23:00 VHF 1초간 key조작
- 21:24:15 VHF 3초간 key조작
- 21:28:53 엔진 정지, 연료 3,330Gallons

3. 비행 중 항로변경

그림 4 및 그림 5의 ①지점 전에 이미 항로 B467을 따라 순항비행하면서 조종사는 DME 주파수를 변환하였고, 19시10분대와 19시33분대의 VHF교신 횟수와 시간은 일본관제국으로부터 한국 관제국으로 이양관제가 있었음을 예측할 수 있다. 그림 4 및 그림 5의 ①과 ②지점사이에 ATC와의 교신으로 보이는 20여 차례의 조종사의 key 조작은 목적지 공항을 수정하기 위한 통화로 추측된다. 그림 4 및 그림 5의 ②지점에서의 연료잔류량 4,790Gallons과 고도 37,000ft인 상태에서 조종사는 목적지 공항을 김포에서 제주로 수정(목적지1, 목적지2 parameter들이 RK, PC로 변경)하고 항공기 기수를 수정(그림 4의 Head 그래프 ②지점)하여 B467 항로를 이탈하여 제주 공항을 향하여 비행을 시작한 것으로 미루어보아, ATC의 관제하에 비행하였던 것으로 판단된다. 항공기는 항로에 관계없이 최단거리로 제주공항을 향하여 비행하면서 대구상공을 통과하여 그림 4 및 그림 5의 ④지점에서부터 고도를 강하(그림 4의 Baro Alt 그래프 ④지점)하기 시작하여 제주공항으로 지속적인 비행을 하였다.

4. 접근 및 착륙단계

그림 4 및 그림 5의 ⑥지점에서 제주공항 착륙을 위해 고도 6,625 ft 속도 199 knots에서 Flap 각도 5.14°의 1차 Flap 내림, 고도 3,710 ft 속도 178 knots에서 Flap 각도 10.33°로 2차 Flap 내림, 고도 2,272 ft 속도 160 knots에서 Flap 각도 20.17°로 3차 Flap 내림을 하였으며, 접근을 위해 기수를 245°로 선회 조작하였다. 접근도중 조종사의 VHF교신이 있을 후 착륙장치를 내리고, 고도 1,728 ft 속도 154 knots에서 최종 착륙준비로 보이는 4차 Flap 내림 30.01°가 있었다. 착륙직전 Localizer, Roll 및 조종면의 변화로 보아 측풍에 의한 착륙조작이 있었음을 알 수 있다. 또한, 그림 4의 N1 Eng 1 그래프 ⑥과 ⑦지점사이에서 잦은 엔진출력변화는 항공기의 위치와 속도를 맞추기 위한 조작인 것으로 판단된다.

항공기는 속도 137 knots(그림 4의 CAS 그래프 ⑦지점)에서 주 착륙장치가 동시에 활주로에 닿았고, 1초 후 135 knots 속도에서 전방 착륙장치가 활주로에 닿음과 동시에 Speed Brake 조작을 하였던 것으로 나타났다. 전방착륙장치 접지 후 항공기 기수방향(그림 4의 Head 그래프 ⑦지점)을 유지하면서 23초간의 역추력장치(그림 4 N1 Eng 1 그래프 ⑦지점의 pic부분)와 제동장치 조작이 있었다.

5. 착륙 후 Taxiing 단계

착륙 후 VHF교신이 있는 후 Taxi way 진입을 위한 방향전환(그림 4의 Head 그래프 ⑦부근, 240°에서 060°로)이 있었다. Taxiing 도중 Flap을 올리고 Speed Brake 조작을 하였다. Taxiing 도중 방향전환으로 인한 가로축가속도는 $\pm 0.1g$ 미만이었다. 조종사는 21시 28분 53초(UTC)에 엔진을 정지하였으며 당시의 연료 잔량은 3,330Gallons이었다.

V. 비행 중 목적지 공항 변경관련규정 및 비행행위분석

1. 비행 중 목적지 공항변경 관련규정

항공기의 안전운항을 위하여 착륙 예정공항 및 항로상의 상황 등에 따라 조종사는 비행 중 목적지공항을 변경을 할 수 있다. 그러나 이러한 조종사의 행위는 항행안전에 관련된 규정에 적합하여야 한다. 비행 중 목적지 공항변경에 관련된 규정들 다음과 같다.

○ 최초 착륙예정 비행장 등의 기상상태(항공법 시행규칙 제211조)

제209조 제1항 제7호 및 제8호의 규정에 의한 최초착륙예정비행장과 교체비행장의 기상상태는 당해 항공기가 도착하는 때 당해 비행장의 착륙에 적합한 기상 최저치 이상이어야 한다.

○ 계기비행기상 조건 시 착륙(운항기술기준 제454조)

조종사는 비행시정이 해당 표준계기 접근절차에 규정된 시정치 이하인 경우 착륙을 하여서는 아니 된다.

○ 목적지로의 계기비행 지속 (ICAO Annex 6-I 4.4.1.1 및 운항기술기준 제449조)

조종사는 착륙예정비행장이나 적어도 하나의 교체비행장의 최신 기상정보가 도착예정시간에 설정된 계기접근 기상 최저치 이상이 되지 않으면, 그 비행장에 착륙을 하기 위하여 계기비행을 계속하여서는 아니 된다.

○ 비행계획의 재허가 (운항기술기준 제360조제2항)

항로상에서 최초비행계획서에 명시된 목적공항 및 교체공항을 다른 공항으로 변경하고자 할 경우 해당 공항은 운항하고자 하는 항공기 형식에 대하여 인가를 받은 공항이어야 하며 비행계획의 재허가를 위한 제반요건을 충족하여야 한다.

○ 비행허가 : 항로상에서의 비행허가 수정 또는 재허가(운항기술기준 제554조)

① 항로상에서 비행허가 사항을 수정하려는 자는 수정사항에 대해 기록을 하여야 한다.

② 항로상에서 비행허가의 수정 또는 재허가를 위하여서는 항로, 공항선정, 법정연료량이 적합하여야 한다.

③ 기상정보의 변화로 인하여 공항이 본래의 비행허가와 부적합하게 되는 경우 계획된 공항으로의 계속비행을 하여서는 아니 된다.

- 항공교통관제기관의 허가 : 의도된 변경(운항기술기준 제428조제1항제2호)
도착지를 변경할 경우 비행계획의 변경요청에 포함되어야 할 내용 : 항공기 호출부호, 비행조건, 항로변경이 시작되는 위치가 포함된 변경된 공항까지의 변경된 항로에 관한 세부사항, 변경된 예정시간, 교체공항 기타 관련된 정보사항
- 항공교통관제 허가의 준수(운항기술기준 제424조)
 - ① 기장은 비상사태를 제외하고 항공교통관제(ATC)기관으로부터 허가를 득한 사항에 대해 수정허가를 득하지 아니하고는 이를 벗어나서는 아니된다.
 - ② 기장은 관제비행이 요구되는 공역에서 운항시 비상사태를 제외하고 항공교통관제(ATC) 지시를 따라야 한다.
 - ③ 비상사태로 항공교통관제(ATC) 허가 또는 지시를 벗어난 경우 기장은 가능한 신속히 그 사항을 관제기관에 알려야 한다.
- 계기비행방식에 의한 비행의 최소연료탑재량(ICA0 Annex 6-I 4.3.6.3.2 운항기술기준 제376조)
 - ① 계기비행방식에 의한 비행을 하고자 하는자는 현천 및 예보를 고려하여 다음 각호에서 정한 연료를 충분히 탑재하여야 한다.
 1. 계획된 착륙공항까지 비행할 수 있는 연료량
 2. 최초착륙공항에서 계획된 교체공항까지 비행할 수 있는 연료량(교체공항요구시)
 3. 정상순항속도로 교체공항 상공 450m(1,500ft)의 대기장주에서 30분 동안 비행할 수 있는 연료량에 항공운송사업자가 정하여 건설교통부 장관으로부터 인가를 받은 비행중 예기치 못한 상황에 대비한 예비연료를 더한 연료량

2. 비행행위분석

비행행위에 대한 분석은 FDR 및 CVR(Cockpit Voice Recorder)자료, ATC와의 교신 내용, 기상정보자료, 레이더자료 등 당시의 여러 자료를 종합적으로 분석을 하여야만 정확한 상황을 유추할 수 있다. 항공기에 장착된 비행기록장치에는 CVR과 FDR이 있으나, CVR자료는 조종사의 통화내용이 최종30분간만 기록되어있으므로 CVR자료가 제외된 상황에서 FDR자료만으로 예측할 수 있는 한계 상황을 바탕으로 비행행위 분석을 시도하였다. 본 연구에서 항공기의 비행경로는 비행도중 목적지 공항이 바뀌는 상황을 FDR 분석자료로부터 찾아 낼 수 있었다. 또한 그 직접적인 원인이 항공기의 이상현상에 의한 것이 아님은 엔진계통, 자세와 조종계통, 항법계통, 경고계통, 위치 및 시간정보 등 모두 315종류의 parameter를 기록하고 있는 이 항공기의 SSFDR 비행자료분석을 통해 확인하였다. 그래서, 우리는 비행자료에 통화된 내용은 알 수 없으나 조종사가 VHF를 사용한 교신시점과 항법장비의 활용 그리고 항공기의 위치 등으로 미루어 보아, 항로상의 문제보다는 목적지 공항의 기상악화에 의해 비행 중 목적지 공항을 변경한 비행이었다고 유추하였다.

그림 5의 ①지점 이전의 20시부터 빈번한 조종사의 VHF key조작은 예외적인 상황이 벌어지고 있음을 암기하고 있다. 그림 5의 ①지점(20시10분47초)과 ②지점(20시22분24초) 약12분 동안 조종사는 VHF key조작을 20회 하였던 것으로 FDR에는 기록되어있었다. 이는 즉 ATC와의 교신에서 항로 비행 중 목적지 공항에 대한 정보 및 항로변경에 대한 비행허가가 이루어지고 있음

을 예측케 한다. 항공기의 비행경로로 보아 비행계획서에는 목적지 대체공항을 내륙으로 하였음을 예측할 수 있으나, 목적지 공항이 김포에서 제주공항으로 바뀐 것은 내륙의 기상이 전체적으로 악화 되어있었음을 암시한다. 항공기는 이미 이륙하기 전 항행안전 관련규정을 준수하여 목적지 공항의 변경에 따른 충분한 양의 연료를 보유하고 있었으나, 변경된 목적지 공항이 내륙이 아닌 제주 공항으로 최초 목적지 공항이었던 김포공항 보다 먼 거리를 비행하여야 하는 상황에서 조종사는 ATC에 관제비행을 요청한 것으로 판단된다. 그림 5의 ②지점에서 관련규정에 따라 조종사는 ATC의 지시에 응해 B467 항로를 이탈하여 최단거리로 제주공항으로 향하여 비행을 한 것으로 판단된다.

VI. 결 론

우리는 B747-400 항공기의 SSFDR에 저장된 비행자료를 Download하여 Interface 파일 작성과정을 거쳐 비행자료의 해독 및 분석까지의 각 단계를 성공적으로 수행하였으며, 본 연구를 통하여 항행안전기술의 핵심요소기술인 SSFDR 분석 기술을 확보하게 되었다. 그러나 우리가 선택한 ‘비행 중 목적지 공항을 변경하여 비행항로를 벗어난 비행’비행자료분석에 대하여 FDR 비행자료로만은 조종사의 비행행위나 항공기의 운항상태에 대한 분석은 가능하나, 비행당시의 조종사의 교신내용이나 기상정보자료, 레이더 자료 등이 부재된 상태에서 당시의 정확한 상황을 파악하기에는 한계가 있음을 확인하였다. 이는 우리의 연구방향과 범위도 항공 사고예방 및 항행안전기술 개발을 위하여 항공선진국에서 중장기적으로 추진하고있는 통합적인 항행안전체계 방식으로 향하여야 될 필요가 있음을 뜻한다.

참고문헌

- (1) AACO Inc., "Operation of the Maintenance and Analysis Ground Station," Doc. No. GGA-0011-001, Seattle, WA., Dec. 1996.
- (2) ARINC 429, "Mark 33 Digital Information Transfer System (DITS)," Sep. 1995.
- (3) ARINC 542A, "Digital Flight Data Recorder," Jan. 1988.
- (4) ARINC 573-7, "Mark 2 Aircraft Integrated Data System (AIDS)," Dec. 1974.
- (5) ARINC 717-10, "Flight Data Acquisition and Recording System," Apr. 1998.
- (6) Boeing, "Signal Details - Flight Recorder/AIDS," June 1986.
- (7) Boeing, "747-400 Digital Flight Data Acquisition Card Interface Control Document, Feb. 1992.
- (8) 항공법, "항공관계법규집", 노해출판사, 2002.
- (9) ----, "FDR 분석 및 안전성 평가기술개발", 한국항공우주연구원, 2001. 12.
- (10) ----, "항공정보간행물(AIP: Aeronautical Information Publication)", 건설교통부, 7판, 2001. 3.

- (11) 신대원, 이경철, 이종희, 최홍식, 송병흠, "비행기록자료(FDR)에 의한 B747-400 항공기의 나리타-김포 비행분석", 한국항공운항학회지 제9권 제2호, 2001, pp. 63~76.
- (12) ICAO Annex 6, Part I, "Operation of Aircraft," Nov. 2001.
- (13) ----, "운항기술기준", 건설교통부 항공국, 2002 6.
- (14) Minimum Operational performance Specification for Flight Data Recorder System, ED-55, EUROCAE, May 1990.