

논문 2011-48CI-6-17

차분펄스부호변조방식에 기반한 새로운 비행데이터 전송 기법

(A new DPCM-based transmission scheme for flight data)

강민우*, 문용호**

(Min-Woo Kang and Yong-Ho Moon)

요약

본 논문에서는 DPCM 기반의 새로운 비행데이터 전송방법을 제안한다. LRU에서 MC로 전송되는 비행데이터의 양은 항공기의 성능향상과 기능의 다양화로 인해 크게 증가되었다. 이는 MC에서 요구되는 Hard Real-Time 조건을 만족시키기 어렵게 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 X-Plane 시뮬레이터에 의해 생성된 비행데이터를 관찰하여 대부분의 비행데이터들은 완만한 변화를 보인다는 것을 확인하였다. 이 사실에 기초하여 ARINC-429 프로토콜의 수정을 통해 비행데이터의 차분 값을 전송하는 새로운 데이터 포맷과 기법을 제안한다. 실험결과 기존의 ARINC-429 방법에 비해 20% 성능향상이 있음을 보였다.

Abstract

In this paper, we propose a new DPCM-based transmission scheme for flight data. The amount of the flight data from LRU to MC has been increased due to the emergence and development of avionics systems and functions. It becomes a serious issue for satisfying the hard real-time processing required in the MC. In order to solve this problem, we observed the flight data produced by X-Plane simulator and discovered that the most flight data are moderately varied during flight. Based on this fact, a new data format is suggested by modifying that of ARINC-429 protocol in this paper. And the different value of the flight data is transmitted in the proposed scheme. The simulation results show that the proposed scheme achieves 20% data transfer gain compared to the ARINC-429 based transmission method.

Keywords : Avionics, Flight Data, ARINC-429, DPCM, Compression

I. 서론

항공기개발에 있어서 통신, 비행 제어, Cockpit 디스플레이등과 같은 전자기술의 활용과 중요성은 꾸준히 증대되어 왔다. 이를 지원하기 위하여 장착된 초기 아날로그 유형의 항공전자기기들은 항공기의 중량을 증가시키고 상호간의 연결을 더욱 복잡하게 하는 단점을 지니고 있었다. 그러나 디지털 기술의 도래로 인하여 항공기내 각종 센서, 액추에이터, 그리고 데이터처리기 등의 항공전자장비(LRU: Line Replaceable Unit)들이 디

지털화 되면서 이러한 현상은 상당 부분 해소되게 되었다. 디지털화된 LRU들은 데이터 버스라는 공통된 배선을 통하여 상호 연결됨으로써 탈, 부착이 쉬우며 상호간 정보 공유가 용이하게 되었다. 이처럼 항공전자 시스템 분야에서 디지털 데이터 통신은 항공전자 장비들 사이의 연결과 통합에 중요한 부분을 차지하고 있다^[1].

오늘날 항공기내 비행데이터의 실시간 전송은 MIL-STD-1553B, ARINC 429, ARINC 629, ARINC 664, AFDX등의 직렬 전송 방식에 의하여 수행되고 있다^[2].

그런데 항공기의 지속적인 발전에 따라 Flight Control Computer, Flight Management System, Communication Unit등과 같은 다양한 LRU들이 내장되어 왔다. 또한 Fly-by-Wire, Auto Pilot 등과 같은 기능의 도입 되어왔다. 이와 같은 항공기 성능의 향상과 기능의 다양화는 LRU간 연결을 더욱 복잡하게 하였

* 학생회원, ** 정회원, 경상대학교 정보과학과

(Dept. of Informatics, Gyeongsang Nat'l Univ.)

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-(C1090-1031-0007))

접수일자: 2011년9월1일, 수정완료일: 2011년10월31일

으며 항공기내 비행데이터의 전송횟수와 전송량을 크게 증가하게 하였다^[3~4]. 일반적으로 항공기에서 비행데이터들은 일정한 시간 안에 전송, 가공되어야 한다. 따라서 전송되어야 할 비행데이터의 증가는 이러한 시간 제약을 만족시키는데 심각한 문제를 야기할 수 있다^[5]. 항공기의 신뢰성을 보장하기 위해서 시간적 제약은 반드시 준수되어야만 하는 중요한 요소이다.

본 논문에서는 차분펄스부호변조(DPCM) 방식에 기반한 새로운 비행데이터 전송기법을 제안한다. 일반적으로 비행중에 생성되는 비행 데이터는 연속적으로 변화하지만 그 변화량이 급격하지 않다는 특징을 지니고 있다. 따라서 DPCM 방식을 비행데이터에 적용할 경우 생성되는 차분데이터 값은 원래의 비행데이터 보다 작은 비트로써 표현될 수 있다. 이것은 전송될 데이터의 양이 효과적으로 감소될 수 있다는 것을 암시한다. 본 논문에서는 차분데이터의 효율적인 전송을 위하여 민항기 및 수송기에 널리 이용되는 ARINC-429 프로토콜의 데이터 포맷을 새롭게 정의하고 모의 실험을 통하여 실질적인 전송 성능의 향상을 확인하였다.

II. ARINC-429 프로토콜을 이용한 항공 데이터 전송 방식

항공기에서 임무컴퓨터(MC)는 임무수행에 필요한 각종 데이터의 입출력처리, 센서 및 전자제어, 디지털 지도를 포함한 항법 및 운행 정보의 시현등을 위하여 응용소프트웨어인 OFP(Operational Flight Program)를 실행하는 항공전자장비의 중추적 역할을 담당한다^[6]. 그림 1은 MC와 대표적인 LRU들 간의 연결을 나타낸 것이다. 그림 1의 LRU들에서 얻어진 비행데이터는 MIL-STD-1553B, ARINC-429, ARINC-629, ARINC-664, AFDX 등에 의하여 MC로 전송된다. 그 중에서도 ARINC-429 프로토콜은 공식적으로 Mark 33 DITS (Digital Information Transfer System) 규정으로 알려져 있으며 C-17 군용 수송기를 비롯한 Boeing 757 / 767, 에어버스 A300 / A310 등에 가장 널리 사용되고 있다. ARINC-429 프로토콜에서는 버스 제어기가 필요 없으며 최소 하나의 송신 장치와 최대 20개의 수신 장치가 트위스트 페어 케이블(Twisted Shielded Pair)로 연결된다. 표 1은 ARINC-429 프로토콜의 주요 특징을 정리한 것이다^[7, 9].

ARINC-429 프로토콜에 의하여 전송되는 비행데이터

표 1. ARINC-429 프로토콜의 주요 특징
Table 1. The key features of ARINC-429 protocol.

신호 방식	Biopolar, Return-to-Zero
전송 방향	단방향
전송 방식	비동기 브로드캐스트
전송 순서	LBS
전송 속도	12-14.5 kbps(Low), 100 kbps(High)
오류 검출방식	1비트 Odd parity
전송 메시지 간격	최소 4비트 시간
유효 데이터 속도	53 Kbps(High)

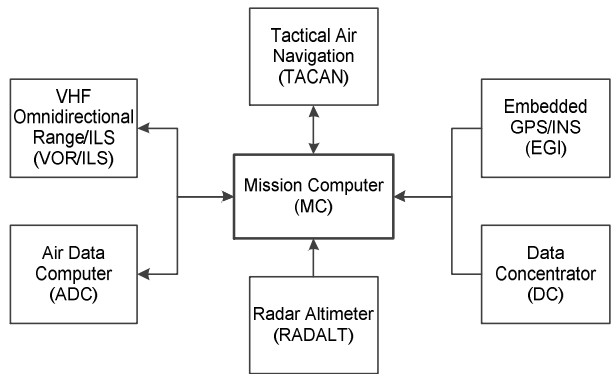


그림 1. MC와 대표적인 LRU들 간의 연결사례
Fig. 1. Example of connection between MC and typical LRUs.

는 ARINC-429 PART 1, 2에 상세히 명세되어있다^[8]. ARINC-429 프로토콜에서 비행데이터는 Discretes (DISC), 2's complements fractional binary notation (BNR), 그리고 inary coded decimal notation (BCD)으로 표현되며 대부분의 비행 데이터가 BNR 유형으로 전송된다. 그림 1에서 LRU에서 MC로 전송되는 BNR 유형의 비행데이터들에 대한 상세 명세는 표 2와 같다. 표 2의 각 요소는 다음과 같은 의미를 나타낸다.

- Label : 비행데이터의 식별자 역할을 한다.
- Parameter Name : 비행데이터의 명칭을 나타낸다.
- Range : 비행데이터가 표현되는 디지털 값의 범위이다.
- Sig Bits : 비행데이터의 해당 Range를 표현하기 위하여 할당된 비트 수이다. 모든 비행데이터는 주어진 Sig bits내에서 표현된다.
- Min/Max Transit interval : 비행데이터의 전송 간격을 의미한다.

ARINC-429 프로토콜에서 대부분의 비행데이터들은 BNR 유형으로 전송된다. BNR 유형에 대한 데이터 포맷은 표 3과 같이 5개의 필드로 구성된다. 표 3의 각 필드에 대한 정의는 다음과 같다^[7, 9].

표 2. LRU에서 MC로 전송되는 주요 비행데이터에 대한 ARINC-429 프로토콜

Table 2. ARINC-429 protocol for main flight data sent from LRU to MC.

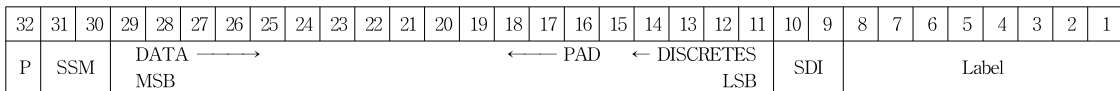
ARINC-429 프로토콜								LRU
Label	Parameter Name	Units	Range (Scale)	Sig Bits	Res.	Mn Tran Int.(ms)	Max Tran Int.(ms)	
164	Radio Height	Feet	8192	16	0.125	25	50	BCI
165	Vertical Velocity	Feet/Min	± 32768	15	1	200	1200	
166	North/South Velocity	Knots	± 4096	15	0.125	200	1200	
174	East/West Velocity	Knots	± 4096	15	0.125	200	1200	
203	Altitude (1013.25 mb)	Feet	131072	17	1	31.3	62.5	
310	Present Position - Latitude	Deg/180	0-180N 0-180S	20	0.000172	100	200	
311	Present Position - Longitude	Deg/181	0-180E 0-180W	20	0.000172	100	200	
314	True Heading	Deg/180	±180	15	0.0055	25	50	
315	Wind Speed	Knots	256	8	1	50	100	
316	Wind Direction(True)	Deg/180	180	12	0.05	25	50	
320	Magnetic Heading	Deg/180	±180	15	0.0055	25	50	
324	Pitch Angle	Deg/180	±180	14	0.01	10	20	
325	Roll Angle	Deg/180	±180	14	0.01	10	20	
326	Body Pitch Rate	Deg/Sec	128	13	0.015	10	20	
327	Body Roll Rate	Deg/Sec	128	13	0.015	10	20	
330	Body Yaw Rate	Deg/Sec	128	13	0.015	10	20	
333	Body Normal Acceleration	g	4	12	0.001	10	20	
375	Along Heading Acceleration	Gs	4	18	1.53E-05	50	110	
376	Cross Heading Acceleration	Gs	4	18	1.53E-05	50	110	
173	Localizer Deviation	DDM	0.4	12	0.0001	33.3	66.6	VOR /ILS
174	Glideslope Deviation	DDM	0.8	12	0.0002	33.3	66.6	
222	VOR Ommbearing	Deg/180	±180	12	0.05	50	100	

ARINC-429 프로토콜								LRU
Label	Parameter Name	Units	Range (Scale)	Sig Bits	Res.	Mn Tran Int.(ms)	Max Tran Int.(ms)	
130	Fan Inlet Total Temperature	Deg C	128	11	0.06	100	200	DC
246	NI (Engine Direct)	RPM	4096	12	1	100	200	
247	Total Fuel	Lbs.	655360	14	40	500	1000	
250	Preselected Fuel Quantity	Lbs.	655360	14	40	100	400	
250	Preselected Fuel Quantity	Lbs.	655360	14	40	100	400	
316	Oil Temperature (Engine)	Deg C	2048	12	0.5	100	200	
317	Oil Pressure (Engine)	PSI	4096	12	1	50	100	
336	Engine Torque	%	256	12	0.063	100	200	
344	N2	% RPM	256	14	0.015	50	100	
347	Fuel Flow (Engine)	Lbs/Hr	32768	12	8	50	100	
203	Altitude (1013.25 mb)	Feet	131072	17	1	31.3	62.5	ADC
204	Baro Corrected Altitude #1	Feet	131072	17	1	31.3	62.5	
205	Mach	Mach	4.096	16	6.25E-05	62.5	125	
210	True Airspeed	Knots	2048	15	0.0625	62.5	125	
211	Total Air Temperature	Deg C	512	11	0.25	250	500	
212	Altitude Rate	Ft/Min	32768	11	16	31.3	62.5	
213	Static Air Temperature	Deg C	512	11	0.25	250	500	
221	Indicated Angle of Attack (Avg)	Deg/180	±180	12	0.05	31.3	62.5	
240	Spare(Indicated Air speed)	Knots	2048	15	0.0625	62.5	125	
340	Pressure Ratio (Pt/Ps)	Ratio	16	14	0.001	62.5	125	
222	TACAN Bearing	Deg/180	±180	12	0.05	180	220	TACAN
164	Radio Height	Feet	8192	16	0.125	25	50	RADALT

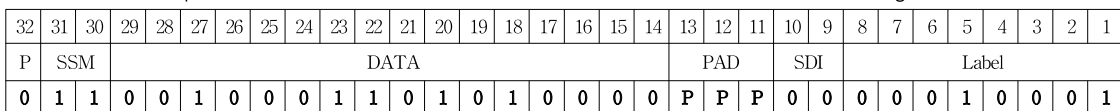
표 3. ARINC-429 프로토콜의 BNR 데이터 포맷과 적용사례

Table 3. BNR data formats and application of ARINC-429 protocol.

(a) BRN 포맷



(b) True Airspeed 데이터에 있어서 V(k) = 565인 경우(P는 사용하지 않는 Padding 비트를 나타냄)



- Label : 하위 8비트로 구성되며 비행데이터 식별에 사용된다.
- SDI(Source / Destination identifier) : 9번, 10번 비트로 구성되며 송신측과 수신측을 구별하기 위해 사용된다. SDI로서 사용되지 않을 경우 데이터 영역으로 사용 가능하다.
- Data : 실질적인 비행데이터를 표현하는 영역이다. 만약 비행데이터의 값이 할당된 Sig bits보다 적은 비트로 표현된다면 나머지 잔여 비트들은 0으로 패딩된다. 몇몇의 데이터는 LSB 영역에 DISC 데이터가 포함되기도 한다.
- SSM(Sign / Status Matrix) : 30, 31번째 비트는 송신측의 상태를 표시한다.
- P : 오류 검출을 위한 Odd parity 비트로 사용된다.

k번째 순간에 획득된 BNR 유형의 비행데이터를 V(k)라고 할 때 V(k)는 식 (1)과 같이 양자화 되어 표 3의 Data 필드를 통하여 전송된다.

$$D(k) = Round (V(k) \times 2^m /)m \tag{1}$$

여기서 w와 m은 표 2의 Sig Bits의 값과 Range 값을 각각 나타낸다. 한편 양자화된 비행데이터 D(k)는 수신측에서 식 (2)에 의하여 복원된다.

$$\overline{V(k)} = D(k) / 2^w \times m \tag{2}$$

식 (1)과 (2)로부터 양자화 오차가 존재한다는 것을 알 수 있다. 표 2에 Resolution은 양자화 오차의 허용 범위를 규정하고 있다.

그림 2는 ARINC-429 프로토콜 기반의 송, 수신과정

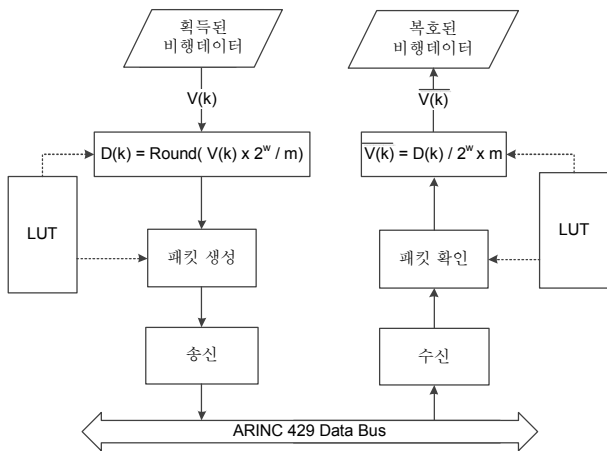


그림 2. ARINC-429 기반의 데이터 송, 수신 방식
 Fig. 2. Data transmitting and receiving method base on ARINC-429.

을 나타낸 것이다. 그림 2에서 LUT(Look-up Table)는 송, 수신에 필요한 Label, Sig bits, Range 등과 같은 부가정보들을 저장하고 있다. LUT에 저장된 정보를 이용하여 True Airspeed는 다음과 같이 송, 수신된다. 획득된 True Airspeed의 값이 565 Knots인 경우, 전송할 $D(k)$ 는 식 (1)에 의하여 $565 \times 2^{15} / 2048 = 9040$ 가 된다. 이때 215는 2진수(0010001101010000)로 Data 필드에 할당된 후 그림 2와 같이 MC로 전송된다. 표 3의 (b)는 이때 전송되어지는 BNR 데이터 포맷을 나타낸 것이다. MC에서는 수신된 패킷의 Data 필드에서 Sig bits 만큼을 추출한 후 식 (2)에 의하여 $565(= 9040 / 2^{15} \times 2048)$ 를 복호한다. 이상과 같은 전송원리는 모든 BNR 데이터에 대하여 동일하게 적용된다.

III. 제안하는 비행데이터 전송기법

3. 1 비행데이터 특징 분석

X-Plane^[10]은 실제 비행기의 특성을 잘 반영하고 있는 시뮬레이터로서 현재 항공기 개발에 실질적으로 활용되고 있다. 본 논문에서는 표 2의 주요 비행데이터들에 대하여 X-Plane을 이용하여 데이터들의 특성을 살펴보았다. 그림 3은 FA-22 Raptor로 10분간 자동운항(A.I Flies)기능으로 비행했을 때 얻어진 Radio Height와 Along Heading Acceleration에 대한 그래프이다. 자동운항 기능은 활주로부터 이륙하여 임의로 항로를 결정하여 비행하는 것으로 인위적인 기체 조작보다 사실적인 비행데이터를 제공한다.

그림 3을 살펴보면 Radio Height는 완만한 변화를

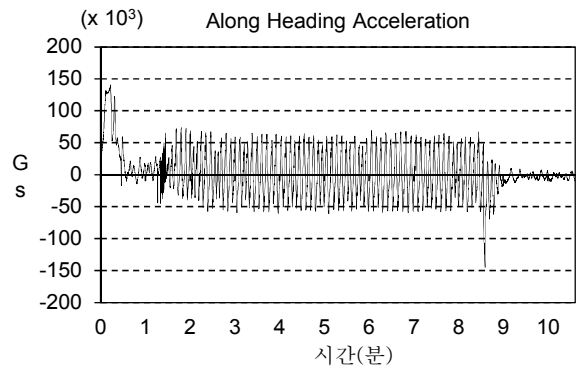
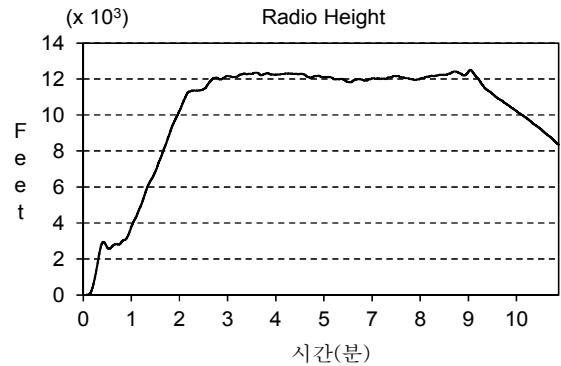


그림 3. X-Plane 시뮬레이터에서 얻어진 비행데이터
 Fig. 3. Flight data generated from X-Plane flight simulator.

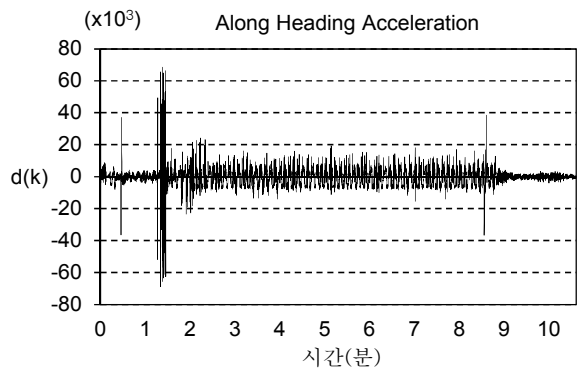
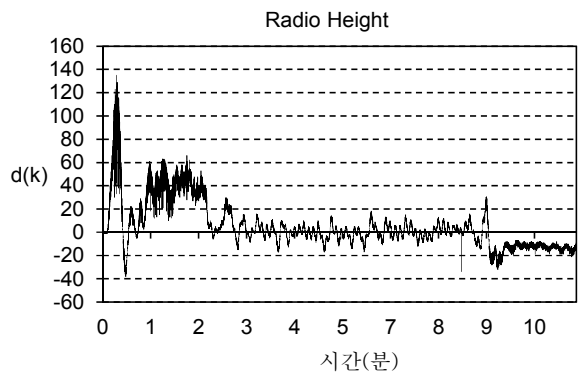


그림 4. 그림 2의 비행데이터에 대한 차분데이터 분포
 Fig. 4. Differential data distribution of flight data in Figure 2.

보이는 반면, Along Heading Acceleration는 상대적으로 급격한 변화를 보임을 알 수 있다. Radio Height의 이런 특성은 인접해서 전송되는 비행데이터간의 차이가 크지 않음을 의미한다.

그림 4는 식 (3)을 이용하여 그림 3의 비행데이터들에 대한 차분값 $d(k)$ 를 나타낸 것이다.

$$d(k) = D(k) - D(k - 1) \tag{3}$$

Radio Height의 경우 $d(k)$ 값이 -40~130 사이의 영역에 나타나고 있다. 그리고 Along Heading Acceleration의 $d(k)$ 는 1분에서 2분 사이에 -60000~60000으로 변화폭이 아주 크고 이후에는 -20000~20000의 변화폭을 지니고 있다. 그런데 이들 2가지 비행데이터 모두 $d(k)$ 가 $D(k)$ 보다 작다는 공통점을 지니고 있다.

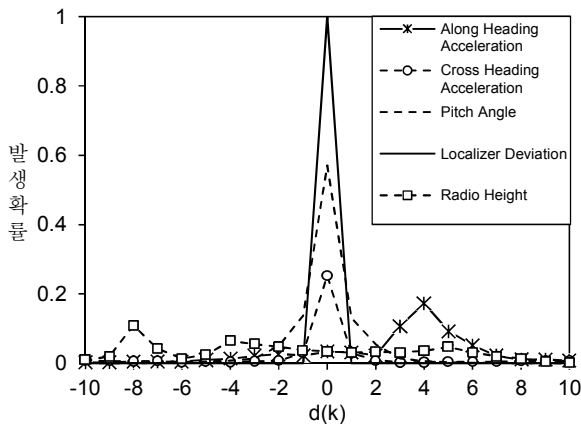


그림 5. $d(k)$ 값의 발생 확률
Fig. 5. Probability of $d(k)$.

표 4. 분포영역별 차분데이터 $d(k)$ 의 누적확률
Table 4. Cumulative probability of $d(k)$ in each interval.

Name	$d(k)$ 분포영역		
	-100 ~100	-200 ~200	-500 ~500
Cross Heading Acceleration	0.009	0.013	0.025
Pressure Ratio(Pt/Ps)	0.005	0.011	0.032
Along Heading Acceleration	0.022	0.045	0.113
Body Normal Acceleration	0.100	0.191	0.422
Mach	0.697	0.970	1.000
Body Pitch Rate	0.658	0.917	1.000
Radio Height	0.995	1.000	1.000
Altitude	1.000	1.000	1.000
True Heading	1.000	1.000	1.000
Roll Angle	1.000	1.000	1.000
...

이러한 현상은 $D(k)$ 값을 전송할 때 보다 $d(k)$ 를 전송함으로써 보다 적은 비트만으로 비행데이터 정보를 전송할 수 있다는 가능성을 제시한다.

그림 4의 결과를 바탕으로 표 2에 제시된 44개 비행데이터들에 대한 차분데이터 $d(k)$ 를 구하고 분포에 따른 발생확률을 조사하였다. 그림 5는 그중 일부를 나타낸 것이다. 그림 5에서 Localizer deviation와 Pitch Angle은 $d(k)=0$ 일 때 큰 발생확률 값을 지닌다. 반면에, Along Heading Acceleration와 Cross Heading Acceleration은 $d(k)$ 의 값이 -10 ~ 10사이에 넓게 분포되어있다. 그림 5에서와 같이 좁은 분포 영역에서 차분데이터는 다양한 분포를 나타낸다.

본 논문에서는 보다 넓은 분포 영역에 대한 차분데이터의 발생확률 조사한다. 표 4는 44개의 차분데이터에 대하여 분포 영역이 ± 100 , ± 200 , ± 500 일 때 누적 확률을 나타낸 것이다. $d(k)$ 의 값이 0에서 멀어 짐에 따라 1에 가까워짐을 알 수 있다. 표 4에서 ± 500 일 때 Pressure Ratio, Body Normal Acceleration, Along Heading Acceleration, Cross Heading Acceleration을 제외한 모든 차분데이터의 발생 확률이 1이 됨을 알 수 있다. 이것은 위의 4가지 데이터를 제외한 나머지 비행데이터들의 $d(k)$ 값이 10비트만으로 표현될 수 있음을 의미한다. 따라서 $D(k)$ 대신 $d(k)$ 를 전송하는 것이 보다 더 효율적임을 예상할 수 있다.

3. 2 제안하는 BNR 데이터 포맷 및 전송기법

앞 절에서 $d(k)$ 값을 10비트로 표시하면 효율적으로 비행데이터 정보를 전송할 수 있음을 확인하였다. 그러나 $d(k)$ 의 값이 10비트 이상을 초과하는 상황이 발생한다면 비행데이터 정보전송에 문제가 야기된다. 이 경우에는 기존방식으로 $D(k)$ 값을 전송하여야 한다. 따라서 $D(k)$ 를 전송하는 경우와 $d(k)$ 를 전송하는 경우를 구분 지을 수 있는 방법이 필요하다. 이에 본 논문에서는 표 5와 같이 구성된 새로운 데이터 포맷을 제안한다.

표 5 (a)와 (b)는 $d(k)$ 및 $D(k)$ 값을 전송 할 때 사용되는 데이터 포맷들이다. Label, SDI, SSM, P 필드는 기존의 구조를 유지하였고 데이터가 할당되는 영역은 앞서 확인한 $d(k)$ 의 특성에 의하여 10비트를 할당하였다. 그리고 $D(k)$ 값을 이용한 데이터 전송과 $d(k)$ 값을 이용한 포맷을 구분하기 위한 LF(Length Flag)를 새롭게 도입하였다. 따라서 $d(k)$ 값을 이용한 데이터 포맷은 총 24비트(8비트 Label, 2비트 SDI, 1비트 LF, 10비트

표 5. 제안하는 BNR 데이터포맷과 적용사례
Table 5. The proposed BNR data format and application.

(a) 제안하는 24비트 데이터포맷

24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
P	SSM		d(k)										LF	SDI	Lable								

(b) 제안하는 32비트 데이터포맷

32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
P	SSM		DATA MSB										← PAD ← DISCRETES LSB						LF	SDI	Lable										

(c) True Airspeed 데이터에 있어서 d(k) = 3인 경우(LF=1)

24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
P	SSM		d(k)										LF	SDI	Lable									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

(d) True Airspeed 데이터에 있어서 d(k)가 ±512를 초과할 경우(LF=0)

32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
P	SSM		DATA										PAD			LF	SDI	Lable													
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	P	P	P	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

d(k), 2비트 SSM, 1비트 P)로 구성된다.
표 5의 (c)는 제안하는 포맷에 의하여 d(k)가 전송되는 사례이다. LF=1로 설정되어 있음을 알 수 있다. 그리고 표 5의 (d)는 d(k)의 값이 ±512를 초과하여 10비트로 표현될 수 없어 D(k) 값이 전송되는 사례를 보여준다. 기존의 32비트 데이터포맷에 LF가 포함되어 있다. 여기서 LF=0으로 설정되어 있음을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 표 5와 같이 제안한 데이터포맷을 기반으로 새로운 비행데이터 전송기법을 제안한다. 그림 6은 제안하는 전송기법을 나타낸 것이다. 진한 선으로 표시된 부분은 기존의 방법에서 추가되는 부분이다. 제안하는 전송 방식에서는 MF=1인 경우 DPCM을 수행하여 제안하는 데이터포맷으로 비행데이터 정보를 전송한다. 그리고 LF=인 경우 d(k)로부터 D(k)를 단순한 산술연산에 의하여 복원된다.

그림 6에서 MF(Mode Flag)는 제안하는 전송 방식과 기존 방식의 적용 여부를 지시한다. 표 2에 제시된 비행데이터들중 Sig bits가 18 이상인 비행데이터들은 표 3의 (a)에서 알 수 있듯이 LF 비트 위치가 데이터 영역에 포함된다. 따라서 이들 데이터들에 있어서 D(k)가 전송되는 경우에는 표 4의 (b)를 사용할 수 없다. 또한 일부 데이터들은 LF 비트 위치를 DISC 영역으로 사용한다. 이 경우도 LF를 이용하여 32비트 크기 24비트 크기를 구분할 수 없다. 따라서 이들 비행데이터들은 기존 데이터포맷으로 전송되어야만 한다. 본 논문에서는

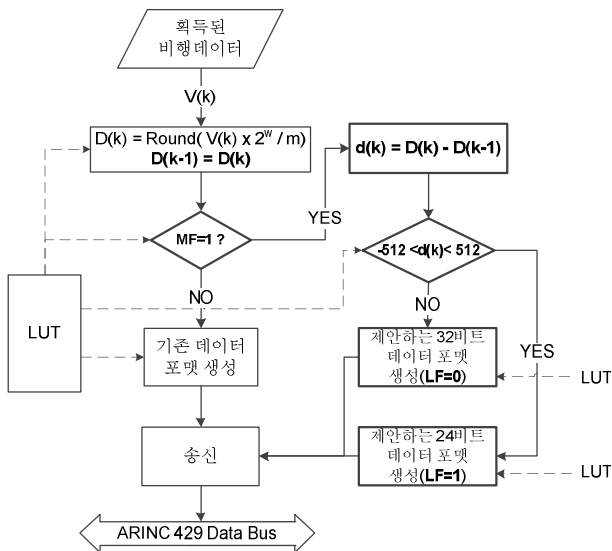
제안하는 데이터포맷을 전송하는 경우와 기존 데이터포맷을 전송하는 경우를 미리 구분하고 이를 LUT에 MF로 저장하여 송, 수신에 사용한다. 표 2에 제시된 44개의 데이터들 중 LF 비트의 위치에 기존의 ARINC-429에서 데이터를 사용하는 10개를 제외하고 34개의 데이터들에 대해서 제안하는 전송 기법이 적용된다.

IV. 모의 실험

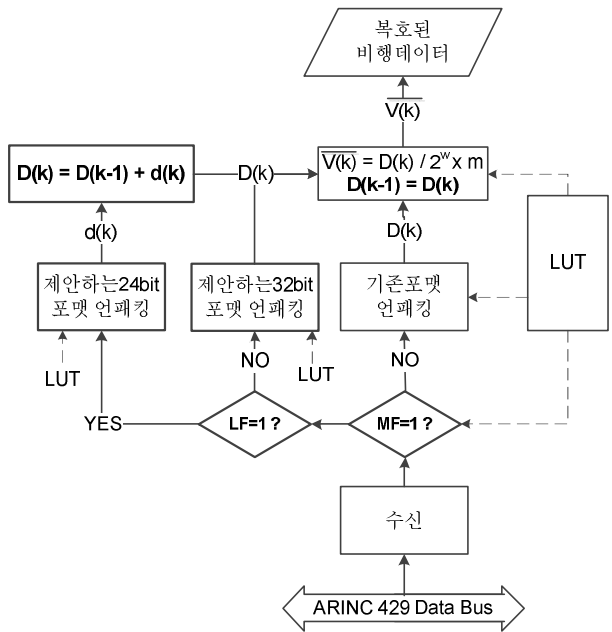
제안하는 전송 기법의 성능을 확인하기 위하여 다양한 비행데이터에 대하여 모의 실험을 수행하였다. 실험에 사용한 비행 데이터는 3가지 유형의 기상조건에 따라 생성되었다.

표 6에서 유형-S는 가장 일반적인 환경으로 가장 비행하기 좋은 조건이다. 유형-M은 바람과 난기류가 어느 정도 있는 조건이고 유형-H는 바람과 난기류가 심하며 기상이 점차 악화되는 조건을 나타낸다.

그림 7은 제안하는 전송 기법과 기본 방식간의 성능 비교를 위한 실시간 테스트 플랫폼을 나타낸 것이다. 송신부(Tx)에서는 ARINC-429 프로토콜에 정의된 Max Transit interval에 따라 X-Plane으로부터 비행데이터가 생성되어 지정된 데이터포맷으로 변환된 후 LAN을 통하여 전송된다. 그리고 수신부(Rx)는 전송되는 UDP 패킷으로부터 비행데이터를 실시간으로 복원한다. 그림 8은 수신부의 이러한 기능들을 보여준다.



(a) 송신



(b) 수신

그림 6. 제안하는 전송기법
Fig. 6. The proposed transmission technique.

제안하는 방법에서의 데이터 전송 효율을 살펴보기 위하여 기존 방식과 제안 방식간의 데이터 전송량을 비교하였다. 그림 9는 데이터 전송량을 보여준다. 기존의 ARINC-429 방식에 비해 제안 방식은 3가지 유형 모두에서 약 4kbps 정도 전송 속도가 향상됨을 알 수 있다. 이것은 전체 패킷 양과 유효 데이터 전송량 각각에 대하여 20%와 35%이득이 제안 방식에서 얻어짐을 의미한다.

그림 6에서 알 수 있듯이 제안하는 방법은 기존의 방

표 6. 비행데이터 추출을 위한 X-Plane 환경설정
Table 6. X-Plane configuration for flight data extraction.

X-Plane 설정 파라메타	유형-S	유형-M	유형-H
바람 및 난기류	없음	보통	심함
기상 변화율	없음	악화	
강수량	없음		
천둥번개	없음		
상승온난기류범위	0%		
상승온난기류높이	0%		
무게	36670 lb		
자동운항	ON		
비행시간	10분		
데이터 생성율	99.9 / Sec		

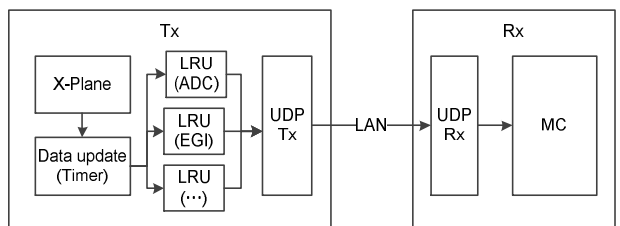


그림 7. 실시간 테스트 플랫폼 구성
Fig. 7. Configuration of Real-time test platform.

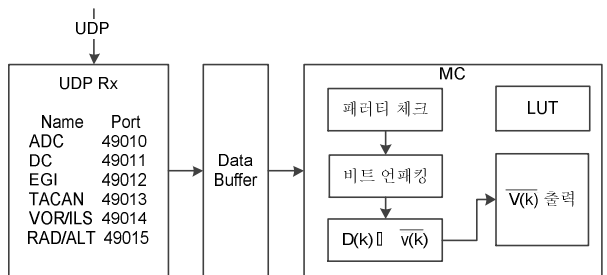


그림 8. 수신부의 상세 블록도
Fig. 8. Detailed block diagram of receiver.

■ 기존방식 전송량(순수데이터) ■ 제안방식 전송량(순수데이터)
 ▨ 기존방식 전송량(전체) ▨ 제안방식 전송량(전체)

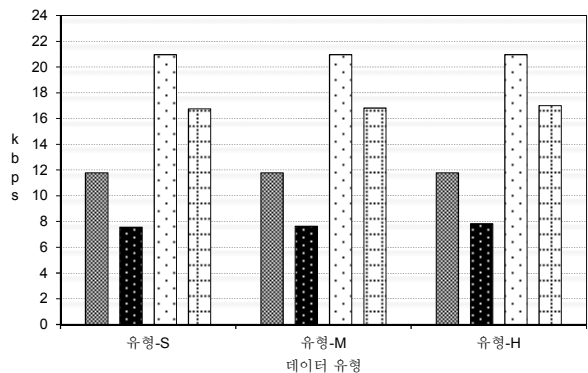


그림 9. 제안방식과 기존방식에서의 데이터 전송량 비교
Fig. 9. Comparison of data bandwidth between proposed and existing method.

표 7. 제안방식과 기존방식의 구동시간 비교(μs)
Table 7. Comparison of operating times between proposed and existing methods(μs).

시간	기존	제안		
		유형-S	유형-M	유형-H
데이터 복호	0.79	0.86	0.86	0.90
패킷 수신	9,164	8,937	8,956	8,958
합계	9,164.79	8,937.86	8,956.86	8,958.90

법에 비해 추가적인 연산을 필요로 한다. 이것은 MC에서 수행되어야 하는 OFP의 실시간 구동에 문제를 야기할 수 있다. 이에 본 논문에서는 제안 방식과 기존 방식에서의 연산 시간을 비교 하였다. 표 7은 패킷 하나를 처리하는데 소요된 평균 시간을 나타낸다.

표 7에서 시간은 시스템 보드에 장착된 고성능 카운터를 이용해서 측정되었다. 고성능 카운터를 이용한 시간측정은 Windows에서 QueryPerformanceCounter 함수를 통해 제공되며 일반적으로 마이크로 단위까지 측정이 가능하다고 알려져 있다. 표 9의 결과를 보면 제안 방식에서의 패킷 수신 시간이 기존 방식보다 우수함을 알 수 있다. 이것은 제안 방식에서 비행데이터의 압축효과로 인한 데이터의 수신량이 감소하였기 때문이다. 반면에 제안 방식에서 데이터복호 시간은 기존 방식에 비하여 증가하였다. 이것은 $d(k)$ 로부터 $V(k)$ 를 생성하는데 시간이 증가하였기 때문이다. 그러나 전체 처리시간에 있어서 제안 방식은 기존 방식에 비하여 빠르게 동작한다.

이상의 실험결과를 볼 때 제안 방식은 실시간 처리가 중요시되는 항공 시스템에서 비행데이터를 고속으로 전송, 처리할 수 있게 한다는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

신뢰성 확보가 중요하게 인식되는 항공기에서 비행데이터의 증가는 실시간 데이터 처리에서 요구되는 시간적 제약을 만족시키는데 문제를 야기할 수 있다. 이에 본 논문에서 DPCM 방식을 기초로 하여 비행데이터를 압축한 후 이를 전송하는 향상된 기법과 새로운 데이터포맷을 제안하였다.

본 논문에서는 항공기 시스템의 MC와 LRU들 간에 전송되는 실제 비행데이터들에 대하여 제안기법을 구현, 검증하였다. 모의 실험결과 기존방법에 비하여 제안

방식에서는 유효 데이터 전송량이 약 35% 감소하였고, 전체 데이터 전송량은 약 20% 감소하였다. 또한 제안 방식은 기존의 방식에 비하여 빠르게 동작함을 확인 하였다. 따라서 제안 방식은 데이터 전송 속도의 실질적인 향상을 가져오기 때문에 궁극적으로 비행데이터 처리, 가공에 있어서 신뢰성을 향상시키게 한다.

참 고 문 헌

- [1] Carbonari, A, "Avionic systems overview", Integrated Circuits and Systems Design, 2004. 17th Symposium.
- [2] Ian Moir and Allan Seabridge, "Aircraft System Mechanical, electrical, and avionics subsystems integration", WILEY, 2008.
- [3] 구금서, 전용기, "멀티코어 항공기소프트웨어 개발을 위한 시스템 플랫폼", 한국컴퓨터종합학술대회, 425-430, 2010.6.
- [4] 김승환, 윤종효, 박부식, "이중 트래픽 조절기능이 있는 항공데이터버스용 전이중 이더넷 교환시스템의 성능 분석", 전자공학회 논문지 제46권 TC편, 제 2호, 2009.
- [5] Duren, R.W., Thompson, M.W., "Application of Data Compression to the MIL-STD-1553 Data Bus", IEEE Aerospace Conference, 2008.
- [6] 장한진, 송대범, 김갑동, 양승열, "신뢰성 있는 임무 컴퓨터의 설계", 한국항공우주학회, 1005-1008, 2009.4
- [7] Decker, T. P., "Avionics Data Bus Basic," DDC Application Note, ILC Data Device Corporation, AN/A-4, 1999.
- [8] AERONAUTICAL RADIO INC., "MARK 33 DIGITAL INFORMATION TRANSFER SYSTEM (DITS) PART 1", ARINC SPECIFICATION 429, May 17, 2004.
- [9] Tooley, "Aircraft Digital Electronic and Computer Systems: Principles, Operation and Maintenance", ELSEVIER, 2007.
- [10] LAMINAR RESEARCH, "X-Plane Description", X-Plane Manual, 2011.

— 저 자 소 개 —



강 민 우(학생회원)
 2011년 경상대학교 정보과학과
 졸업(공학사).
 2011년 3월~현재 경상대학교
 정보과학과 석사과정.
 <주관심분야: 임베디드 시스템 소
 프트웨어, 영상처리, SoC>



문 용 호(정회원)
 1992년 부산대학교 전자공학과
 졸업(공학사).
 1994년 부산대학교 일반대학원
 전자공학과 졸업
 (공학석사).
 1998년 부산대학교 일반대학원
 전자공학과 졸업
 (공학박사).

1998년~2001년 삼성전자 DM연구소 책임연구원.
 현재 경상대학교 정보과학과 부교수
 <주관심분야: 동영상압축, 영상처리, 임베디드 시
 스템, SoC>