

해상작전헬기용 데이터링크 설계 연구

A Study on Designing of LYNX Datalink

이 영 중* **박 주 래*** **류 시 찬***
Lee, Young-Joong Park, Joo-Rae Lyu, Si-Chan

ABSTRACT

LYNX ESM has not only ESM function but Datalink function. The LYNX boarded equipment Interface and Channel coding is needed for LYNX Datalink to support the mother ship with tactical data included threat radar analysis data of LYNX ESM, navigation data, Radar and Sonar of LYNX. The interface of loaded equipments are various protocol like as ARINC419/429, RS232, Synchro, Sync Serial. The Channel coding of Convolution-Scrambler-Interleaver-Bit Stuffing is applied for recovering the transmission data mixed with propagation errors in sea environment.

주요기술용어(주제어) : LYNX ESM System(해상작전헬기용 전자전 체계), LYNX Datalink(해상작전헬기용 데이터링크), Loaded Equipment Interface(탑재장비 연동), Channel Coding(채널 코딩), Datalink Range Estimation(통달거리 예측)

1. 서론

LYNX 헬기는 모함인 KDX에 실려 다니다 작전시 이륙해 의심표적에 접근하여 헬기에 탑재된 레이더, 소나, FLIR 등을 이용하여 표적을 식별하고 모함에 보고하는 임무를 수행한다. 기존의 LYNX 헬기는 이처럼 위협성을 감수하고 운용되었다. 이러한 위협성을 줄이고 헬기의 생존성과 KDX의 전술작전 능력을 향상시키기 위하여 데이터링크 기능을 보유한 LYNX용 ESM 장비가 개발되었다. LYNX용 ESM 장비는 고고도에서 운용되는 LYNX 헬기 특성상 해상의 적함 레이더 신호를 먼저 탐지하여 분석·식별된 결과

와 헬기에 탑재된 레이더의 표적정보, 소나 표적정보, 자이로 heading정보, GPS의 경위도 정보, 항법컴퓨터의 속도·고도 정보 등을 모뎀을 통해 실시간으로 모함에 전송한다. 모함인 KDX에는 모뎀을 통해 실시간으로 제공되는 이러한 정보를 함정수신장치가 다양한 형태로 전시해주어 운용자에게 KDX 주변의 전술상황을 한눈에 파악할 수 있도록 해준다. 따라서 데이터링크 기능을 보유한 LYNX용 ESM 장비는 헬기의 생존성 뿐 아니라 KDX의 전술작전 능력을 획기적으로 향상시킬 수 있다.

이러한 데이터링크 기능을 갖는 LYNX용 ESM 장비를 개발하기 위해서는 LYNX 헬기에 탑재된 레이더, 소나, 항법컴퓨터, 자이로, GPS와의 연동이 필요하다. 또한 이러한 연동 데이터와 ESM 분석·식별 데이터를 전송하기 위해 데이터 프레임을 생성하고 데이터통신 중에 발생하는 통신 잡음에 대처하기 위

† 2006년 9월 14일 접수~2006년 12월 4일 게재승인

* 국방과학연구소(ADD)

주저자 이메일 : youngcenter@add.re.kr

해 채널코딩의 적용이 필요하다.

본 논문에서는 LYNX 헬기용 데이터링크를 구현하기 위해 헬기에 탑재된 VHF FM 군용 모뎀을 활용하였다. 레이다, 소나, 항법컴퓨터, 자이로, GPS의 헬기탑재장비와의 연동 및 모뎀의 성능을 향상시키는 채널코딩이 적용된 연동 보드를 개발하였다. 헬기는 LYNX와 Super LYNX 두가지 버전이 있으며 탑재 장비 역시 다르며 연동 프로토콜이 또한 달라 데이터 출력 시점이 다르다. LYNX 헬기의 경우 레이다는 ARINC419, 항법컴퓨터는 ARINC419, GPS는 RS232 프로토콜이며 Super LYNX 헬기의 경우 레이다는 ARINC429, 항법컴퓨터는 ARINC429, GPS는 ARINC429 프로토콜이며 소나와 자이로는 두 기종의 헬기에 모두 동일하며 각각 Sync Serial과 Synchro 연동 방식을 사용한다. 이들 헬기탑재장비는 출력 시점이 다르며 데이터 전송 주기에 동기를 맞추어 이들 데이터를 연동하고 전송 데이터를 생성해야 한다. 또한 기존의 군용 통신 모뎀은 Majority Encoding 방식의 기본적인 채널 코딩이 적용되어 있으며 이 기능을 활용하여 데이터링크 시험을 수행하였고 그 결과로부터 Convolution-Scrambler-Interleaver-Bit Stuffing의 채널 코딩 설계를 통해 각각의 시험 결과 비교를 통해 채널 코딩의 성능을 확인하였다.

이러한 LYNX용 ESM 장비의 데이터링크 기능은 시험평가 단계에서 헬기 비행시험을 통해 데이터링크 데이터를 수신국인 함정수신장치에서 받아 데이터링크의 효율성을 입증하였다. 본 논문에서는 LYNX와 Super LYNX 헬기에 탑재된 다종의 출력 시점이 다른 연동 장비와의 연동 설계와 데이터 프레임 생성 및 채널 코딩 적용 기술과 본 기술을 통해 독립 사이트간의 독자적인 데이터링크의 기반 기술에 대해 기술한다.

2. LYNX ESM 데이터링크

가. 헬기탑재 장비 연동

데이터링크로 전송할 헬기탑재 연동 대상 장비는 표 1과 같이 연동 방식과 데이터 출력 시점이 다르다. 이들 연동 방식 중에서 ARINC419 연동 방식은

[표 1] 헬기탑재 연동 대상 장비 및 연동 방식

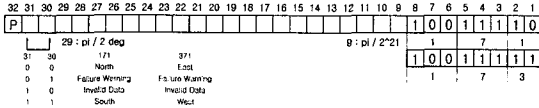
연동 장비	데이터명	LYNX	Super LYNX
레이다	-표적 수 1개 -표적 경/위도	-ARINC419 (8.33kHz, 32Bit, ±13VDC) -Continuous Data(0.5초)	-ARINC429 (12.5kHz, 32Bit, ±11VDC) -Single Shot Data
항법 컴퓨터	-속도 -C 경/위도(Super LYNX) -시간(Super LYNX) -고도(Super LYNX)	-ARINC419 -Continuous Data(0.4초)	-ARINC429 -Continuous Data(0.2초)
GPS	-F 경/위도(Super LYNX) -경/위도(LYNX) -시간(LYNX) -고도(Super LYNX)	-RS232 (38400bps, 22Byte) -Continuous Data(0.1초)	-ARINC429 -Continuous Data(0.2초)
Gyro	-진방위	-Synchro(11.8V/400Hz 3상신호, 26V/400Hz기준신호) -Continuous Data(0.01초)	
소나	-표적 방위/거리	-Synchro Serial(6452Hz, 28Bit) -Single Shot Data(0.009초)	

32비트 데이터 워드로 이중 8비트는 라벨로 사용되며 8.33kHz 전송속도와 ±13VDC 전압 레벨을 갖는다. ARINC429 연동 방식은 12kHz(또는 100kHz) 전송속도와 ±11VDC 전압 레벨을 갖는 것 외에는 ARINC429 연동 방식과 동일하다. 이들 ARINC419, ARINC429 연동 방식은 별도 주소 지정 없이 broadcast 방식을 지원하는 항공용 전자장비에 많이 사용되는 연동 방식이다.

LYNX 레이다와 항법컴퓨터의 ARINC419 출력 데이터는 그림 1, 2와 같다. GPS 수신기의 출력 데이터는 그림 3과 같다. Gyro와 소나는 LYNX와 Super LYNX 모두 동일하며 데이터 연동 방식은 그림 4, 5와 같이 Synchro와 Sync Serial이다. Synchro 연동 방식은 11.8VAC 400Hz 3상 신호와 26VAC 400Hz

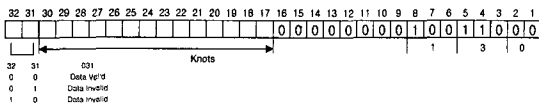
기존 신호로 구성된다. Super LYNX 레이더, 항법컴퓨터 및 GPS 수신기의 ARINC429 출력 데이터는 그림 6, 7, 8과 같다

Label	Parameter	Refresh Rate (sec)	Data Type	Resolution
171	Target Latitude	0.5	BNR	0.0000858 deg
371	Target Longitude	0.5	BNR	0.0000858 deg



[그림 1] LYNX 레이더 ARINC429 데이터 출력

Label	Parameter	Refresh Rate (sec)	Data Type	Resolution
031	Wind Speed	0.3~0.4	BCD	1knot



[그림 2] LYNX 항법컴퓨터 ARINC429 데이터 출력

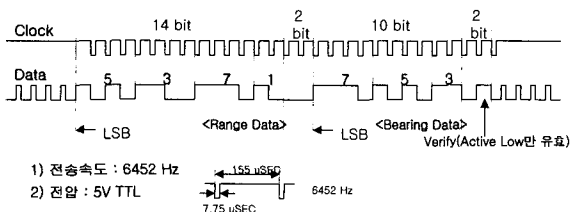
Parameter	Refresh Rate (sec)	Data Type
경위도, 시간	0.1	RS232

Byte No.	Command ID	Name	Type	Units	Range	Resolution
5		Hour	UC		0 ~ 23	*
6		Time	UC		0 ~ 31	
7		Seconds	UC		0 ~ 59	
8		Date	UC		* ~ 31	
9		Date	UC		* ~ 12	
10		Month	UC		00 ~ 12	(1589 ~ 2076)
11~14		Position Latitude	I	Wsec	-924,000,000 ~ +924,000,000	
15~18		Position Longitude	I	Msec	-948,000,000 ~ +948,000,000	
19~22		Altitude (GPS)	I	0.01m	-100,000 ~ +1,600,000	

[그림 3] LYNX GPS 수신기 데이터 출력

SDC 출력 데이터 비트맵	
BIT	DEG/BIT
1 MSB	180.0
2	90.0
3	45.0
...	...
14	0.0220
15	0.0110
16 LSB	0.0055

[그림 4] LYNX Gyro Synchro 데이터 출력

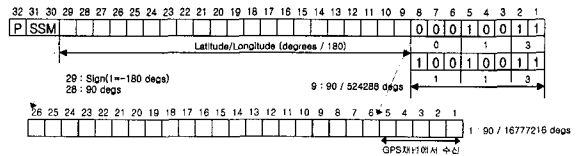
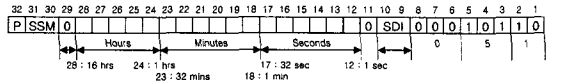
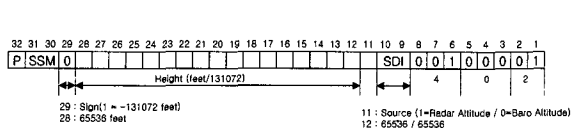
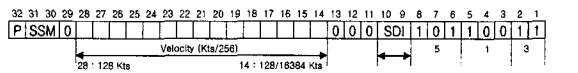


[그림 5] LYNX 소나 Sync Serial 데이터 출력

Label	Parameter	Refresh Rate (sec)	Data Type	Resolution
100	Target Latitude	Refresh 한번 (Single Shot)	BNR	0.0000858 deg
101	Target Longitude	Refresh 한번 (Single Shot)	BNR	0.0000858 deg

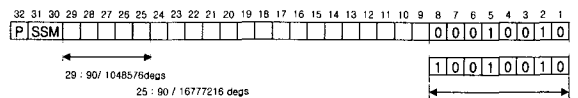
[그림 6] Super LYNX 레이더 ARINC429 데이터 출력

Label	Parameter	Refresh Rate (sec)	Data Type	Resolution
310	Latitude	0.2	BIN	0.0001717 deg
311	Longitude	0.2	BIN	0.0001717 deg
315	Air Speed	0.2	BIN	0.007813 kts
204	Altitude	0.2	BIN	1 feet
150	GMT	0.2	BNR	1 sec



[그림 7] Super LYNX 항법컴퓨터 ARINC429 데이터 출력

Label	Parameter	Refresh Rate (sec)	Data Type	Resolution
110	Present Latitude	0.2	BIN	0.00000536 deg
111	Present Longitude	0.2	BIN	0.00000536 deg

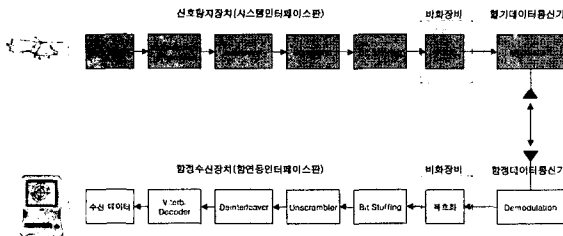


[그림 8] Super LYNX GPS 수신기 ARINC429 데이터 출력

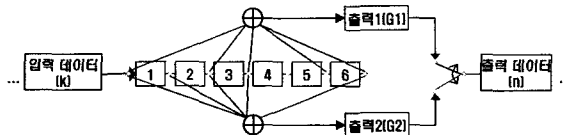
나. 채널 코딩

LYNX 헬기에 탑재된 군용 통신 모뎀은 Majority Encoding 방식의 기본적인 채널 코딩을 지원한다. LYNX 헬기가 운용될 70km 거리의 해상에서 잡음 환경은 시험 결과 0.06~0.08% 임의의 잡음(Random

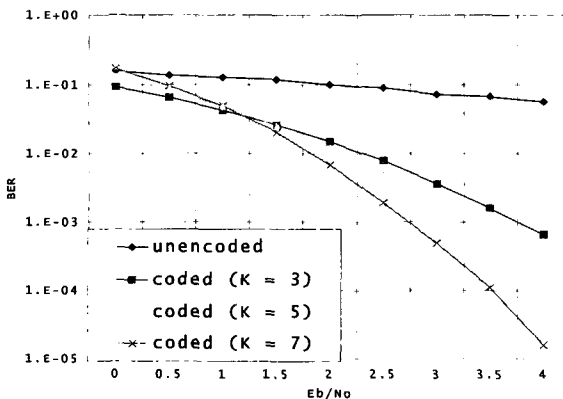
Noise)과 간헐적인 연접 잡음(Burst Noise)이 발생함을 확인하였다. 이러한 시험 결과로부터 LYNX ESM 데이터링크는 그림 9의 구성으로 설계하였다. 기존 통신 모델의 채널 코딩 성능을 향상시키기 위하여 그림 10과 같이 임의의 잡음 정정에 우수한 Convolution-Viterbi 알고리즘을 적용하였다. Convolution 코드는 n (출력), k (입력), m (레지스터)이 $(n, k, m) = (2, 1, 6)$ 이고 R (입출력비) = $1/2$, K (constraint length) = 7, $G1 = 1\ 011\ 011(133)$, $G2 = 1\ 111\ 001(171)$ 로 설계하였으며 Viterbi 디코드는 Hard Decision으로 설계하였으며 이들 알고리즘의 성능은 그림 11과 같이 E_b/N_0 가 2일 경우 BER(Bit Error Rate)이 0.1에서 0.008로 줄어든다.



[그림 9] LYNX ESM 데이터링크 구성



[그림 10] Convolution-Viterbi 알고리즘



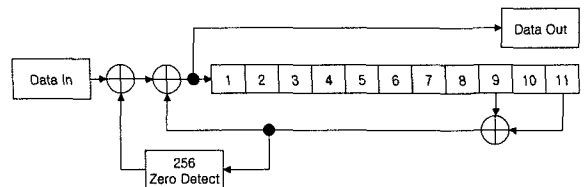
[그림 11] Convolution-Viterbi 알고리즘의 BER 개선

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32
63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48
78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	

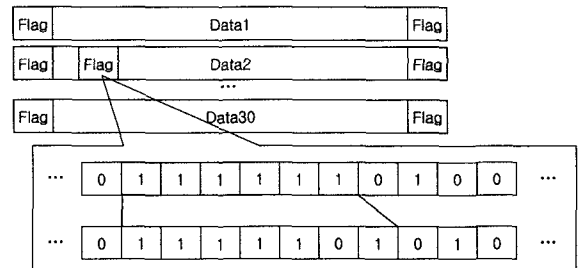
← 데이터 순서
전송 순서 ↓



[그림 12] Interleaver



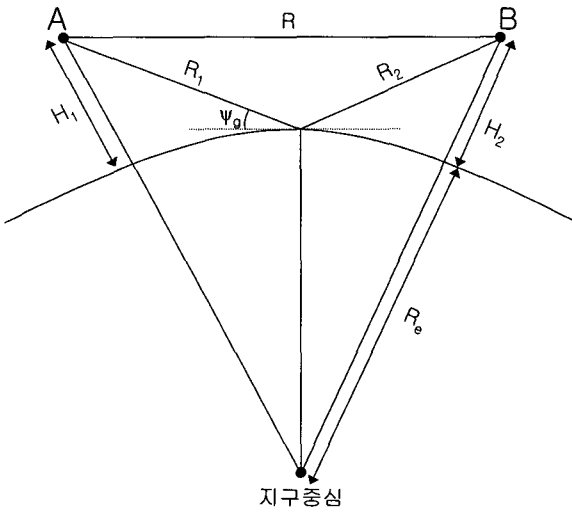
[그림 13] Scrambler



[그림 14] Bit Stuffing

그림 12와 같이 데이터 순서와 전송 순서를 달리하여 연접 잡음을 임의의 잡음으로 변경해주는 Interleaver 회로를 적용하여 연접 에러에 대처하였다. 또한 그림 13과 같이 연속적인 데이터 출현으로 인한 모델 성능 저하를 방지하고 데이터를 비화하기 위하여 스크램블러 회로를 사용한다. 또한 그림 14와 같이 시작과 끝 프레임(0111110)의 식별자가 데이터 내부에서 출현하는 것을 방지하기 위하여 데이터 '1'이 6번 출현시 데이터 '0'을 다섯 번째 '1' 다음에 추가하는 Bit Stuffing 기능을 추가하였다. 또한 데이터 통신의 비화성을 위하여 비화장비를 사용한다.

다. 데이터통신 통달 거리 예측
개발된 해상환경에서 전파채널은 지구대기의 굴절과



[그림 15] 해상환경에서의 전파채널

해수면 반사를 고려하여 직접적인 LOS(Line of Sight) 경로와 그림 15와 같이 바다에서 반사된 경로를 갖는 두 방향의 전파로 모델링될 수 있다. 데이터통신 통달거리 관련하여 수신전력과 통신가능 최소신호세기는 각각 식 (1), 식 (2)와 같이 표현할 수 있으며 각 변수의 30MHz, 72MHz, 88MHz에서의 재원은 표 2와 같다^[1,2].

$$S_R = \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \frac{P_T G_T G_R}{L_T L_R L_A} F^2 \quad (1)$$

$$S_B = S_O L_B \quad (2)$$

$$F = \sqrt{1 + \rho^2 + 2\rho \cos \alpha} \quad (3)$$

$$\alpha = \Delta \Phi + \phi \quad (4)$$

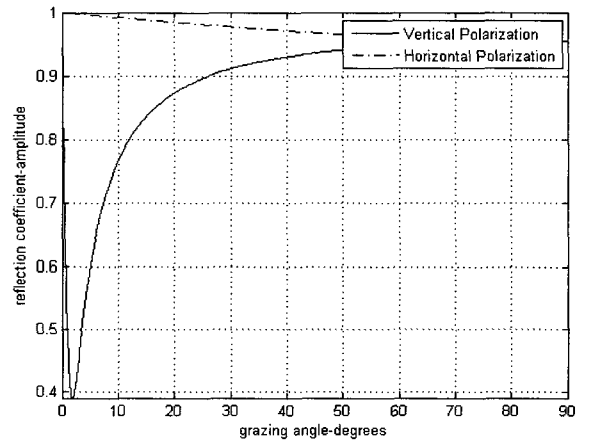
$$\Delta \Phi = \frac{2\pi}{\lambda} (R_1 + R_2 - R) \quad (5)$$

$$\Gamma = \rho e^{-j\phi} = \frac{\epsilon \sin \Psi_g - \sqrt{\epsilon - \cos^2 \Psi_g}}{\epsilon \sin \Psi_g + \sqrt{\epsilon - \cos^2 \Psi_g}} \quad (6)$$

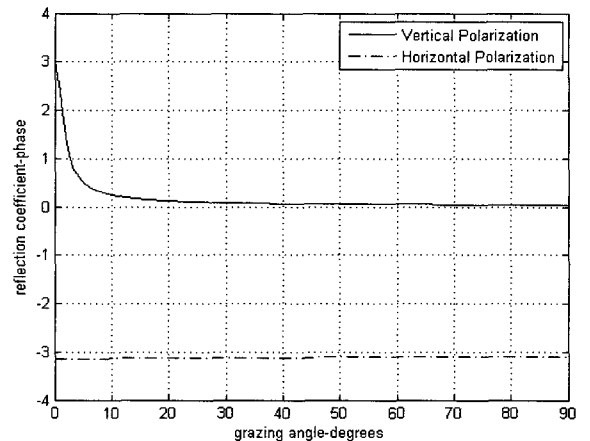
단, R은 A-B간 가시선, λ는 파장, F는 Propagation

[표 2] 헬기탑재 연동 대상 장비 및 연동 방식

	30MHz	72MHz	88MHz
P_t [dBm]	40	40	40
G_t [dBi]	-25	-12	-10
G_r [dBi]	-4.5	-3.5	-1.5
L_f [dB]	0.2	0.26	0.28
L_r [dB]	2.4	3.12	3.39
L_s [dB]	0	0	0
L_e [dB]	6	6	6
S_c [dBm]	-115	-115	-115



[그림 16] 반사계수의 진폭

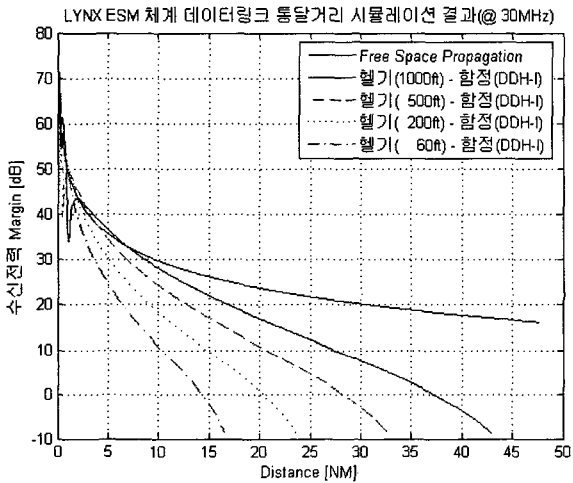


[그림 17] 반사계수의 위상

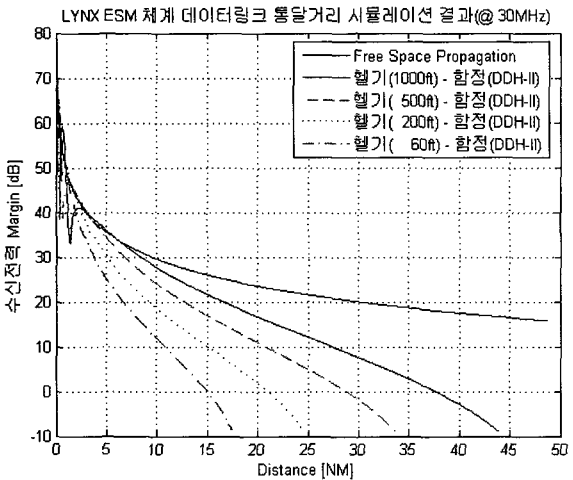
Factor, R_E 는 유효 지구 반경($\frac{4}{3} \times 6371000m$), Ψ_g 는 입사각도, α 는 직접파와 간접파의 위상차, $\Delta \Phi$ 는

직접파와 반사파 경로간의 위상차, ϕ 는 바다표면 반사계수의 위상, ϵ 는 바다 표면의 복소수 유전상수 ($\epsilon_r - j60\lambda\sigma$), ϵ_r 는 유전상수(80 for seawater), σ 는 도전율(4 for seawater), ρ 는 바다표면 반사계수의 진폭이다. 입사각도에 따른 이들 반사계수의 진폭과 위상은 그림 16, 17과 같다.

30MHz와 72MHz에서 헬기 송신 안테나 고도(60, 200, 500, 1000ft)와 함정 수신 안테나 고도(DDH-I : 52ft, DDH-II : 64ft)에 따른 데이터통신 수신전력 Margin은 그림 18, 19, 20, 21과 같다.

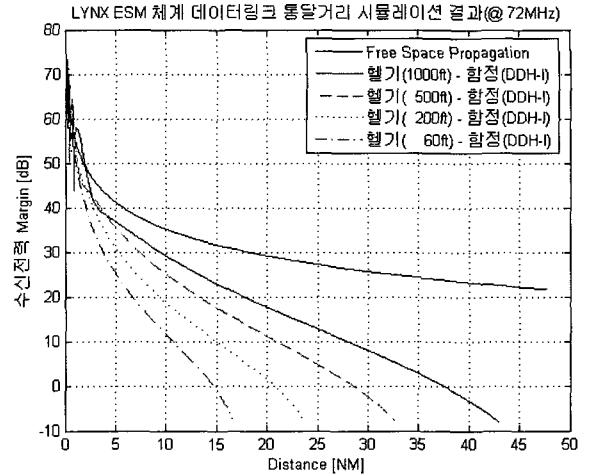


[그림 18] DDH-I의 수신전력(30MHz)

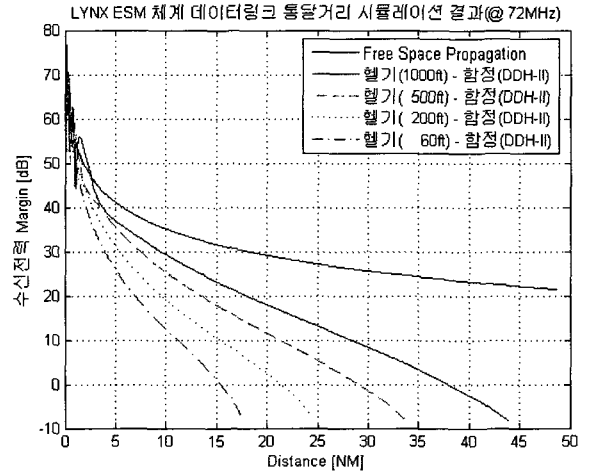


[그림 19] DDH-I의 수신전력(72MHz)

30MHz와 72MHz에서 수신전력 Margin이 0인 헬기와 함정 안테나의 고도별 예측 데이터통신 통달거리는 표 3과 같다.



[그림 20] DDH-II의 수신전력(30MHz)



[그림 21] DDH-II의 수신전력(72MHz)

[표 3] DDH-I, II의 데이터통신 통달거리 예측

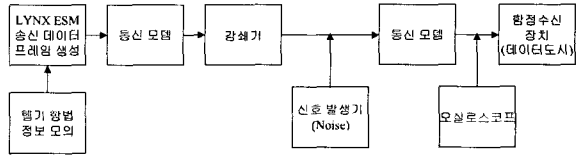
헬기 고도 [ft]	30MHz		72MHz	
	DDH-I(52ft) [NM]	DDH-II(64ft) [NM]	DDH-I(52ft) [NM]	DDH-II(64ft) [NM]
60	14.3	15.0	14.7	15.4
200	20.3	21.0	20.7	21.4
500	28.1	28.8	28.5	29.0
1000	37.1	37.6	37.3	37.9

4. flag 재동기

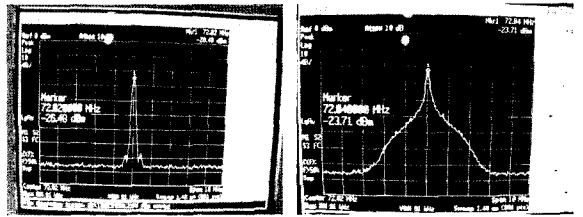
데이터통신 중 발생하는 통신 잡음은 채널코딩을 통해 데이터 복원이 가능하다. 하지만 데이터의 앞뒤에 붙어 데이터를 구분하는 flag에 잡음이 섞일 경우에는 flag 자체를 인식하지 못하므로 데이터 구간을 판별하지 못해 잡음을 정정하지 못하고 데이터를 버리게 된다. 동일한 시작과 끝 flag를 사용할 경우 flag에 잡음이 섞이게 되면 시작과 끝을 혼돈하여 연속적으로 데이터를 인식하지 못하게 된다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 일반적으로 2중 flag 방식을 많이 사용하게 된다. 2중 flag는 flag 형태가 데이터 중에 발생하지 못하도록 비트 스테핑이 복잡해지는 단점이 있다. 통신 모뎀의 초기 PTT on 시 출력되는 garbage 패턴을 고려하여 시작 flag를 FFFF7E (HEX, 24비트)로 하고 끝 flag를 7E(HEX, 8비트)로 설정하였다. 또한 채널코딩이 적용되지 않은 데이터 통신 시험 시 예상 통달 거리에서의 잡음 분포를 확인한 결과 0.06~0.08% 수준임을 확인하였다. 본 논문에서 적용한 채널코딩을 통과할 경우 데이터 내부에서는 0과 1의 출현 빈도가 비슷한 랜덤한 데이터 패턴을 보이며 데이터가 끝나고 다음 데이터가 시작하는 데이터가 없는 구간에서는 통신 모뎀이 PTT on을 유지하고 있으므로 데이터는 0을 출력한다. 헬기에서 연동하여 전송할 수 있는 가장 간단한 데이터는 ESM 정보가 없고 헬기와의 연동이 이루어지지 않을 경우로서 데이터 프레임과 데이터 크기에만 0이 아닌 1의 데이터가 존재하며 채널 코딩을 통과하면 1의 빈도수가 26~33% 수준으로 생성된다. LYNX ESM 데이터링크의 S/N에 따른 잡음 분포를 측정하기 위한 시험 셋업은 그림 22와 같다. 잡음 신호를 발생하기 위한 신호발생기는 Agilent Technologies사의 PSG Signal Generators를 사용하였으며 잡음은 FM 변조 방식의 1MHz Gaussian Noise를 사용하였으며 S/N이 10dB일 때 데이터 신호와 잡음 신호는 그림 23과 같다. 시험 셋업에서 S/N를 조절하였을 때 끝 flag 후의 데이터가 없는 600비트의 구간에서의 잡음의 빈도는 그림 23, 표 4와 같다.

최소의 데이터에 의해 채널코딩이 적용되어 0과 1이 Random 분포를 가질 경우의 데이터 중의 1의 빈

도는 33% 수준이며 실제 요구되는 통달거리에서의 데이터통신 상태와 유사한 환경인 S/N가 -3dB에서



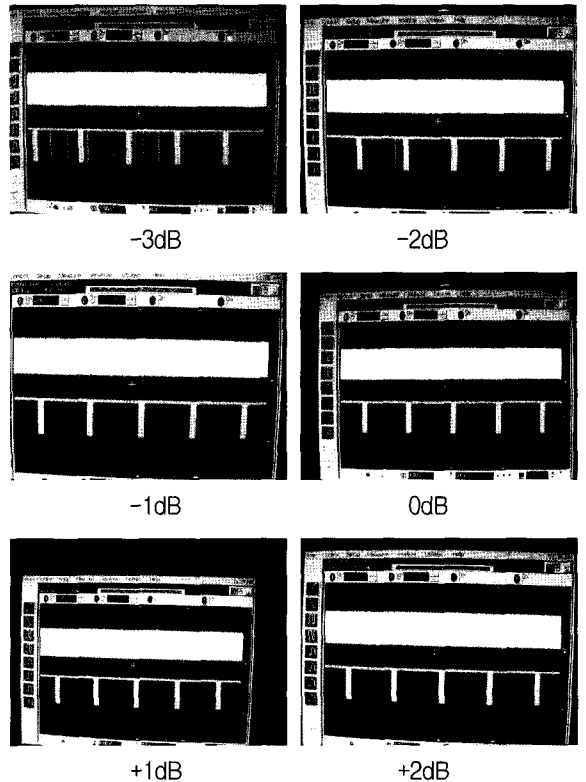
[그림 22] LYNX ESM 데이터링크 성능 시험 셋업



통신기출력

잡음출력

[그림 23] S/N에 따른 잡음 분포



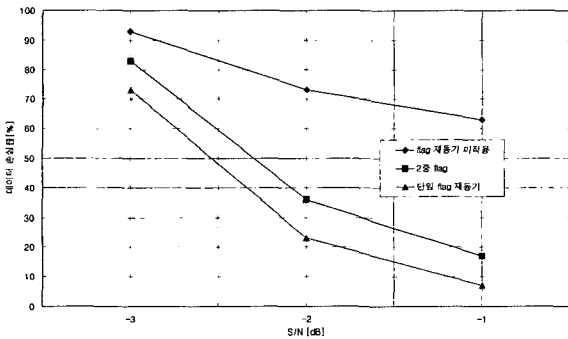
+1dB

+2dB

[그림 24] S/N에 따른 잡음 분포

[표 4] S/N에 따른 잡음 빈도

S/N	잡음 개수
-1	1(0.16%)
-2	3(0.5%)
-3	4~8(0.67~1.3%)
-4	10(1.6%)

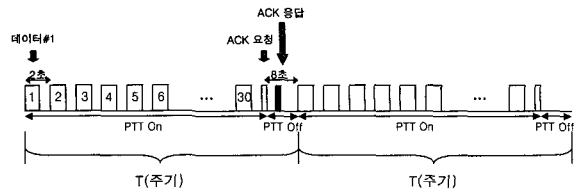


[그림 25] S/N에 따른 데이터 손실률

의 1의 분포는 98.7%이다. 따라서 단일 flag를 사용하여 시작 flag를 재동기하기 위해서는 33%와 98.7% 사이의 1의 빈도가 발생할 조건을 선택해야 한다. 단일 flag를 사용하여 시작 flag를 재동기 하지 않는 방식, 2중 flag를 사용하는 방식 및 단일 flag를 사용하여 1의 빈도가 80%일 경우에 대하여 S/N를 조정하여 실제 합정수신장치에서의 데이터 프레임이 수신되는 수신상태를 측정한 결과는 그림 25와 같이 단일 flag를 사용하여 1의 빈도가 80% 조건에서 시작 flag를 재동기하는 방식이 가장 효과적임을 확인하였다.

5. 전송 주기

데이터링크 전송 주기는 통신 모뎀의 송수신 타이밍 등을 고려하여 그림 26과 같이 설계하였다. 전송 데이터량은 ESM 데이터가 없을 때는 38바이트이며 16개의 ESM 데이터가 존재할 경우에는 486바이트이다. 이들 데이터에 Convolution 코드를 적용하면 출력 데이터가 2배로 늘어나고 4800bps 통신 모뎀 속

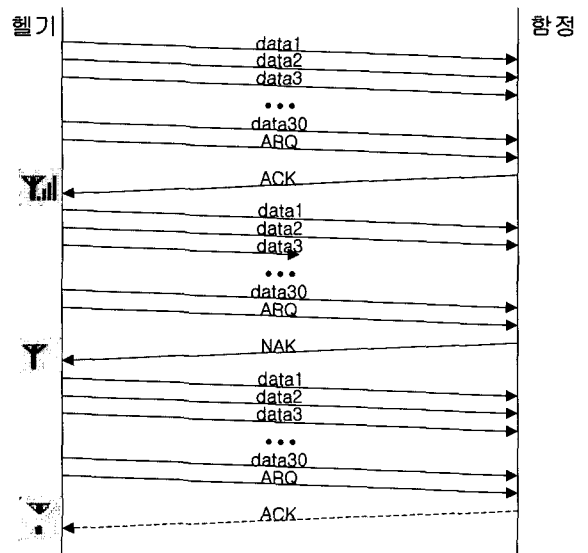


[그림 26] 데이터 통신 주기

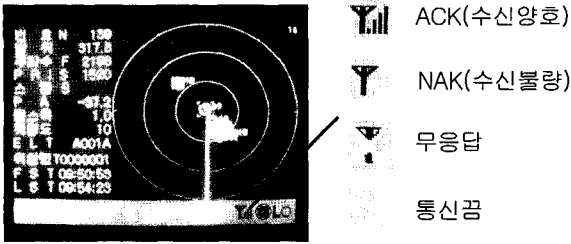
도로 데이터 통신할 경우 각각 0.13, 1.62초가 된다. 따라서 데이터 전송량에 무관하게 2초 간격으로 일정하게 데이터를 1분에 30번을 전송하고 통신 상태를 확인하기 위해 ACK 요청을 한다. 즉, 1분 2초 동안 통신 모뎀의 PTT(push to talk)를 On한다. 그런 후에 6초의 Off Time 동안 합정으로부터 통신 상태를 확인한다. 따라서 1분 8초 동안 30번의 데이터 프레임 송신하며 1번의 통신 상태를 확인한다. 그러므로 평균 전송주기는 식 (7)과 같이 N이 30이 되어 2.27초가 된다.

$$\frac{2N+8}{N} = 2 + \frac{8}{N} \approx 2.27 (\text{sec}/\text{frame}) \quad (7)$$

통신 상태는 그림 27과 같이 sliding window ARQ 방식을 적용하여 통신 동기의 주관을 헬기의 신호탐



[그림 27] Sliding Window ARQ



[그림 28] 제어시현장치의 통신 상태 전시

지상장치에서 수행하며 함정에서는 ACK 요청이 오면 지난 1분 동안의 30번 데이터 수신상태 중 모두 수신양호 하였는지와 1번이라도 수신이 불량하였는지를 통보한다. 이러한 ACK 결과는 헬기의 제어시현장치 화면에 그림 28과 같이 수신양호, 수신불량, 무응답, 통신끊의 4가지 통신 모드에 대해 결과가 전시된다.

7. 데이터링크 시험 결과

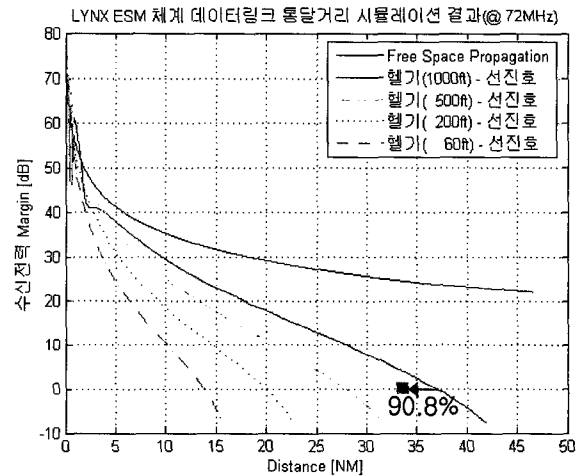
데이터링크 시험은 72.025MHz에서 3가지 조건으로 수행하였다. 첫째, LYNX ESM 개발 초기 단계에

[표 5] 헬기와 지심도 데이터링크 결과 (채널코딩 미적용)

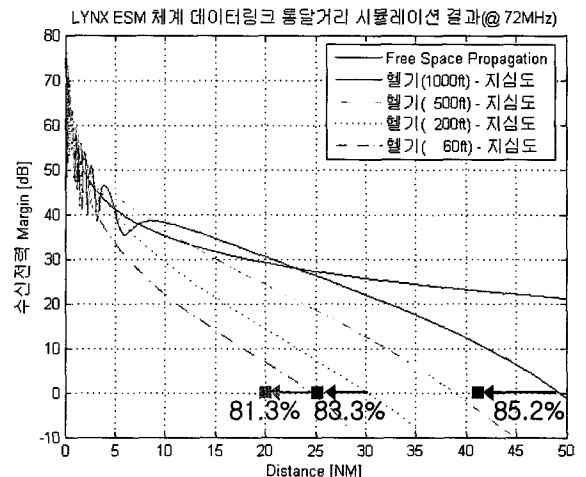
X: 수신불가, -: 미실시

시간	시험 기점	헬기		629대대 (비트에러율) [%]	지심도 시험소 (비트에러율) [%]	기타
		헤딩 [°]	고도 [ft]			
13:20	A	172	0	0	X	헬기 62전대 이륙
13:24	A-1	172	1000	0	X	
13:27	A-2	172	1000	0.36	34	
13:30	A-3	172	1000	18	0.38	
13:34	B	172	1000	-	-	레이더 이상으로 선회
13:45	B-1	60	1000	26	0.02	C-1부터 62전대 음성 불량
13:52	C-1	150	1000	X	0	90° 우회전
13:56	C-2	60	1000	X	0	90° 좌회전
14:00	C-3	330	1000	X	2.6	90° 좌회전
14:04	C-4	242	1000	X	0	90° 좌회전
14:11	B-4	60	1000	X	0	
14:14	B-5	60	1000	X	0	
14:17	B-6	60	1000	X	8.4	B-6부터 지심도 음성통신 불량
14:23	B-8	60	1000	X	17	기상양호(구름없음)통보
14:25	B-9	60	1000	X	28	
14:29	B-10	60	1000	X	14	
14:33	B-10	245	1500	X	34	고도 500ft 상승/역기동
14:43	B-8	-	1500	X	240° 외 양호	360° 선회기동
15:00	B-7	245	1000	X	40	고도 500ft 하강/역기동
15:23	A	-	0	-	-	헬기 62전대 착륙

서 채널 코딩의 적용 이전에 헬기 1000ft 고도와 318ft 지심도에서 수행하였다. 둘째, LYNX ESM 데이터링크 체계를 헬기에 탑재하여 1000ft 헬기 고도에 대해 KDX(I : 52.5ft, II : 63.9ft) 보다 낮은 수신안테나 고도인 39.4ft 선진호를 대상으로 시험을 수행하였다. 셋째, 60ft, 200ft, 500ft, 1000ft 헬기 고도에 대하여 318ft 고도의 수신국(지심도 시험소)에서 수행되었다. 데이터링크 통달거리는 첫째 시험 결과 표 6과 같이 70km(37.8NM) 거리의 BER이 복원 가능한



선진호 시험결과와 예측치 비교(90.8%)



지심도 시험결과와 예측치 비교

[그림 29] 대역저지 필터 특성

[표 6] 지심도와 선진호 데이터링크 시험결과

헬기고도 [ft]	함정고도 [ft]	데이터링크 통달거리[NM]		
		시뮬레이션(A)	측정결과(B)	%비율(B/A)
60	318(지심도)	24.6	20	81.3
200	318(지심도)	30	25	83.3
1000	39(선진호)	36.9	33.5	90.8
1000	318(지심도)	49.3	42	85.2

수준이었으며, 둘째와 셋째 시험 결과와 통달 거리 예측결과와이 비교는 그림 29, 표 6과 같다. LYNX 헬기 고도가 1000ft일 때 선진호의 데이터통달 거리는 시험결과 33.5NM로서 예측 시뮬레이션 결과인 36.9NM의 90.8%이었다. 또한 지심도 시험소와 헬기의 고도가 각각 60, 200, 1000ft에서의 통달거리 시험 결과는 20, 25, 42NM이고 예측 시뮬레이션 결과는 각각 24.6, 30, 49.3NM로서 각각 81.3, 83.3, 85.2%에 해당된다. 또한 이러한 시험결과는 Sikorsky Aircraft사의 ARC114 통신기의 1200ft 고도와 지상국의 통달거리가 35nm인 결과와 레이더 운용 교범의 1000ft 고도에서 레이더 가시선이 15% 감소하여 33nm이라는 기존 자료의 시험결과와 흡사하다^[9,10].

3. 결론

본 연구는 LYNX 헬기용 ESM 장비의 데이터링크 설계에 관한 내용으로서 실제 LYNX ESM 시험평가 단계에서 성능을 입증하였다. LYNX와 Super LYNX 헬기에 탑재된 다종의 출력 시점이 다른 장비와의 연동을 수행하고 ESM에서 분석·식별된 데이터와 취합하여 전송 프레임을 구성한다. 이렇게 구성된 전송 프레임은 Convolution-Interleaver-Scrambler-Bit Stuffing의 채널 코딩 과정을 적용하여 데이터가 원 데이터의 2배 이상으로 증가한다. 최종 전송 데이터는 시작, 끝 식별자 flag를 붙여 통신 모델과의 연동을 통해 모함으로 전송되며 2중 flag를 사용하는 방식보다 단일 flag에 대하여 시작 flag를 재동기하는 방식이 효과적임을 확인하였다. 함정수신장치는 다양한 헬기의 항법 데이터와 레이더, 소나 표적 정보 및 ESM 분석·식별 데이터를 전시 가능하다.

이러한 데이터링크를 통해 단순한 해상 초계 비행 시 음성통신 업무량은 780초에서 260초로 약 67%의 개선율을 보인다^[11]. 이러한 개선율 수치는 KDX와 연계한 작전 시 현저히 증가할 것으로 예상된다.

데이터링크의 채널 코딩에 대한 거리 이득은 38nm에서 42nm로 10.5%가 증가하였다. 헬기 고도가 1000ft일 때 선진호의 데이터통달 거리는 시험결과 33.5NM로서 예측 시뮬레이션 결과인 36.9NM의 90.8%이었다. 또한 지심도 시험소와 헬기의 고도가 각각 60, 200, 1000ft에서의 통달거리 시험결과는 20, 25, 42NM이고 예측 시뮬레이션 결과는 각각 24.6, 30, 49.3NM로서 각각 81.3, 83.3, 85.2%에 해당된다. 예측 시뮬레이션의 85%를 적용할 경우 모함인 KDX-I, II와 LYNX 헬기 1000ft 고도에서의 데이터 통달 거리는 31.7, 32.2NM로 예상된다.

이러한 LYNX ESM 데이터링크 기능을 통해 함정에서는 KDX 주변의 전술 환경을 한눈에 실시간으로 제공 받아 전술 작전 능력이 증대할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Barry McLarnon, "VHF/UHF/Microwave Radio Propagation : A Primer for Digital Experimenters", CEIDIS-ULA, Primer Taller De Capacitacion Tecnologias W, 2003.
- [2] CCIR(now ITU-R) Report 567-4, "Propagation data and prediction methods for the terrestrial land mobile service using the frequency range 30MHz to 3GHz", International Telecommunication Union, Geneva, 1990.
- [3] Blake, L. V., "Radar Range-Performance Analysis", 2d ed., Artech House, Norwood, Mass., 1986.
- [4] Bean, B. R., G. D. Thayer, "Models of the Atmospheric Refractive Index", Pro. IRE, V. 47, pp.740~755, 1959.
- [5] Millman, G. H., "Atmospheric Effects on VHF and UHF Propagation", Proc. IRE, V. 46, pp. 1492~1501, August, 1958.

- [6] ewhdbks.mugu.navy.mil/rdr-hori.htm, "Radar Horizon/Line of Sight", Naval Air Warfare Center Weapons Division Code 41130GE.
- [7] 최도원, 전병태, 박영미, 박문복, 장원, "ALQ-X 방탐 및 신호수신기 하모닉 시험결과", TEDC-517-041428, 국방과학연구소, 2005.
- [8] Rockway, J. W, Logan, J. C, Schukantz, J. H, Danielson, T. A, "Intermodulation Interference (IMI) Testing of Composite Materials", Naval Command, Control and Ocean Surveillance Center, AD-A288621, 1994.
- [9] "ARC114 Communication Range Tests", Sikorsky Aircraft, REPORT NO. SER-70303, pp.12~22.
- [10] "Brazilian LYNX Seaspray 3000 Radar System Operation Handbook", Marconi Electronic Systems, Reoprt No RSD 3842, pp.1/4~1/5, 1999.
- [11] 권태환, 김동수, "헬기와 함정간의 데이터링크 운용방안 연구", IEDC-425-041340, 국방과학연구소, 2004.