

AF궤도회로에서 에너지 밀도가 정보신호 검출시간에 미치는 영향

논 문
60-6-11

The Influence of Energy Density upon Detection Time of Information Signal in AF Track Circuit

김민석* · 황인광** · 이종우†
(Min-Seok Kim · In-Kwang Hwang · Jong-Woo Lee)

Abstract - There are two methods for train control in information transmission by using track circuit system and installing wayside transmitter. Information signal is transmitted to the on-board antenna by using rails. Continuous information about train intervals, speed and route is received by on-board antenna in AF track circuit system. The information signal is included with carrier wave and received by magnetic coupling in the on-board antenna. Therefore, it is important to define standard current level in the AF track circuit system. When current flowed to rails is low, magnetic sensors are not operated by decreasing magnetic field intensity. Hence, SNR is decreased because electric field intensity is decreased. When the SNR is decreased, there is the serious influence of noise upon demodulation. So, the frequency of information signal is not extracted in frequency response. Thus, it is possible to happen to train accident and delay as the information signal is not analyzed in the on-board antenna. In this paper, standard energy density is calculated by using Parseval's theory in UM71c track circuit. Hence, detection time of information signal is presented.

Key Words : AF track circuit, Energy density, Detection time, Train control, Information signal

1. 서 론

궤도신호시스템은 열차의 간격과 진로를 제어한다. 궤도시스템에는 ATC(Automatic Train Control), ATP(Automatic Train Protection), ATS(Automatic Train Stop) 시스템 등이 있으며, 열차제어정보전송은 직접 궤도를 이용하여 차상에 전송하는 방식과 궤도상에 기기를 설치하여 전송하는 방식이 있다. 직접궤도를 이용하는 방식은 궤도를 회로 일부로 구성하고, 궤도에 신호를 전송하여 열차가 궤도에서 열차제어 정보를 획득하는 방법으로, 고속궤도, 도시궤도 등에서 사용하고 있다[1].

궤도회로를 사용하는 방식의 AF(Audio Frequency)궤도회로 시스템은 전기회로인 궤도회로를 통해 열차 유무를 검지하고 지상의 정보를 차상으로 전송한다. 지상의 정보는 반송파에 실어서 레일을 통해 차상안테나로 전송한다. AF궤도회로는 주파수를 이용하여 궤도를 일정부분으로 나누어 전기적으로 절연시키고, 각 절연된 부분을 한 개의 회로로 구성한다[2].

이를 폐색이라고 정의하며 현재 AF궤도회로 반송주파수

는 국내 도시궤도에서 1[kHz]~2[kHz]를 사용하며, 고속궤도의 경우에는 2040[Hz], 2400[Hz], 2760[Hz], 3120[Hz]를 사용하고 있다. 국내 도시궤도 및 고속궤도에서 사용하고 있는 궤도회로시스템은 FM(Frequency Modulation)방식을 사용하여 정보신호를 변조한다. 현재 AF궤도회로 주변에는 각종 통신기기 및 유도체들이 존재한다. 이러한 기기들에서의 정보신호들은 궤도회로 정보전송에 있어서 잡음의 형태로 존재하게 되어, 궤도회로 정보신호의 검출 시간이 증가한다. 검출시간이 증가하면 폐색구간에서 정보를 받는 횟수가 감소하여 열차의 안전한 운행에 문제가 발생할 가능성이 존재한다. 그러므로 궤도회로에서 정보신호의 검출시간을 결정하는 것은 중요하다.

본 논문에서는 FM방식에서 수신 에너지 밀도와 정보신호의 검출시간과의 관계를 분석하기 위해 복조된 신호의 에너지밀도 스펙트럼을 분석하였다. 열차제어정보의 주파수에 대한 각각의 에너지 밀도를 분석함으로써 열차제어정보 주파수 중 최소 에너지 밀도를 분석하여 기준 에너지 레벨 이상이 되는 기준 수신시간을 제시하였다.

2. AF궤도회로의 정보전송 원리

AF궤도회로는 Fig.1과 같이 레일을 전기회로의 일부로 사용하여 궤도회로를 구성한다. 송신기 및 수신기를 이용하여 전기적 절연이 된 폐회로를 구성하여 열차가 궤도에 진입 시에 열차의 차축에 의해 궤도 간을 단락한다. 이로 인해 열차의 유무검지 및 지상에서 차상으로 열차의 운행에 필요한 정보(제한속도, 구배율 등)를 레일을 통해 연속적으로 전송하는 역할을 한다.

* 정 회 원 : 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도전기신호공학과 박사과정

** 비 회 원 : 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도전기신호공학과 석사과정

† 교신저자, 정회원 : 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도전기신호공학과 교수

E-mail : saganlee@seoultech.ac.kr

접수일자 : 2011년 1월 6일

최종완료 : 2011년 5월 13일

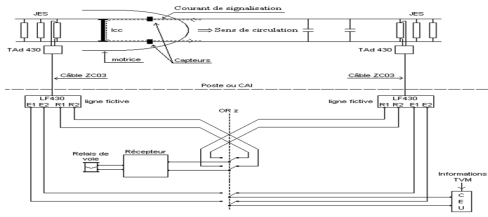


그림 1 AF궤도회로의 구성
Fig. 1 Composition of AF track circuit

선로에 열차가 진입을 하게 되면 열차의 바퀴와 차축에 의해 폐회로가 구성이 되며 수신기로 전류가 흐르지 못하게 되어 해당 구간에 열차가 점유하고 있음을 알게 된다. 이때 열차 첫 번째 차축 전방의 약 2[m]에 위치한 차상 안테나를 통해 변조된 신호를 검지한다. 차상안테나는 지상의 레일로부터 Fig.2와 같이 자기결합에 의해 정보를 획득한다 [3][4].

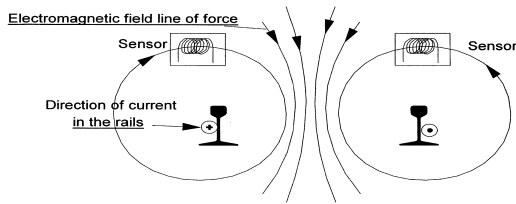


그림 2 레일에서의 자계의 세기
Fig. 2 Electromagnetic field of rails

3. 에너지 밀도와 정보신호의 검출시간

운행 중인 차량에는 열차의 허용최대속도, 목표까지의 거리 등, 운행에 필요한 다양한 정보가 요구된다. 이러한 정보는 정의된 전문 형태를 기반으로 변조되어 차량에 전송된다. 한 예로 전송하고자 하는 메시지를 i 비트로 제한하고, 그 i 비트 내에서 각 전송 정보의 위치 및 크기, 즉 할당 비트 수를 미리 설정 한다.

고속철도에서 사용하고 있는 UM71c의 경우에 정보신호는 식(1)과 같이 총 열차제어를 위한 정보신호 27비트와 궤도정보신호 1비트의 합으로 구성된다.[4][5]

$$m(t) = \sum_{i=0}^{26} 2\pi A_i S_i \cos(2\pi f_i t + \phi_i) + 2\pi A_{t_c} \cos(2\pi f_{t_c} t + \phi_{t_c}) \quad (1)$$

$$f_i = 0.88 + i \times 0.64 \quad (2)$$

식(1)의 첫 번째 항은 27비트의 열차속도 제어정보를 포함하고, 두 번째 항은 궤도 정보를 포함하고 있다. A_i 는 변조 지수이고, S_i 는 i 번째 비트의 값에 따라 0혹은 1의 값을 가진다. i 번째 bit가 1이면 S_i 는 1이고, i 번째 비트가 0이면 S_i 는 0이다. f_i 는 i 번째 비트의 주파수이고, ϕ_i 는 i 번째 비트의 위상각이다. f_{t_c} 는 궤도 정보를 포함하는 비트의 주파수이고, ϕ_{t_c} 는 궤도 정보를 포함하는 비트의 위상각이다. 27비트의 열차속도 제어정보에서 1~6비트는 에러검사를 위한 부

호화 정보를 포함하고, 7~10비트는 구배율을 포함하고 11~16비트는 목표거리 정보를 포함한다. 17~24비트는 허용 속도정보를 포함하고, 25~27비트는 운행선 동작모드를 포함한다.

Fig.3은 열차제어정보신호의 구성을 나타낸다.[5]

3 bits	8 bits	6 bits	4 bits	6 bits
동작모드	허용속도 (V_b, V_c, V_a)	목표까지의 거리	경사도 (구배)	에러검사

그림 3 열차제어정보신호의 구성
Fig. 3 Composition of information signal for train control

레일에서 차상안테나로 송신하는 경우에 반송주파수에 열차제어정보를 실어서 보내므로 송신신호를 나타내면 식(3)과 같다.[5]

$$s(t) = A \cos(2\pi f_c t + \int_0^t m(\tau) d\tau) \quad (3)$$

$$s(t) = A \cos(2\pi f_c t + \left[\sum_{i=1}^{27} \frac{A_i}{f_i} \sin(2\pi f_i t + \phi_i) + \frac{A_{t_c}}{f_{t_c}} \sin(2\pi f_{t_c} t + \phi_{t_c}) \right]) \quad (4)$$

$$m_i = \frac{A_i}{f_i} \quad (5)$$

A 는 변조된 신호의 진폭이고, f_c 는 반송주파수이다. m_i 는 변조 지수를 의미한다.

레일에서 차상안테나까지 열차제어정보신호가 전송되는 경우에 잡음이 포함되므로 잡음까지 고려해야 한다. 식(3)에서 잡음이 포함된 수신신호는 식(6)과 같다.

$$r(t) = A \cos \left(2\pi f_c t + \left[\sum_{i=1}^{27} \frac{A_i}{f_i} \sin(2\pi f_i t + \phi_i) + \frac{A_{t_c}}{f_{t_c}} \sin(2\pi f_{t_c} t + \phi_{t_c}) \right] \right) + n(t) \quad (6)$$

수신신호를 차상에서 복조하기 위해 미분기 및 포락선 검파기를 이용한다. 미분기는 FM신호를 AM(Amplitude Modulation)으로 변환한다. 식(7)과 같이 주파수 변화를 진폭 변화로 변환하여 복조한다.

$$\frac{dr(t)}{dt} = -2\pi A [f_c + m(t)] \sin \left(2\pi f_c t + \left[\sum_{i=1}^{27} \frac{A_i}{f_i} \sin(2\pi f_i t) + \frac{A_{t_c}}{f_{t_c}} \sin(2\pi f_{t_c} t) \right] \right) + \frac{dn(t)}{dt} \quad (7)$$

식(7)의 미분한 파형에서 포락선 검파기를 통해 포락선만 추출한다. 포락선 검파기는 반송파 주파수가 정보신호 주파수보다 높아야 사용가능하며, 구현이 편리한 복조기이다. 포

락선 검파기는 Fig.4와 같이 다이오드와 저항 및 커패시터 필터로 구성된다.[6]

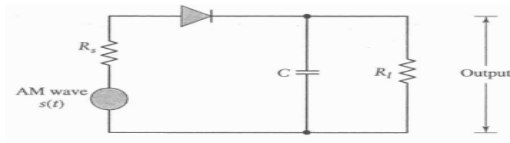


그림 4 포락선 검파기
Fig. 4 Envelope detector

입력신호의 양의 반주기에서 다이오드는 순방향 바이어스 되고 커패시터 C는 입력 신호의 첨두값까지 충전된다. 입력 신호가 이 값 이하로 떨어질 때, 다이오드는 역방향 바이어스 되면서 커패시터는 부하 저항 R_L을 통해 방전된다. 이 방전 과정은 다음의 반주까지 계속된다. 입력신호가 커패시터 양단의 전압보다 클 때, 다이오드는 다시 도통되고, 이 과정은 반복된다. 이 과정으로부터 포락선 검파기를 통과하기 전과 후의 파형을 비교하면 Fig.5와 같다.[6]

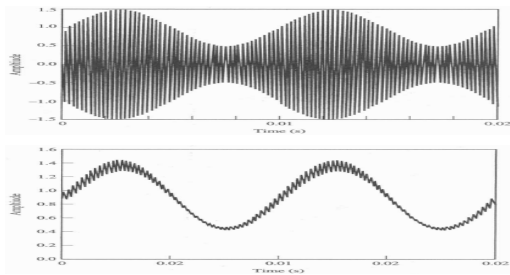


그림 5 포락선 검파기를 통과하기 전 · 후의 파형
Fig. 5 Wave before and after passing envelope detector

Fig.5를 참고하여 식(7)의 미분한 파형은 포락선 검파기를 통과하여 식(8)과 같이 진폭부분만 존재하게 된다.

$$d(t) = 2\pi A[f_c + m(t)] + n'(t), \quad f_c \gg f_i \quad (8)$$

식(8)의 포락선 검파기 신호 후에 Low-Pass필터를 통해 반송주파수 성분을 제거함으로써 식(9)와 같이 열차제어정보신호 및 잡음이 존재한다.

$$s_d(t) = 2\pi Am(t) + n'(t) \quad (9)$$

식(9)에서 진폭성분으로 나뉘서 열차제어정보신호를 복조한다. 이러한 일련의 처리는 수신 신호를 이산적으로 샘플링하여 그 값을 읽어 들인 후 소프트웨어를 사용하여 디지털 신호처리를 한다.

필터 및 복조기를 거쳐 나온 신호는 정보신호에 잡음이 섞여 있는 신호로서 이 신호로부터 최종 열차 운행 정보를 추출

하기 위해서 신호의 스펙트럼을 해석한다.

수신된 열차제어정보의 에너지 밀도를 계산하기 위해 Parseval 이론을 이용하였다.[7] Parseval 이론은 시간 함수에서의 열차제어정보와 주파수 함수에서의 열차제어정보는 유사성이 없으나, 시간 함수에서의 열차제어정보와 주파수 함수에서의 열차제어정보의 총 에너지는 동일하다는 것이다. Parseval 이론을 이용하여 수신된 열차제어정보의 에너지 밀도를 계산하면 식(10)과 같다.

$$E = \int_0^{t_r} |r(t)|^2 dt = \int_0^{\alpha\pi} |R(w)|^2 dw \quad (10)$$

$$R(w) = \int_{-\infty}^{\infty} r(t) e^{-jw t} dt \quad (11)$$

t_r은 검출시간을 의미하고, α는 검출된 시간에서의 주파수 범위이다. 식(10)에서 검출된 시간이 길어질수록 수신신호의 에너지 밀도는 증가한다. 식(11)의 푸리에 변환에 의해 복조된 신호의 스펙트럼을 실시간으로 분석하는데 있어서는 신호의 일부만을 사용하여야 한다. 무한으로 계속되는 신호의 일부를 시간에 따라 움직이는 창을 통해 관측하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 푸리에 변환을 계산한다는 것은 무한으로 계속되는 신호에 유한의 폭을 가진 함수를 곱한 것의 푸리에 변환에 상당한다. 즉 이 유한한 창 크기를 1주기로 하고, 그것이 무한으로 계속되는 주기함수의 푸리에 변환을 하고 있는 것에 해당한다.[8]

4. 시뮬레이션

AF케도회로의 열차제어정보는 UM71c에서 사용하고 있는 27비트를 기준으로 하였고, 변조방식의 FM방식을 이용하였다. 반송주파수는 2040[Hz]를 기준으로 하였고, 반송파의 진폭은 1로 하였다. 열차제어정보의 주파수, 변조지수 및 위상각은 UM71c의 기준은 Table 1과 같다.[5]

표 1 열차제어정보신호의 파라미터

Table 1 Parameters of information signal for train control

Number	주파수 (f _i)	변조지수 (A _i)	위상(φ _i)
0	0.88	1.46	1.28
1	1.52	1.46	1.94
2	2.16	1.46	4.07
3	2.80	1.46	4.22
4	3.44	1.46	3.24
5	4.08	1.46	3.04
6	4.72	1.46	1.47
7	5.36	1.46	1.15
8	6.00	1.46	1.13
9	6.64	1.66	0.97
10	7.28	1.85	4.29
11	7.92	1.95	3.09
12	8.56	2.15	2.82
13	9.20	2.34	3.26
14	9.84	2.44	3.93
15	10.48	2.63	1.64

16	11.12	2.73	0.91
17	11.76	2.93	1.79
18	12.40	3.12	1.47
19	13.04	3.22	4.83
20	13.68	3.42	2.13
21	14.32	3.61	4.00
22	14.96	3.71	2.25
23	15.60	3.91	5.30
24	16.24	4.10	5.25
25	16.88	4.20	3.06
26	17.52	4.39	4.69
27	25.68(f_{t_c})	13.96(A_{t_c})	3.80(ϕ_{t_c})

Table 1에서 열차제어정보의 가장 낮은 주파수는 0.88[Hz]이다. 0.88[Hz]의 한 주기 시간은 약 1.3초이다. 그러므로 이 주파수에 정보신호를 포함하기 위해서는 기본적인 송신시간은 1.3초이다.

4.1 열차제어정보신호

송신하는 0~1.3초까지의 열차제어정보의 비트가 모두 1인 경우에 송신신호를 나타내면 Fig.6과 같다.

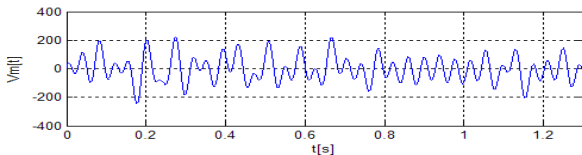


그림 6 열차제어정보신호
Fig. 6 Information signal for train control

Fig.6의 열차제어정보신호는 반송주파수에 의한 반송파에 의해 송신되는데 반송주파수가 2040[Hz]인 경우의 반송파를 나타내면 Fig.7과 같다.

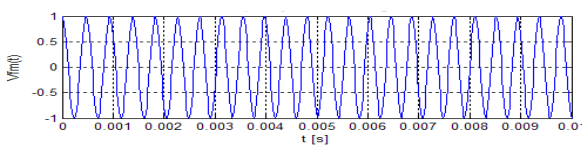


그림 7 송신신호
Fig. 7 Transmission signal

차상안테나는 Fig.7의 반송파에 잡음이 포함된 신호를 수신한다. 본 논문에서는 AWGN(Additive White Gaussian Noise) 환경에서의 신호 대 잡음비에 대한 수신된 신호를 분석하였다. 신호 대 잡음비는 환경적인 요인에 따라 달라진다. 본 논문에서는 궤도의 종류에 따라 15[dB]와 20[dB]로 분류하여 해석하였다. 15[dB]의 경우에는 콘크리트 슬래브궤도에서 철근을 절연시키기 전의 실제 측정결과이고, 20[dB]는 자갈도상궤도에서의 실제 측정결과이다.[9][10] 콘크리트 슬래브궤도에서 철근을 절연시키기 전에는 철근에 전류가 유도되어 레일의 전류가 감소하여 신호 대 잡음비가 감소한다. Fig.8 및 Fig.9는 신호 대 잡음비가 15[dB]인 경우의 수신신호 및 복조된 열차제어정보신호이다.

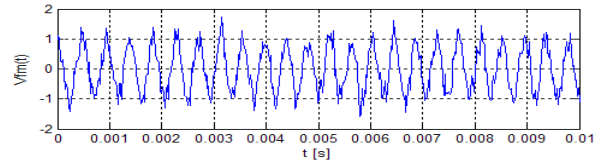


그림 8 수신신호(SNR=15[dB])
Fig. 8 Received signal(SNR=15[dB])

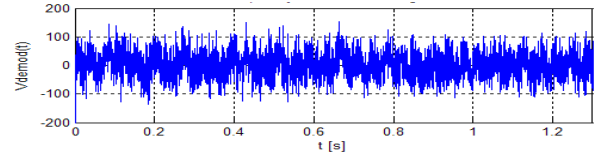


그림 9 복조된 신호(SNR=15[dB])
Fig. 9 Demodulated signal(SNR=15[dB])

Fig.8 및 Fig.9에서 보듯이, 수신신호 및 복조된 신호에 잡음이 포함되어 있어서 진폭이 변화했다. Fig.10 및 Fig.11은 신호 대 잡음비가 20[dB]인 경우의 수신신호 및 복조된 열차제어정보신호이다.

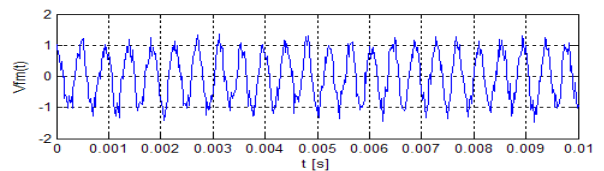


그림 10 수신신호(SNR=20[dB])
Fig. 10 Received signal(SNR=20[dB])

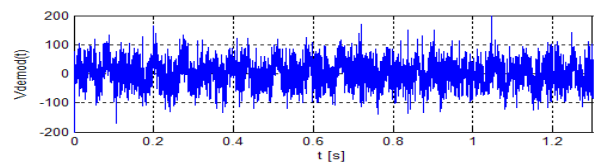


그림 11 복조된 신호(SNR=20[dB])
Fig. 11 Demodulated signal(SNR=20[dB])

Fig.10 및 Fig.11에서 보듯이 신호 대 잡음비가 증가함에 따라 잡음이 작아지고 송신신호의 파형의 진폭과 거의 동일하다.

4.2 에너지밀도에 대한 정보신호 검출시간

복조된 열차제어정보신호를 이용하여 3장에서 제시한 Parseval 이론을 적용하여 에너지 밀도를 계산하고, 정보신호 검출시간을 제시하였다. 에너지 밀도는 수신된 시간에 비례한다. 수신된 시간이 길어질수록 각 주파수에서의 에너지 값이 증가되므로 에너지 밀도 값이 증가한다. UM71c시스템에서 열차제어정보의 가장 낮은 주파수인 0.88[Hz]를 만족하기 위해 송신신호의 한 주기는 약 1.3초이며, 이 경우에 에너지 밀도를 주파수에 따라 궤도회로 정보를 가지는 28번째 주파수를 제외하고 계산하면 Fig.12와 같다. 궤도회로 정보를 가지는 28번째 주파수는 다른 27개의 주파수와 달리 차상 안테나에서 항상 수신하므로 제외하였다.

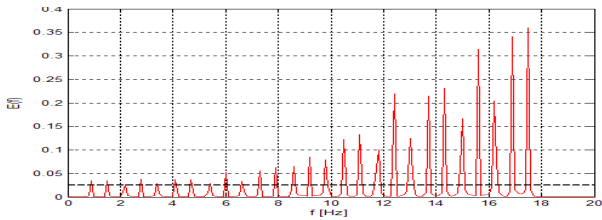


그림 12 송신신호의 에너지 밀도
 Fig. 12 Energy density of transmission signal

Fig.12의 결과, UM71c시스템의 최소 에너지 밀도를 분석하면 약 $0.03[\text{J}/\text{m}^3]$ 이다. 점선은 기준 에너지 밀도인 $0.03[\text{J}/\text{m}^3]$ 을 나타낸다. 이 값이 기준 에너지 밀도 값이 되므로 차상시스템에서도 기준 에너지 밀도 값을 만족해야한다. 레일에서 차상안테나까지 잡음이 포함되기 때문에 1.3초의 경우, 각 주파수에서 에너지 밀도 값은 감소한다. 이는 에너지 보존 법칙에 의해 잡음 주파수에서도 에너지 밀도가 존재하기 때문에 열차제어 정보의 주파수에서 에너지 밀도는 감소하므로 기준 에너지 밀도 이상이 되는 정보신호 검출시간이 필요하다.

에너지 밀도에 대한 기준 정보신호 검출시간을 결정하기 위해 신호 대 잡음비 15[dB]와 20[dB] 1.3초부터 0.1초 간격으로 최소 에너지 밀도 값을 분석하면 Table 2와 같다.

표 2 검출시간에 대한 최소 에너지 밀도

Table 2 Minimum energy density according to detection time

검출시간[sec]	신호 대 잡음비[dB]	최소 에너지 밀도 $[\text{J}/\text{m}^3]$
1.3	15	0.0132
	20	0.0163
1.4	15	0.0149
	20	0.0175
1.5	15	0.0162
	20	0.0181
1.6	15	0.0183
	20	0.0197
1.7	15	0.0191
	20	0.0211
1.8	15	0.0201
	20	0.0228
1.9	15	0.0214
	20	0.0243
2.0	15	0.0239
	20	0.0262
2.1	15	0.0254
	20	0.0281
2.2	15	0.0279
	20	0.0312
2.3	15	0.293
	20	0.0329
2.4	15	0.0309
	20	0.0342

Table 2의 결과, 신호 대 잡음비가 5[dB]의 차이가 발생한 경우에 에너지밀도에 약 $0.003[\text{J}/\text{m}^3]$ 차이가 발생하였으며, 검출시간이 0.1초가 증가될수록 에너지밀도는 평균적으로 약 $0.0015[\text{J}/\text{m}^3]$ 증가하였다. 신호 대 잡음비가 20[dB]인 경우에

UM71c의 기준 에너지 밀도를 만족하는 수신시간은 2.2초이며, 15[dB]인 경우에는 약 2.4초이다. Table 2의 결과를 입증하기 위해 신호 대 잡음비가 15[dB]일 때 1.3초인 경우와 2.4초인 경우의 에너지 밀도를 분석한 결과, Fig.13 및 Fig.14와 같다.

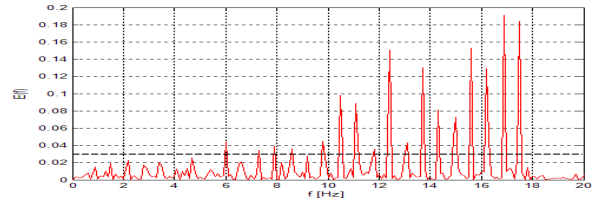


그림 13 수신신호의 에너지 밀도(SNR=15[dB], $t_r=1.3[\text{sec}]$)
 Fig. 13 Energy density of transmission signal(SNR=15[dB], $t_r=1.3[\text{sec}]$)

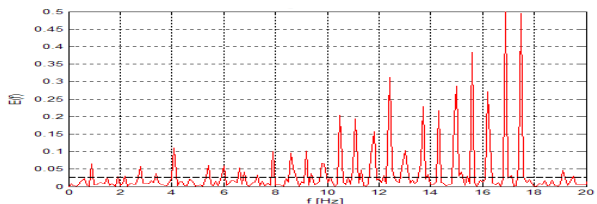


그림 14 수신신호의 에너지 밀도(SNR=15[dB], $t_r=2.4[\text{sec}]$)
 Fig. 14 Energy density of transmission signal(SNR=15[dB], $t_r=2.4[\text{sec}]$)

Fig.13 및 Fig.14에서 보듯이, 검출시간이 길어짐에 따라 수신신호의 에너지 밀도가 증가하였고, 검출시간이 2.4초인 경우에 기준 에너지 밀도 $0.03[\text{J}/\text{m}^3]$ 을 만족하였다. 신호 대 잡음비가 20[dB]일 때 1.3초인 경우와 2.2초인 경우의 에너지 밀도를 분석한 결과, Fig.15 및 Fig.16과 같다.

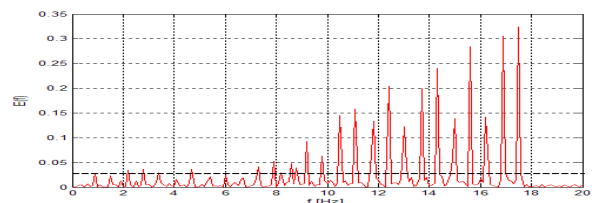


그림 15 수신신호의 에너지 밀도(SNR=20[dB], $t_r=1.3[\text{sec}]$)
 Fig. 15 Energy density of transmission signal(SNR=20[dB], $t_r=1.3[\text{sec}]$)

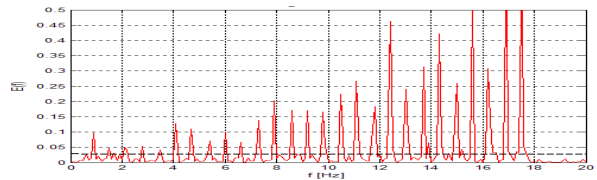


그림 16 수신신호의 에너지 밀도(SNR=20[dB], $t_r=2.2[\text{sec}]$)
 Fig. 16 Energy density of transmission signal(SNR=20[dB], $t_r=2.2[\text{sec}]$)

Fig.15 및 Fig.16에서 보듯이, 검출시간이 2.2초인 경우에 기준 에너지 밀도 $0.03[\text{J}/\text{m}^3]$ 을 만족하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 AF케도회로에서 수신 에너지밀도와 검출 시간과의 관계를 분석하기 위해 신호 대 잡음비에 대한 복조된 신호를 분석하였다. 복조된 신호를 주파수에 대한 Parseval 이론을 통해 에너지 밀도를 분석하였다. 열차제어 정보의 주파수에 대한 각각의 에너지 밀도를 분석함으로써 열차제어정보 주파수 중 최소 에너지 밀도를 분석하여 기준 에너지 레벨 이상이 되는 기준 검출시간을 제시하였다.

신호 대 잡음비가 증가할수록 잡음에서 소비되는 에너지가 감소하였다. 에너지 보존 법칙에 의해 열차제어정보의 주파수에서 에너지 밀도 값이 증가하였다. 케도의 종류에 따라 철근을 절연시키기 전의 콘크리트 슬래브케도와 자갈도상케도에서 신호 대 잡음비가 5[dB]의 차이가 발생하였고, 에너지밀도는 약 0.003[J/m³] 차이가 발생하였다. 검출시간 0.1초가 증가될수록 에너지밀도는 평균적으로 약 0.0015[J/m³] 증가하였다. 신호 대 잡음비가 20[dB]인 경우에 기준 에너지 밀도를 만족하는 수신시간은 2.2초로 해석되었으며, 15[dB]인 경우에는 약 2.4초로 해석되었다. 이 결과로부터 케도종류에 대한 AF케도회로 부설시에 통신기들의 잡음을 고려한 정보신호의 기준 검출시간을 해석하여 정보 수신 횟수를 결정한다. 정보 수신 횟수는 열차의 속도 및 폐색구간의 길이에 따라 결정된다.

본 연구는 고속철도에서 사용하고 있는 UM71c 케도회로 시스템을 기준으로 하였지만 향후 국내에 적용할 AF케도회로 시스템에 적용할 수 있으며, AF케도회로 개발 시 차상에서 기준 검출시간을 선정할 시 활용될 수 있다. 또한 기준 검출시간으로부터 열차제어정보를 수신하기 위한 최소 케도회로길이를 산정할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Minseok Kim, Jongwoo Lee, "The Influence of Frequency on Wayside Transmitter of ATP System upon Reinforcing Bars in Concrete Slab Track", Journal of the Korean Society for Railway, Vol.11, No.6, pp.536-542, 2008.

[2] Minseok Kim, Jongwoo Lee, "A Study on the Distance Between Track Circuits Using Identical Frequency in Railway Track Circuit System", Journal of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol.58 No.11, pp.2168-2174, 2009.

[3] Sadiku, "Elements of Electromagnetics", Second Edition, Oxford University Press, pp.354-359, 1995.

[4] CSEE Transport, "UM71 Handbook", pp.95-101, 2002.

[5] CSEE Transport, "Functional Description ATC", K631-31-E1141-AY+T-002, 2000.

[6] Simon Haykin, "Introduction to Analog & Digital Communications", WILEY, 2nd Edition, pp.136-137, 2007.

[7] Rodger E. Ziemer, "Principles of communications", WILEY, 5th Edition, pp.45-46, 2002.

[8] Kwansoo Lim, "The Extraction of Train information using FFT", in proceedings of the Korean Society for Railway, The Korean Society for Railway, pp.419-426, 1998.

[9] CSEE Transport, "Ballast Track Characterization", pp.263-270, 2000.

[10] Techvile, "Analysis of on-board signalling in ATC", pp.22-26, 2009.

저 자 소 개



김민석 (金旼奭)

1983년 4월 3일생. 2006년 서울기술대학교 전자정보공학과 졸업. 2008년 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도전기신호공학과 졸업. 2008년~현재 철도전문대학원 철도전기신호공학과 박사과정
 Tel : 02-970-6874
 Fax : 02-978-6874
 E-mail : kms0403@seoultech.ac.kr



황인광 (黃仁光)

1965년 6월 17일생. 1992년 고려대학교 전기공학과 졸업. 2009년~2011년 서울과학기술대학교 철도전기신호공학과 졸업 (석사). 2000년~현재 (주)테크빌 이사
 Tel : 031-420-4617
 Fax : 031-420-4363
 E-mail : inkhwang@naver.com



이종우 (李鍾宇)

1959년 3월 20일생. 1983년 한양대학교 기계설계과 졸업. 1986년 Ecole Centrale de Nantes 졸업, 1993년 Paris VI 졸업 (공학박). 2005년~현재 서울과학기술대학교 철도전기신호공학과 교수
 Tel : 02-970-6874
 Fax : 02-978-6874
 E-mail : saganlee@seoultech.ac.kr