
텔레매틱스 통신 환경에서의 CCK Rake 모뎀설계 및 성능분석

강범주*

Design and Performance Evaluation of CCK Rake Modem in Telematics Communication Environments

Bub-Joo Kang*

요 약

본 논문에서는 IEEE802.11b와 IEEE802.11g에서 제안한 CCK 변조방식의 변조기와 복조기를 구성하고, 차량간 통신환경과 같이 지연확산이 큰 경우에 대한 CCK Rake 수신기 구조를 제안하고 있다. 다경로 Rayleigh 페이딩 채널에서 각 경로의 채널추정은 패킷 프리앰블을 이용하여 추정하였고 코히런트 방식의 CCK Rake 수신기에서 다경로 신호들의 결합은 심벌레벨 결합 형태로 구성하였다. 본 논문의 성능분석 결과는 텔레매틱스 통신의 차량간 통신환경에서 CCK 모뎀의 성능을 평가하기 위하여 차량속도가 300km/h인 다경로 페이딩 채널에서 CCK 모뎀의 성능결과를 제시하고 있다.

ABSTRACT

In this paper, we design the complementary code keying (CCK) modulation/demodulation structure that is proposed in the IEEE 820.11b and IEEE 802.11g. And, this paper proposes the CCK Rake receiver to be fitted for the large delay spread case like the inter-vehicle communications. The channel estimation of each path in the multipath Rayleigh fading channel is done using the packet preamble and, the combining of the multipath signals in the coherent CCK Rake receiver is achieved as the symbol level combining type. In this paper, in order to validate the utilization of CCK modem for the inter-vehicle communications of the telematics communications, we suggest the CCK modem performance that is made for the multipath Rayleigh fading channel with the mobile speed of 300km/h.

키워드

Complementary code keying(CCK), modem, rake receiver, telematics communications

I. 서 론

일반적으로 무선채널 환경에서 다경로 페이딩을 극복하기 위하여 DS-CDMA 방식이 많이 사용되어 왔다. 그런데, IMT-2000이후에 고속 데이터 서비스의 요구가 급증하고 이동통신뿐만 아니라 무선랜 분야의 표준에서도

11Mbps이상의 데이터 전송속도를 만족하는 표준안들이 제시됨에 따라 기존의 DS-CDMA(direct sequence code division multiple access) 방식을 11Mbps이상의 데이터 전송속도를 요구하는 물리계층에의 적용이 곤란하여, 무선랜의 경우 IEEE 802.11a 및 IEEE 802.11g에서 11Mbps 이상의 데이터 전송속도인 경우에는 OFDM(orthogonal

frequency division multiplexing) 혹은 CCK(complementary code keying) 변조방식을 채택하고 있다[1]-[3].

IEEE 802.11b와 IEEE 802.11g에서 표준으로 제시하고 있는 CCK 코드는 1951년 Golay에 의해 제안된 보수코드(orthogonal code)의 한 형태로서 다상 보수코드(multiphase complementary code)의 한 종류이다[4]-[5]. CCK 코드는 Walsh 코드와 유사한 특성을 가지나 Walsh 코드의 경우 코드시퀀스 간에 동기가 맞지 않은 경우에 상호상관에서 직교성이 상실되지만, CCK코드의 경우에는 자기상관 및 상호상관에서 직교성이 유지되는 특성을 가지고 있다.

무선랜의 주된 사용환경은 사무실, 가정과 같은 실내 채널환경 등의 수백미터 이내의 서비스 범위를 운영하는 형태의 수신기 설계가 이루어져 왔다. IEEE 802.11b에서 옥내인 무선랜 환경에서의 DBPSK, DQPSK, CCK 변조에 대한 수신기 구조에서 Rake 수신기 구조를 제안하고 있는데, 다중 경로 수에 따른 다수 개의 상관기를 갖는 형태는 수신기 구조가 복잡하게 되어, 100ns 이내의 제한된 지연확산(delay spread)만을 만족하는 constrained Rake 수신구조가 제시되었고, 지연 확산이 300ns 정도에서는 ISI/ICI 등화기를 포함한 Rake 수신구조 등이 제시되었다 [4]-[6]. 그렇지만 IEEE 802.11b를 이용하여 무선랜 뿐만 아니라 옥외의 셀룰러 환경에서의 적용을 시도하는 연구가 진행되고 있고, OFDM 변복조 방식을 DSRC 혹은 텔레매틱스 통신에의 적용을 고려할 뿐만 아니라 IEEE 802.11g의 물리계층 규격을 텔레매틱스 통신에의 응용을 시도하고 있다[7]-[8]. 참고논문[7]에서는 3μs 정도의 지연확산을 갖는 셀룰러 환경에서의 동일한 채널정합필터(channel matched filter) 형태의 DBPSK Rake 수신기의 성능을 평가하고 있는데, constrained Rake 수신 성능과 완전한 다경로 페이딩 정보를 이용한 full Rake 수신 성능 등을 평가하고 있다.

본 논문에서는 IEEE 802.11g에서의 CCK 모델을 옥외의 도심지 환경, 텔레매틱스 통신환경, 그리고 차량간 통신환경에서 적용하고자 함에 있어, 선행적으로 연구된 채널정합필터(channel matched filter)를 이용하는 Rake 수신구조[4]-[5] 보다는 지연확산이 300ns 이상이고 채널 임펄스 응답이 고정적이지 않은(non-stationary) 다경로 페이딩 채널에서 적합한 심벌레벨 결합(symbol-level combining) 형태의 CCK 변조 방식의 Rake 수신구조를 제안하고 있다. 일반적으로 DS-SS 시스템에서 지연확산이 작고

다경로 페이딩 특성이 거의 고정적인(stationary) 채널환경에서는 채널정합필터(channel matched filter)를 이용한 칩레벨 결합(chip-level combining) 형태의 Rake 수신구조가 복잡도 측면에서 우월하나, 차량 이동통신과 같이 지연확산이 크고 고정적이지 않은 다경로 프로파일을 갖는 채널의 경우에는 각각의 경로신호마다 PN 코드 상관기를 구성하여 심벌레벨에서 MRC(maximal ratio combining) 결합을 수행하는 Rake 수신구조를 사용하고 있다.

본 논문에서는 1998년 Harris 반도체와 Lucent에서 제안한 CCK를 기반으로 하여 2.4GHz ISM 대역에서 최대 11Mbps까지 데이터 전송속도를 도달하는 DSSS 방식의 IEEE 802.11b 및 IEEE 802.11g 표준안에 근거하여 CCK 변조기를 구성하였다. 그리고 IEEE 802.11g에서 제시된 CCK 모델의 차량간 통신환경에서 패킷전송 서비스에의 적용가능 여부를 확인하기 위하여 지연확산이 100ns 이상인 다경로 페이딩 환경에 적합한 심벌레벨 MRC 결합 형태의 CCK Rake 수신기를 제안하여 차량속도가 300km/h인 다중경로 Rayleigh 페이딩 채널 하에서 패킷오류 관점에서 CCK모델의 성능을 보여주고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 CCK 모델의 변복조 신호해석에 대하여 기술하였고, III장에서는 II장에서 구성한 심벌레벨 결합 형태의 CCK Rake 모델을 다경로 Rayleigh 페이딩 채널에서 수행한 시뮬레이션 결과를 분석하였으며, 마지막으로 제IV장에서 결론을 제시하였다.

II. CCK(complementary code keying) 모델의 변복조 신호 해석

본 절에서는 5.5Mbps 및 11Mbps CCK 변복조 방식에 해석한다. 5.5Mbps 및 11Mbps CCK의 변조기와 복조기 설계에서 다른 점은 없고 단지 5.5Mbps CCK 코드의 경우에는 코드워드의 갯수가 4개이고 11Mbps인 경우에는 256개인 경우가 다른 점이다. 그리하여 5.5Mbps 및 11Mbps의 CCK 변조기와 복조기가 구조적인 측면에서 큰 차이가 없으므로 본 논문에서는 11Mbps CCK 변조방식의 변조기 및 코히런트 방식의 복조기 구조를 설계하는 것을 서술하고자 한다.

1. CCK 변조기 구조 설계

그림1은 11Mbps CCK 변조기의 구조를 보여주고 있다. 11Mbps CCK 변조기는 데이터 시퀀스에서 8비트씩 다중화하여 이 중에서 하위 6비트($d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7$)를 이용하여 2비트씩 묶어서 표1에서 제시된 것과 같이 4종류의 위상들을 선택하여 식(1)에 대입하여 복소 코드워드들을 생성한다.

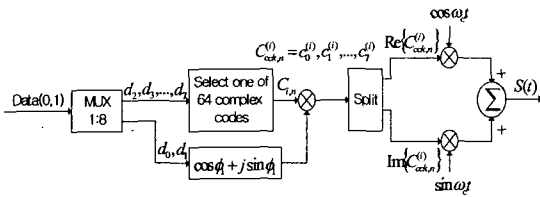


그림1. 11Mbps CCK 변조기 구조.
Fig. 1. 11Mbps CCK modulator structure.

표1. QPSK 인코딩
Table 1. QPSK encoding

d_i, d_{i+1}	Phase
00	0
01	$\pi/2$
10	π
11	$-\pi/2$

변조기에서 64개의 복소 코드워드들을 생성하기 위한 복소 코드 시퀀스, $C_{i,n}$ 은

$$C_{i,n}^{(i)} = e^{j\phi} \left\{ \begin{matrix} e^{j(\phi_2 + \phi_3)}, e^{j(\phi_2 + \phi_4)}, e^{j(\phi_3 + \phi_4)} \\ -e^{j\phi_2}, e^{j(\phi_2 + \phi_4)}, e^{j\phi_3}, -e^{j\phi_4} \end{matrix} \right\} \text{ for } i=0,1,\dots,63, n=0,1,\dots,7 \quad (1)$$

으로 주어진다. 여기에서 위상 $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4$ 는 표1에 의해 주어진다.

하위 6비트($d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7$)에 의해 64개의 복소 코드워드들 중에 하나의 복소 코드시퀀스(코드워드)를 선택한 이후의 변조기의 동작은 선택된 복소 코드워드에 상위 2비트를 이용하여 표1에 의해 위상 ϕ 으로 변환되어 선택된 복소 코드워드에 $(\cos \phi + j \sin \phi)$ 이 곱해진다.

그리고, $(\cos \phi + j \sin \phi)$ 이 곱해진 복소 코드들이 I채널과 Q채널로 분리되는데, I채널에서는 복소 코드시퀀스들 중에 실수부의 코드 시퀀스 성분, $\text{Re}\{C_{i,n}^{(i)}\}$,만을 취한 다음 I채널 반송파신호, $\cos \omega_c t$,와 곱해진다. 마찬가지로 Q채널에서는 복소 코드시퀀스들 중에 허수부의 코드 시퀀스 성분, $\text{Im}\{C_{i,n}^{(i)}\}$,만을 취한 다음 Q채널 반송파 신호, $\sin \omega_c t$,와 곱해진다. 이와 같이 CCK 변조된 칩 레이트(chip rate)는 11Mcps이다.

위와 같은 과정에 의해 생성된 11Mbps CCK의 변조 신호, $S(t)$,는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$S(t) = \sqrt{E_c} \sum_n \text{Re}\{C_{i,n}^{(i)}\} h(t - nT_c) \cos \omega_c t, \text{ or } \sqrt{E_c} \sum_n \text{Im}\{C_{i,n}^{(i)}\} h(t - nT_c) \sin \omega_c t \quad (2)$$

여기에서, E_c 는 코드칩 에너지이고, $C_{i,n}^{(i)}$ 은 i-번째 인덱스의 n-번째의 복소 코드칩이며, $h(t)$ 는 FIR필터의 임펄스 응답이다.

2. 11Mbps CCK 복조기 구조 설계

2-1. 수신 신호의 특성 분석

무선랜의 통신 채널환경은 사무실, 가정과 같이 옥내 환경으로써 단말기의 이동속도가 아주 작고 다경로 프로파일(multipath profile)이 고정적인(stationary) 다경로 페이딩 채널특성을 보이는 반면, 본 논문에서 고려하고 있는 텔레매틱스 통신채널 혹은 차량간 통신채널은 차량이 고속으로 이동하고 다경로 프로파일 변화하는(non-stationary) 채널로써 다경로 페이딩으로 인한 평균 지연확산이 상대적으로 큰 경우이다.

이러한 다경로 페이딩 환경하의 이동무선 통신채널에서 수신신호에 대한 채널 임펄스 응답(channel impulse response)의 복소 저역 통과와 등가적인 표현, $c(t)$ 는

$$c(t) = \sum_{p=1}^{N_p} \alpha_p(t) e^{-j\phi_p(t)} \delta(t - \tau_p) \quad (3)$$

에 의해 주어진다. 여기서, $\alpha_p(t)$, $\phi_p(t)$, τ_p 는 수신신호

의 p-번째 경로의 이득, 위상, 시간지연 등을 표현한다. 식 (3)과 같은 다경로 페이딩 채널을 통과한 수신신호 $r(t)$ 는

$$r(t) = \text{Re} \left\{ \left[\tilde{S}(t) * c(t) \right] e^{j\omega_c t} \right\} + n(t) \quad (4)$$

으로 주어진다. 여기서, $\tilde{S}(t)$ 는 $S(t)$ 의 복소 지역 통과 표현이다. $y(t)$ 를 송신신호와 채널 임펄스 응답과의 컨볼루션의 결과로써 정의하면, 식(2)와 식(3)에 의해 $y(t)$ 는

$$y(t) = \sqrt{E_c} \sum_{p=1}^{N_p} \alpha_p \cos(\omega_c t - \theta_p) \sum_n \text{Re} \{ C_{\text{cck},n}^{(i)} \} h(t - nT_c - \tau_p), \text{ or} \\ \sqrt{E_c} \sum_{p=1}^{N_p} \alpha_p \sin(\omega_c t - \theta_p) \sum_n \text{Im} \{ C_{\text{cck},n}^{(i)} \} h(t - nT_c - \tau_p) \quad (5)$$

으로 주어진다. 여기서, $\theta_p = \phi_p + \omega_c \tau_p$ 이다. 식(5)를 이용하여 $r(t)$ 는

$$r(t) = y(t) + n(t) \quad (6)$$

으로 표현할 수 있다. $n(t)$ 는 영 평균이고, 전력 밀도 스펙트럼이 $N_0/2$ 인 부가 백색잡음이다. 잡음 $n(t)$ 는 저역 통과 등가적인 표현에 의해서 다음과 같이 주어진다.

$$n(t) = \text{Re} \left\{ \tilde{n}(t) e^{j\omega_c t} \right\} \quad (7)$$

여기서, $n(t) = n_I(t) + jn_Q(t)$ 이고 $n_I(t)$ 와 $n_Q(t)$ 는 저역 통과 가우시안 랜덤 프로세스(low pass Gaussian random process)이다. 식(7)을 이용하여 식(6)을 다시 표현하면 $r(t)$ 는

$$r(t) = \left[\begin{array}{l} \sqrt{E_c} \sum_{p=1}^{N_p} \alpha_p \cos(\omega_c t - \theta_p) \sum_n \text{Re} \{ C_{\text{cck},n}^{(i)} \} h(t - nT_c - \tau_p), \text{ or} \\ \sqrt{E_c} \sum_{p=1}^{N_p} \alpha_p \sin(\omega_c t - \theta_p) \sum_n \text{Im} \{ C_{\text{cck},n}^{(i)} \} h(t - nT_c - \tau_p) \\ + n_I(t) \cos \omega_c t - n_Q(t) \sin \omega_c t \end{array} \right] \quad (8)$$

으로 표현할 수 있다.

2-2. 심벌레벨 결합 형태의 CCK Rake 수신기 설계

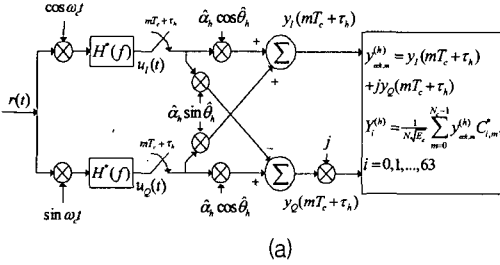
다경로 페이딩 환경에서 DS-CDMA Rake 모델의 설계방법은 크게 2가지 형태로 구분할 수 있다. 이동 무선 환경과 같이 다경로 프로파일이 고정적이지 않고(non-stationary) 평균 지연확산이 큰 채널인 경우에는 심벌레벨 MRC 결합형태로 Rake 수신기를 구성하고, 상대적으로 지연확산이 작고 다경로 프로파일이 거의 고정적인(stationary) 채널에서는 칩레벨 결합(chip-level combining) 형태로 Rake 수신기를 구성한다.

따라서 사무실 및 가정 등과 같은 옥내의 무선랜 환경인 경우에는 지연확산이 대부분 100ns 이내이고 다경로 프로파일이 거의 고정된 채널 상태이므로 각각의 경로마다 상관기를 구성하는 심벌레벨 결합의 형태보다 채널정합필터를 이용한 칩레벨 결합 후에 하나의 상관기를 구성하는 형태가 Rake 수신기의 복잡도 측면에서 우수한 성능을 보여준다[5].

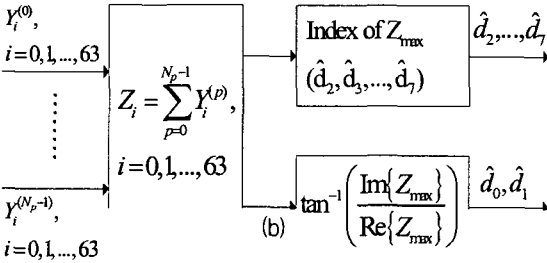
그렇지만 본 논문에서 고려하고 있는 옥외의 도심지 환경, 텔레매틱스 통신환경, 그리고 차량간 통신환경에 CCK 모델을 적용하고자 함에 있어, 채널정합필터 형태의 Rake 수신기[4]-[6]는 제한된 지연확산을 갖는 다경로 페이딩 채널환경에 적합하므로, 단말기의 이동속도가 크고 지연확산이 100ns 이상인 이동 무선 채널에서는 심벌레벨 결합 형태의 CCK Rake 수신구조가 비트오율 성능 측면에서 좋은 결과를 보여주고 있다[7].

본 논문에서는 100ns 이하로 제한된 지연확산에 적합한 채널정합필터를 이용한 CCK Rake 수신기[5]보다는 도플러 주파수가 크고 평균 지연확산이 큰 채널환경에 적합한 CCK Rake 수신기를 제안하고자 한다. 그림2는 코히런트 11Mbps CCK 복조기의 구조이다. 그림1의 CCK 변조기에서 파악할 수 있듯이 8개의 데이터 비트들이 코드워드 길이가 8인 복소 코드시퀀스로 변환되는 형태로 변조되므로, Walsh 코드와 같이 복조하려면 256개의 상관기에 256개의 상관기 출력에서 최대값을 갖는 코드워드를 선택하는 것이 기본적인 복조기의 원리이다. 그런데, 본 논문에서는 각각의 코드워드에 일치하는 256개의 상관기를 구성하는 것이 아니라 복조기 구조의 복잡성을 줄이기 위해 64개의 상관기를 갖는 구조에서 최대값을 갖는 코드워드를 선정함으로써 하위 6비트 ($\hat{d}_2, \hat{d}_3, \hat{d}_4, \hat{d}_5, \hat{d}_6, \hat{d}_7$)를 복조하고 최대값을 갖는 상관기의 출력과 표1의 4개의 위

상과의 Euclidean 거리를 측정하여 최소값을 갖는 위상에 의해 하위 2비트(\hat{d}_0, \hat{d}_1)를 복조하는 수신기를 설계하고 있다.



(a)



(b)

그림2. 11Mbps CCK 복조기 구조. (a) h-번째 경로의 핑거 구조. (b) Rake 결합기 구조.
Fig. 2. 11Mbps CCK demodulator structure. (a) Finger structure of the h-th path. (b) Rake combiner structure.

그림2의 복조기에서 주파수하향 변환한 후에 저역통과(low-pass) 칩 정합여파기(chip matched filter)를 통과한 수신신호, $u_I(t), u_Q(t)$ 는

$$\begin{aligned} u_I(t) &= LPF[r(t) \cos \omega_c t] \\ u_Q(t) &= LPF[r(t) \sin \omega_c t] \end{aligned} \quad (9)$$

으로 주어진다.

여기에서, $\lambda_p = |\tau_p - \tau_h|, p = 0, 1, \dots, N_p - 1$ 이며, 이것은 h-번째 경로와 다른 p-번째 경로와의 코드위상 차이이다. 그림2의 $u_I(t), u_Q(t)$ 에서 h-번째 경로에 대하여 칩 타임, T_c 마다 샘플링된 신호는 $u_I(mT_c + \tau_h), u_Q(mT_c + \tau_h)$ 으로 표현할 수 있는데, 이의 샘플된 수신신호들을 하나의 CCK 칩 구간마다 $\text{Re}\{C_{ck,m}^{(i)}\}$ 칩신호 성분과 $\text{Im}\{C_{ck,m}^{(i)}\}$ 칩신호 성분으로 구분하고, 그림2의 (a)에서와 같이 각각의 핑거

에 대하여 코히런트 복조를 위해 패킷의 프리앰블에 의해 추정된 경로이득과 경로위상의 채널추정 값, $\hat{\alpha}_h \cos \hat{\theta}_h, \hat{\alpha}_h \sin \hat{\theta}_h$ 등을 $u_I(mT_c + \tau_h), u_Q(mT_c + \tau_h)$ 와 곱한 후에 수신 복소 코드칩 신호를 복원해야 한다.

위와 같은 과정에 의한 h-번째 경로의 복소 칩신호, $y_I(mT_c + \tau_h), y_Q(mT_c + \tau_h)$ 는

$$\begin{aligned} y_I(mT_c + \tau_h) &= u_I(mT_c + \tau_h) \hat{\alpha}_h \cos \hat{\theta}_h + u_Q(mT_c + \tau_h) \hat{\alpha}_h \sin \hat{\theta}_h \\ y_Q(mT_c + \tau_h) &= -u_I(mT_c + \tau_h) \hat{\alpha}_h \sin \hat{\theta}_h + u_Q(mT_c + \tau_h) \hat{\alpha}_h \cos \hat{\theta}_h \end{aligned} \quad (10)$$

으로 주어진다.

식(10)의 $y_I(mT_c + \tau_h), y_Q(mT_c + \tau_h)$ 를 이용하여 h-번째 경로의 복소 칩신호, $y_{ck,m}^{(h)}$ 는

$$y_{ck,m}^{(h)} = y_I(mT_c + \tau_h) + jy_Q(mT_c + \tau_h) \quad (11)$$

으로 표현할 수 있다. 식(11)을 이용하여 기준 복소 코드 시퀀스(reference complex code sequence)들과 수신된 복소 칩 시퀀스와의 상관한 결과 값, $Y_i^{(h)}$,은

$$Y_i^{(h)} = \frac{1}{N_c \sqrt{E_c}} \sum_{m=0}^{N_c-1} y_{ck,m}^{(h)} C_{i,m}^*, i = 0, 1, \dots, 63 \quad (12)$$

으로 주어진다. 여기서, N_c 는 CCK 코드시퀀스 길이인 8이다.

다중경로 Rayleigh 페이딩 채널에서 N_p 개의 경로가 존재할 때, 최대 N_p 개의 Rake 핑거에 의한 심벌 레벨 MRC 결합한 결과는 그림2의 (b)와 같이

$$\begin{aligned} Z_i &= \sum_{p=0}^{N_p-1} Y_i^{(p)} \\ &= \frac{1}{N_c \sqrt{E_c}} \sum_{p=0}^{N_p-1} \sum_{m=0}^{N_c-1} y_{ck,m}^{(p)} C_{i,m}^*, i = 0, 1, \dots, 63 \end{aligned} \quad (13)$$

으로 주어진다. 여기에서, 최종적으로 8비트의 코드워드 복원 방법은 64개의 복조 코드시퀀스(코드워드)들에 해당하는 상관값들 중에 최대값을 갖는 상관값에 일치하는

복소 코드시퀀스(코드워드)의 인덱스가 복원된 하위 6비트 ($\hat{d}_2, \hat{d}_3, \hat{d}_4, \hat{d}_5, \hat{d}_6, \hat{d}_7$)가 되고, 상위 2비트(\hat{d}_0, \hat{d}_1)는 Euclidean 거리, $E_i, i = 0, 1, 2, 3$ 의 계산에서 최소값을 갖는 E_{min} (선택된 위상)의 인덱스로 복원된다.

$$E_i = \sqrt{[\text{Re}\{Z_{max}\} - \cos \phi^{(i)}]^2 + [\text{Im}\{Z_{max}\} - \sin \phi^{(i)}]^2}, \phi^{(i)} = 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2} \quad (14)$$

III. 성능 시뮬레이션 결과 분석

본 논문에서는 IEEE802.11g규격의 CCK 모델을 이용하여 고속의 텔레메틱스 통신채널 링크에 적용하였을 경우의 패킷 에러율(PER: packet error rate)을 분석하고 있다. 현재 IEEE802.11g규격을 이용하여 텔레메틱스 통신에의 적용이 활발히 진행되고 있다[7]. 그래서 본 논문에서는 차량간 통신채널 링크를 고려하는 경우, 차량속도를 최고 150km/h로 설정하여 왕복 차선 도로에서 서로 마주 보면서 주행한다는 가정하여 차량속도는 300km/h로 설정하여 도플러 주파수 편이를 발생하는 시간 선택적 페이딩 채널환경을 구성하였다. 그리고 주파수 선택적 페이딩, 즉 다경로 페이딩 채널인 경우에는 2개에서 4개까지 경로들이 발생된 채널상황으로 설정하였다. 그리고 이러한 다중 경로들은 동일한 경로이득을 갖는 형태로 구성하고 경로 전력들의 합은 항상 "1"이 되며 지연확산 측면에서는 최대 364ns까지 고려하여 다중 경로에 의한 자기상관 및 상호상관에 의해 야기되는 간섭효과에의 성능 시뮬레이션을 수행하였다.

또한 코히런트 복조를 위한 채널추정방법은 PLCP 프리앰블과 헤더를 이용하였고, 연속되는 2개 프레임의 채널추정샘플을 보간(interpolation)하여 최종적으로 Rake 결합을 위한 경로위상 및 경로이득을 추정하였다.

그림3은 차량속도가 300km/h인 Rayleigh fading 채널에서 패킷크기가 64바이트인 5.5Mbps CCK의 다중 경로수에 따른 패킷 에러율의 성능비교를 보여주고 있다. 낮은 Eb/No에서는 주파수 비선택적 페이딩인 경우가 성능이 좋으나 높은 Eb/No에서는 경로 다이버시티 이득에 의해 다경로 Rayleigh 페이딩 채널인 경우 Rake 결합에 의해 패킷 에러율 성능이 좋게 된다. 따라서 5.5Mbps CCK인 경우에 각 경로마다 동일한 경로이득을 갖는 다경로 페이딩 환경

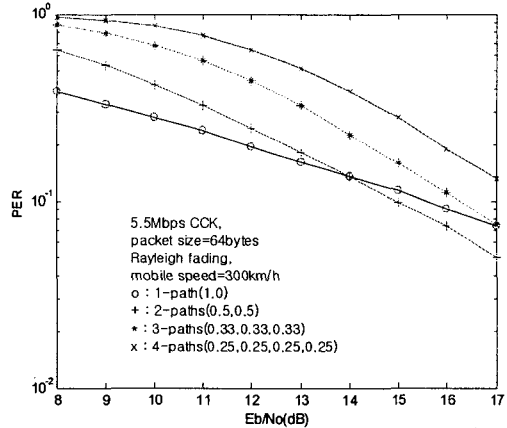


그림3. 차량속도가 300km/h인 Rayleigh fading 채널에서 다중경로수에 따른 5.5Mbps CCK의 PER.
Fig. 3. Packet error rate(PER) of 5.5Mbps CCK according to number of multipaths in Rayleigh fading channel with the mobile speed of 300km/h.

에서 주파수 비선택적 페이딩 환경보다 패킷 에러율이 10-1인 경우 성능이 더 좋게 됨을 알 수 있다. 이의 결과는 IEEE802.11g에서 제시하고 있는 5.5Mbps CCK 코드인 경우는 다경로 페이딩에 의한 자기상관간섭과 상호상관간섭이 등화기를 사용할 정도로 크게 유발되지 않음을 알 수 있다.

그림4는 차량속도가 300km/h이고 Rayleigh fading 채널에서 패킷크기가 64바이트인 11Mbps CCK의 경로수에 따른 패킷 에러율의 성능비교를 보여주고 있다. 그림4에

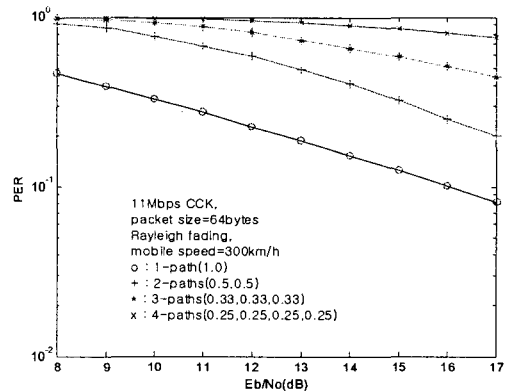


그림4. 차량속도가 300km/h인 Rayleigh fading 채널에서 다중 경로수에 따른 11Mbps CCK의 PER.
Fig. 4. Packet error rate(PER) of 11Mbps CCK according to number of multipaths in Rayleigh fading channel with the mobile speed of 300km/h.

서 경로가 하나인 경우는 주파수 비선택적 Rayleigh 페이딩 채널에서의 E_b/N_0 에 대한 패킷 에러율이고, 경로가 2에서부터 4까지는 동일 경로이득을 갖는 주파수 선택적 Rayleigh 페이딩 채널에서의 E_b/N_0 에 대한 패킷 에러율을 보여주고 있다. 그림4의 결과는 다중 경로수가 증가함에 따라 Rake 결합에 의한 수신 성능이 좋아지는 것이 아니라 열화됨을 확인할 수 있는데, 이것은 11Mbps CCK 코드의 특성이 다경로 페이딩인 경우 자기상관 간섭과 상호상관 간섭을 심각하게 유발시킴을 예측할 수 있다. 따라서 다경로 페이딩 환경하의 11Mbps CCK 복조인 경우에는 자기상관 간섭과 상호상관 간섭을 제거하기 위해 등화기를 사용해야 함을 알 수 있다.

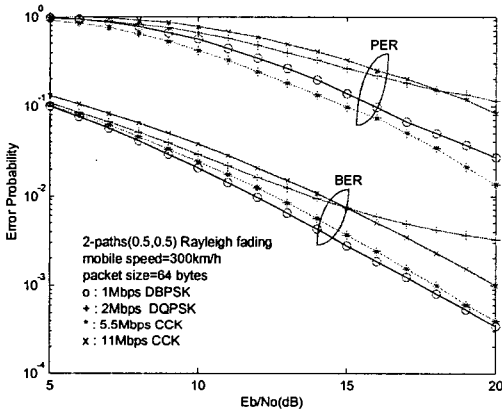


그림5. 주파수 선택적 Rayleigh 페이딩 채널에서 DBPSK, DQPSK, CCK 변조방식에 대한 BER 및 PER 성능비교.

Fig. 5. Performance comparison of bit error rate(BER) and packet error rate(PER) for the DBPSK, DQPSK, and CCK modulation scheme in frequency-selective Rayleigh fading channel.

그림5는 다중 경로수가 2인 주파수 선택적 Rayleigh 페이딩 채널에서 DSSS방식의 DBPSK, DQPSK, CCK 변조 방식에 대한 BER(bit error rate) 및 PER 성능을 비교하고 있다. 비트 에러율과 패킷 에러율 측면에서 DBPSK와 5.5Mbps CCK가 가장 우수한 성능을 보이고 있다. DSSS 방식의 DBPSK, DQPSK, CCK 변조 방식들에 대하여 지연 확산이 182ns 이하인 다경로 Rayleigh 페이딩 채널인 경우에서 동일 신호대역폭대비 throughput 관점에서는 11Mbps CCK가 가장 우수한 성능을 보여주고 있다. 그림5에서 dashed line은 패킷 에러율을 보여주는 결과이고,

dash-dotted line은 비트 에러율을 보여주는 결과이다.

IV. 결론

본 논문에서는 IEEE802.11b와 IEEE802.11g의 표준에서 제안하고 CCK 변조 방식을 이용하여 옥외 및 셀룰러 통신환경 그리고 텔레매틱스 통신환경에서 패킷전송을 위한 코히런트 형태의 CCK Rake 수신기를 설계하고 고속의 차량간 채널환경 하에서 수신성능을 평가하였다. 차량간 통신환경에 적합한 CCK Rake 수신기의 설계는 채널정합필터를 이용한 칩레벨 결합(chip-level combining) 형태의 Rake 수신구조 보다는 다경로 프로파일의 고정적이지 않은(non-stationary) 다경로 프로파일에 적합한 심벌레벨 결합(symbol-level combining) 형태의 Rake 수신구조를 제안하였다. 성능 시뮬레이션 결과로는 차량속도가 300km/h이고 주파수 비선택적 및 주파수 선택적 Rayleigh 페이딩 채널에서 5.5Mbps 및 11Mbps CCK의 수신성능을 분석한 경우, 11Mbps CCK인 경우에는 다경로 페이딩에 의한 자기상관 및 상호상관에 의한 간섭으로 수신성능이 크게 열화됨을 알 수 있었다.

IEEE802.11g의 표준을 텔레매틱스 통신환경에의 적용은 5.5Mbps CCK인 경우 364ns이내의 지연확산을 갖는 다경로 페이딩 환경에서는 가능한 결과를 보여주고 있다. 그렇지만 11Mbps CCK인 경우에는 180ns 이상의 지연확산을 갖는 다경로 페이딩 환경에서 자기상관 및 상호상관에 의한 간섭으로 등화기를 사용하는 경우에만 적용이 가능함을 알 수 있었다.

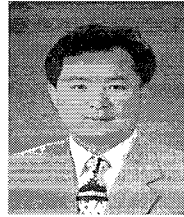
참고문헌

- [1] IEEE Std 802.11g, Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4GHz Band, 2003.
- [2] IEEE Std 802.11b, Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4GHz Band, 1999.
- [3] IEEE Std 802.11a, Wireless LAN Medium Access

- Control(MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: High-Speed Physical Layer in the 5GHz Band, 1999.
- [4] K. Halford, S. Halford, M. Webster, and C. Andren, "Complementary Code Keying for RAKE-based Indoor Wireless Communication," IEEE International Symposium on Circuits and systems, pp. IV-427~IV-430, 1999.
- [5] C. Andren and M. Wegster, "CCK Modulation Delivers 11 Mbps for High Rate IEEE 802.11 Extension," Wireless Symposium/Portable by Design Conference, Spring 1999.
- [6] W. Gerstacker, C. Jonietz, and R. Schober, "Equalization for WLAN IEEE 802.11b," IEEE ICC'2004, vol.6, pp. 3439~3444, June 2004.
- [7] M.V. Clark, K.K Leung, B. McNair and Z. Kostic, "Outdoor IEEE 802.11 Cellular Networks: Radio Link Performance," IEEE ICC'2002, vol.1, pp. 512~516, April 2002.
- [8] T. Maehata, M. Imai, K. Tanka, and H. Takahashi, "DSRC Using OFDM for Roadside-Vehicle Communication System," IEEE VTC'2000, pp. 148~152, 2000.

저자소개

강 범 주 (Bub-Joo Kang)



1983년: 경희대학교 전자공학과(공학사)

1985년: 연세대학교 전자공학과(공학석사)

1996년: 연세대학교 전자공학과(공학박사)

1988년2월~2001년2월: ETRI 책임연구원

2001년3월~현재: 동국대학교 정보통신공학과 조교수

※ 관심분야: 무선인지기술, 이동통신시스템, 무선통신 시스템