

論文2001-38SD-6-4

광링크를 통한 CDMA 신호 전송 시 비선형 특성

(Nonlinear Effects of Transmitted CDMA Signals over an Optical Link)

尹智宣*, 池尹圭*, 丁鍾珉**

(Ji Sun Yoon, Yoon Kyoo Jhee, and Jong Min Cheong)

요약

본 논문에서는 CDMA 신호가 광링크를 통해 전송되었을 때 생기는 비선형 특성을 CDMA signal generator 같은 고가의 장비 없이 변조되지 않은 두 개의 반송파(two-tone)만을 이용하여 분석하고 실험치와 비교한다. CDMA 신호의 frequency assignment (FA)의 수에 따른 adjacent channel power ratio(ACPR) 변화도 분석한다.

Abstract

In this paper, we have measured and analyzed the third-order intermodulation distortion(IMD3) mostly appeared in a laser diode(LD) of an optical link for CDMA signals to characterize the links with an inexpensive way. We analyzed adjacent channel power ratio(ACPR) of CDMA signals as a function of FA, which negatively affects ACPR.

I. 서론

나날이 증가되고 있는 무선 통신 수요에 비하여 주파수 자원은 포화되고 있어서 주파수의 효율적인 이용이 절실해지고 있다. 일정 무선 자원을 좀 더 많은 가입자에게 서비스하기 위해서는 현재 사용하고 있는 셀(cell)의 크기보다 좀 더 작은 셀로 구성된 무선망을 설계함으로써 공간적인 재사용을 해야 한다. 마이크로 셀(microcell) 또는 피코 셀(picocell)로 불리는 소형 무선 셀 구조는 반경 수백 미터에서 수십 미터 정도의 크기

의 셀로 망을 구성함으로써 공간적으로 다른 곳에 위치해 있는 가입자가 동일 주파수 채널(channel or frequency assignment : FA)을 사용하게 한다^[1,2]. 이는 주파수 사용의 효율성을 높일 뿐 아니라 출력 전력을 낮추어 신호를 전송하므로 단말기 배터리 사용 시간을 늘일 수 있다는 장점도 있다^[3].

그러나 셀의 크기 감소에 따른 많은 수의 기지국 설치는 경제적으로 비효율적이므로 이를 해결하는 방안으로 중계기의 사용이 제안되었다. 중계기는 건물 안은 물론이거니와 산간 지역 같은 음영 지역 해소를 위해서도 사용 가능하다. 중계기와 기지국간의 신호 전송은 radio frequency(RF)신호를 광신호에 실어 전송하는 광전송 기술을 이용하는 것이 효과적이다. 그러나 RF 신호를 광신호에 실어 보내는 경우 그 성능은 소자의 비선형 특성에 의해서 영향을 받게 된다. Code division multiple access(CDMA) 신호가 전송될 경우 이 비선형 특성은 신호의 spurious 증가, 신호 왜곡 증가, 신호의 QoS 저하의 요인이 되므로 광링크 구성 시 철저한

* 正會員, 梨花女子大學校 情報通信學科

(Dept. of Information Electronics Engineering, Ewha Womans University)

** 正會員, HFR, Inc.

(HFR, Inc.)

※ 본 논문은 BK21에 의해 부분적으로 지원되었습니다.
接受日字:2001年2月9日, 수정완료일:2001年5月28日

분석이 필요하다.

본 논문은 CDMA 신호 전송을 위한 광링크의 특성을 보다 간편하고 쉽게 분석하는 방법을 제안한다. CDMA 시스템의 성능을 분석하는 파라미터(parameter)들은 여러 가지가 있는데, CDMA 신호가 광링크를 통해 전송되었을 경우 특히 강조되어야 할 부분은 광링크의 비선형 특성을 나타내는 adjacent channel power ratio(ACPR)이다^[1]. ACPR 은 spectral regrowth와 더불어 신호의 양 옆 대역폭(sideband)에 생기는 intermodulation distortion을 측정하는 값으로, 광전송 링크에서는 RF 신호를 광신호로 전환시키는 레이저 다이오드(laser diode : LD)가 ACPR 값에 가장 큰 영향을 미친다.

CDMA 신호 전송을 위한 광링크 성능을 측정하기 위해서는 CDMA signal generator와 같은 고가의 장비를 필요로 하게 된다^[2]. 본 논문에서는 CDMA 신호 전송을 위한 광링크의 시스템 성능을 측정함에 있어 변조되지 않은 반송파 실험(two-tone experiment)으로 얻은 third-order Interceptor Point(IP₃)값만을 이용하여 CDMA 신호가 전송되었을 때 어떠한 성능을 나타내는지 이론적으로 분석하고 실험치와 비교한다. 이를 위하여, 2 장에서는 광링크를 통해 전송된 CDMA 신호의 전력스펙트럼과 ACPR을 이론적으로 분석한다. 3 장에서 실험치를 이론적 결과와 비교, 분석하고 4 장에서 결론을 맺는다.

II. 광링크 비선형 특성의 이론적 분석

무선 통신 시스템에서 시스템 성능에 가장 큰 영향을 주는 요인이 소자에서 발생하는 비선형 특성이다. 광링크를 통한 신호 전송 시 사용하는 LD나 증폭기 같은 소자들이 이러한 비선형 특성을 발생시키는 요인이 된다. IP₃은 이러한 소자의 비선형 특성을 나타내는 값으로 변조되지 않은 반송파 실험을 통하여 구하게 된다. 그림 1 은 두 개의 반송파를 입력시켰을 때 비선형 특성에 의해 나온 출력 스펙트럼이다. P_t로 보여지는 신호는 입력 신호의 증폭된 출력이며 P_{IM3}은 비선형 특성에 의한 3차 성분이다. 두 개의 반송파를 이용한 실험에서 3차 성분은 입력 반송파의 주파수 f₁과 f₂에 의해 2f₁-f₂나 2f₂-f₁주파수에서 발생하게 된다. 비선형 특성을 나타내는 파라미터 (parameter)인

third-order output intercept point(OIP₃)값은 식 (1) 과 같이 정의된다^[8].

$$OIP_3 = P_t + \frac{IM3}{2} \quad (1)$$

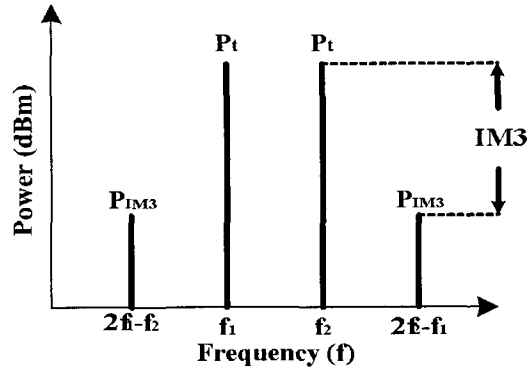


그림 1. 반송파 실험을 통한 IM3 구하기
Fig. 1. IM3 calculation using two-tone experimental result.

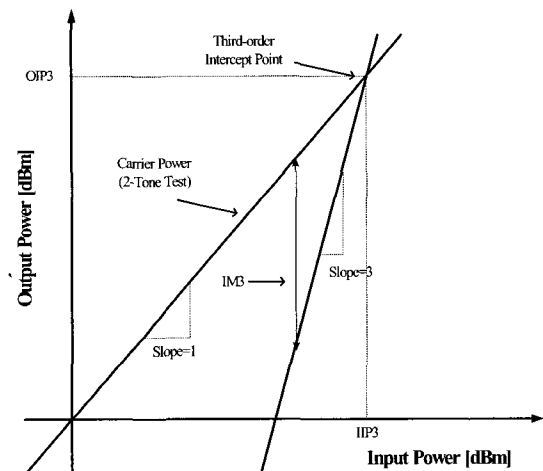


그림 2. IM3와 IP₃ 정의
Fig. 2. Determination of IM3 and IP₃ determination.

그림 2 에서 OIP₃는 1차 성분과 3차 성분이 만난 지점의 y 축 값이 된다. 그리고 third-order input intercept point(IIP₃)는 x 축과 만나는 지점이다. 여기서 P_t는 입력 신호의 출력 전력이고, P_{IM3}은 3차 비선형 성분에 의해 발생된 신호이며, P_t와 P_{IM3}의 차가 IM3이 된다. 비선형 특성에 의해 발생된 3차 성분 신호는 입력 신호가 1 dBm 증가 시 출력 신호는 3 dBm 증가한다. 따라서 일정 범위를 벗어난 전력이 입력되면 출력된 신호는 원 신호와 3차 성분을 구분하지 못하게 되

기도 한다. 이러한 비선형 특성은 신호 전송에 나쁜 영향을 미치므로 CDMA신호가 광링크를 통해 전송될 경우 비선형 특성은 시스템 성능 분석에서 필요한 데이터가 된다. 데이터가 되는 값은 앞서 언급한 전력 스펙트럼(power spectrum)이나 ACPR과 같은 파라미터이다. 그 외 원 신호의 주파수 f_c 을 기준으로 $2f_c$, $3f_c$, $4f_c$ 와 같은 위치에 비선형 특성에 의해 신호가 발생하나 그러한 대역은 전송된 신호와 멀리 떨어져 있어 필터를 통해 쉽게 제거할 수 있으므로 신호 왜곡을 발생시키지 않는다. 이 장에서는 3 차 비선형 특성에 의한 신호의 왜곡을 CDMA 신호의 전력밀도함수와 ACPR로 이론적 분석을 한다.

1. CDMA 신호 modeling

일반적으로 n 개의 스펙트럼확산 (spread spectrum : SS) 신호를 가진 CDMA 시스템의 1 FA 신호 모델은 식 (2)과 같이 표현된다.

$$s(t) = \sum_{i=1}^n m_i(t)c_i(t) \cos(2\pi f_c t + \theta_i(t)), \quad (2)$$

여기서 $m_i(t)$ 는 base-band modulated signal, $c_i(t)$ 는 B 대역폭(bandwidth)을 가진 pseudo-noise (PN) 코드, f_c 는 반송파 주파수, 그리고 $\theta_i(t)$ 는 반송파의 위상 값을 나타낸다. PN코드의 대역폭은 base-band 신호의 대역폭보다 훨씬 넓게 되며, 따라서 SS 신호의 대역폭은 B로 정의된다. IS-95에서 신호 $s(t)$ 는 n 개의 SS 신호의 합이며 n 은 9에서 64 사이의 값이다. 본 논문에서 CDMA 신호의 스펙트럼을 구하기 위해서 SS 신호는 평균이 0인 랜덤 과정(random process)으로 여겨진다. n 이 큰 값이므로 1 FA의 CDMA 신호 $s(t)$ 는 대수의 법칙(law of large number)과 중심 극한 정리(central limit theorem)에 따라 SS신호의 분포에 무관하게 band-limited white Gaussian process가 된다. 따라서 통계적으로 $s(t)$ 는 식 (3)으로 표현된다.

$$s(t) = x(t) \cos(2\pi f_c t + \phi), \quad (3)$$

여기서 $x(t)$ 는 base-band Gaussian wide sense stationary process이고, ϕ 는 임의의 초기 위상 값이 된다. 이 위상 값은 $s(t)$ 의 통계적인 계산 과정에 영향을 미치지 않는다. 신호 $s(t)$ 의 전력밀도함수(power spectrum density : PSD)를 구하기 위하여 $x(t)$ 의 전력밀도함수 $p_x(f)$ 를 먼저 구하면 다음과 같다^[6].

$$p_x(f) = \begin{cases} \frac{N_o}{2} & |f| \leq B, \\ 0 & |f| > B. \end{cases} \quad (4)$$

따라서 $s(t)$ 의 전력밀도함수 $p_s(f)$ 는 식 (5)가 된다.

$$\begin{aligned} p_s(f) &= \frac{1}{4} [p_x(f-f_c) + p_x(f+f_c)] \\ &= \begin{cases} N_o/8 & |f-f_c| \leq B, \\ 0 & |f-f_c| > B. \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

그럼으로써 $s(t)$ 의 전력(power) P_s 은

$$\begin{aligned} P_s &= \int_{-\infty}^{\infty} p_s(f) df = \left[\frac{N_o}{8} 2B + \frac{N_o}{8} 2B \right] \\ &= \frac{N_o B}{2}, \end{aligned} \quad (6)$$

여기서 N_o 는 bandpass Gaussian process의 전력 밀도가 된다.

2. 광링크의 수학적 모델

광전송 링크에서 비선형 특성을 가진 소자는 입력 단 쪽의 레이저 다이오드와 출력단 쪽에 증폭기(amplifier)가 있다. 이 둘 중에 레이저 다이오드에서 생기는 비선형 특성이 시스템에 더 큰 영향을 미치게 됨으로 IP_3 의 값으로 이 시스템을 모델링 한다. 이 비선형 시스템의 출력 $y(t)$ 는 식 (7)로 나타낼 수 있다^[2].

$$y(t) = a_1 s(t) + a_3 s^3(t), \quad (7)$$

여기서 a_1 은 광링크의 선형적 특성인 이득(Gain)을 나타내고 a_3 은 IP_3 과 연관된 비선형 계수를 나타낸다. 이는 식 (8), 식 (9)로 정의된다.

$$a_1 = 10^{G/20}. \quad (8)$$

$$a_3 = \frac{4}{3} a_1 10^{-IP_3/10}. \quad (9)$$

여기서 G 는 광링크의 이득이다. a_3 는 그림 2에서 보듯이 1차 성분과 3차 성분의 출력 전력이 동일할 때 입력 전력이 IP_3 을 나타내므로 이를 유도하면 식 (9)와 같다.

3. 광링크를 통과한 CDMA 신호의 전력스펙트럼
 광링크를 통과한 CDMA 신호의 전력스펙트럼은 식 (3)과 식 (7)을 통해 구해진 $y(t)$ 의 전력밀도함수로 얻어진다. $y(t)$ 는 식 (10)으로 표현된다.

$$y(t) = a_1 x(t) \cos(2\pi f_c t + \phi) + a_3 x^3(t) \cos^3(2\pi f_c t + \phi). \quad (10)$$

$y(t)$ 의 전력밀도함수는 $y(t)$ 의 자기상관함수를 Fourier 변환하므로써 식 (11)과 같이 구해진다.

$$p_y(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R_y(\tau) e^{-j2\pi f \tau} d\tau \quad (11)$$

$$= \begin{cases} (a_1^2 + \frac{9}{2} a_1 a_3 B N_o + (\frac{9}{4})^2 a_3^2 N_o^2 B^2) \frac{N_o}{2} + \frac{27}{64} a_3^2 N_o^3 (3B^2 - (f-f_c)^2) & |f-f_c| \leq B, \\ \frac{27}{128} a_3^2 N_o^3 (3B - |f-f_c|)^2 & B < |f-f_c| \leq 3B, \\ 0 & 3B < |f-f_c|. \end{cases}$$

식 (11)은 CDMA 신호가 하나의 FA를 가지고 있는 경우에 대한 전력스펙트럼이다. Passband 영역인 $|f-f_c| \leq B$ 에서는 선형적인 출력값이 우세하고, 비선형적인 영향은 미미하다. 그러나 $B < |f-f_c| \leq 3B$ 영역은 입력 신호에서 없는 대역으로 비선형 특성에 의해 발생된 신호이며, 이 영역을 일반적으로 spectrum regrowth 라 한다.

CDMA 신호의 FA 수가 증가하게 되는 경우, CDMA 신호는 식 (12)과 같다.

$$S(t) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N x_i(t) \cos(2\pi f_{ci} t + \phi_i), \quad (12)$$

여기서 N은 총 FA 수이며, f_{ci} 는 FA에 해당하는 반송파 주파수이다. FA에 따른 중심 주파수는 1.23 MHz 간격으로 하였다. 각 경우의 전력스펙트럼은 1 FA로 구성된 CDMA 신호와 동일한 과정으로 구하며 식 (13) 과 식 (14)에는 각각 2 FA와 4 FA CDMA 신호의 전력스펙트럼을 나타내고 있다. 본 논문에서는 1 FA, 2 FA 그리고 4 FA로 구성된 CDMA 신호의 전력 스펙트럼을 구하였다.

$$P_y(f)_{2FA} = \begin{cases} \frac{1}{2} (\frac{a_1^2}{2} + \frac{15}{8} a_1 a_3 N_o B + \frac{225}{128} a_3^2 (N_o B)^2) \frac{N_o}{2} + \frac{63}{512} a_3^2 N_o^3 (3B^2 - (f-f_c)^2), & |f-f_c| \leq B \\ \frac{63}{2048} a_3^2 N_o^3 (3B - |f-f_c|)^2, & B < |f-f_c| \leq 3B \\ \frac{1}{2} (\frac{9}{256} a_1^2 (N_o B)^2 + \frac{9}{64} a_1^2 (\frac{N_o}{2})^2 (3B^2 - (f - (2f_c - f_c))^2)) & |2f_c - f_c| \leq B \\ \frac{9}{256} a_1^2 (\frac{N_o}{2})^2 (3B - |f - (2f_c - f_c)|)^2, & B < |2f_c - f_c| \leq 3B \end{cases} \quad (13)$$

$$P_y(f)_{4FA} = \begin{cases} \frac{1}{2} (\frac{a_1^2}{2} + \frac{27}{8} a_1 a_3 N_o B + \frac{729}{16} a_3^2 (N_o B)^2) \frac{N_o}{2} + \frac{135}{8} a_3^2 (\frac{N_o}{2})^2 (3B^2 - (f-f_c)^2) & |f-f_c| \leq B \\ \frac{135}{32} a_3^2 (\frac{N_o}{2})^2 (3B - |f-f_c|)^2, & B < |f-f_c| \leq 3B \\ \frac{1}{2} (\frac{9}{32} N_o a_1^2 (N_o B)^2 + \frac{9}{8} a_1^2 (\frac{N_o}{2})^2 (3B^2 - (f - (2f_c - f_c))^2)) & |f - (2f_c - f_c)| \leq B \\ \frac{9}{32} a_1^2 (\frac{N_o}{2})^2 (3B - |f - (2f_c - f_c)|)^2, & B < |f - (2f_c - f_c)| \leq 3B \\ \frac{9}{8} a_1^2 (\frac{N_o}{2})^2 (3B^2 - (f - (f_c - f_c - f_c))^2), & |f - (f_c - f_c - f_c)| \leq B \\ \frac{9}{16} a_1^2 (\frac{N_o}{2})^2 (3B - |f - (f_c - f_c - f_c)|)^2, & B < |f - (f_c - f_c - f_c)| \leq 3B \end{cases} \quad (14)$$

4. ACPR

CDMA 신호의 비선형 특성을 나타내는 ACPR 값은 전력스펙트럼을 적분하므로써 구할 수 있다. ACPR을 규정하는 기준은 무선 통신에서 다양하게 제안되고 있으나 일반적으로 ACPR은 식 (15)과 같이 전송된 channel power와 옆 channel power의 비를 나타낸 값이다. ACPR을 구할 때 측정 위치에 대해서는 몇 가지가 제안되고 있다. 본 논문에서는 f_{offset} 을 885 kHz로 하여 ACPR을 구하였다^[4,5].

$$ACPR = \frac{\int_{f_c - f_{offset} - B}^{f_c - f_{offset} + B} p_y(f) df}{\int_{f_c - B}^{f_c + B} p_y(f) df}. \quad (15)$$

III. 실험

본 장에서는 2 장에서 분석한 결과를 실험을 통해 확인하도록 한다. 그리고 FA를 증가함에 따라 ACPR은 어떤 영향을 받게 되는지 1 FA부터 12 FA를 가진 CDMA 신호에 대해 실험을 통해 그 결과를 확인한다.

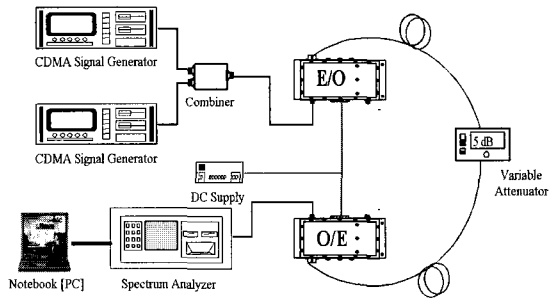


그림 3. 광링크를 통과한 CDMA 신호의 전력 스펙트럼 측정을 위한 실험 구성도

Fig. 3. Experimental set-up for the measurement of the power spectrum.

CDMA 신호가 전송되었을 때 CDMA 신호의 전력 스펙트럼과 ACPR을 측정하기 위한 실험 구성도는 그림 3 과 같다. 입력되는 신호는 1 FA, 2 FA 그리고 4 FA 로 이루어진 CDMA 신호이며 각각의 FA는 파일럿 (pilot : code 0)신호만으로 구성되었다. 광링크의 송신기는 1310 nm DFB(distributed feedback) LD를 사용하였으며, 송신기의 광출력은 3 ~ 4 dBm이고, 광케이블에 광 감쇄기를 연결하여 전체 광링크의 이득을 조절하였다. 그리고 본 논문에서 분석하고자 하는 비선형 소자는 레이저 부분으로, 수광 다이오드 이후의 증폭기에 의해 발생하는 비선형 특성의 영향은 없다는 것을 광 감쇄기에 의해 전체 이득이 변하더라도 광링크의 IIP_3 이 유지가 됨을 보임으로써 알 수 있다^[8]. 실제로 변조되지 않은 두 개의 반송파만을 이용한 전송 실험 (two-tone experiment)을 통해 IIP_3 가 유지됨을 확인하였다. CDMA 신호의 캐리어(carrier) 주파수는 현재 이동 통신에서 사용되지 않는 대역인 860 MHz로 하여 실험을 하였다. 스펙트럼 상에 신호의 스펙트럼은 video bandwidth(VBW)는 30 kHz, resolution bandwidth(RBW) 30 kHz로 하였으며 보여지는 스펙트럼을 GPIB를 통해 컴퓨터에 저장하였다^[5,7].

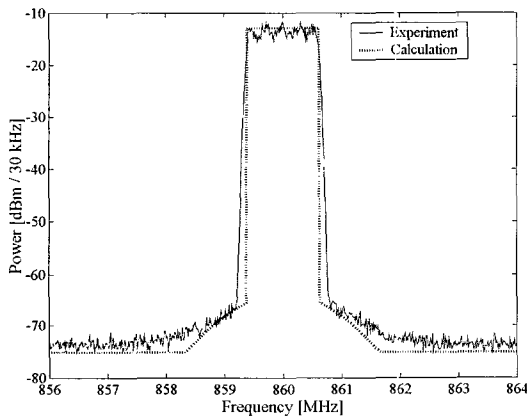


그림 4. 광링크를 통과한 1 FA CDMA 신호의 전력 스펙트럼

Fig. 4. Power spectra of received CDMA signals with 1 FA.

그림 4 는 채널 전력 4 dBm인 1 FA CDMA 신호를 이득이 -12 ~ -13 dB, IIP_3 이 35 dBm 인 광링크를 통해 전송시켰을 때 전력 스펙트럼을 나타낸 것이다. 실선은 실험치를 나타낸 것이고 점선은 식 (11)에

의한 계산 결과를 나타낸 것이다. Spurious는 입력된 CDMA 신호 양 옆 대역(side-band)에 입력 신호와 동일한 대역폭에 해당하는 자리에 발생되었다.

그림 5 는 그림 4 의 경우와 동일한 실험 조건에서 입력 CDMA 신호의 FA 수만 한 개 증가한 2 FA인 경우이다. 입력 전력이 동일하게 유지하였음에도 spurious가 증가함을 보이고 있다. 이는 FA 수가 증가하면서 두 FA의 주파수간에 상호 간섭이 생겼기 때문이다.

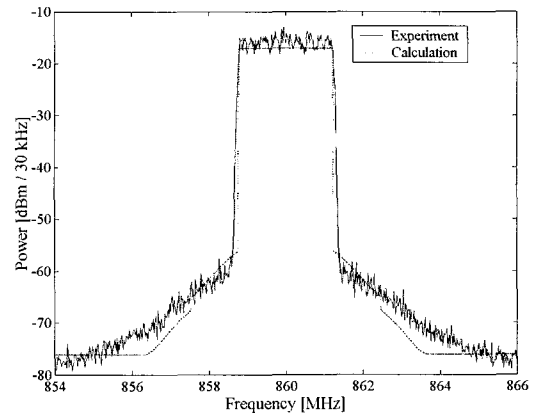


그림 5. 광링크를 통과한 2 FA CDMA 신호의 전력 스펙트럼

Fig. 5. Power spectra of received CDMA signals with 2 FA.

그림 6 은 그림 3 의 경우와 동일한 실험 조건에서 입력 CDMA 신호의 FA 수만 네 개로 증가시킨 경우이다. 입력 전력이 동일하게 유지하였음에도 spurious가 더욱 증가함을 보이고 있다. 이 역시 FA 수가 증가하면서 발생된 4 FA의 주파수간에 상호 간섭이 발생하였기 때문이다. 그리고 866 MHz 이상과 854 MHz 이하 대역에서 이론치와 실험치가 차이가 나는 것은 5 차 성분의 영향으로 보인다. 그러나, 이론적 분석에서 ACPR를 측정하는 구간에서 5 차 성분이 영향을 크게 미치지 않기 때문에 고려하지 않고 있다.

그림 7 은 1, 2, 4 FAs CDMA 신호가 광 링크를 통과하였을 때 FA 당 입력 전력에 따른 ACPR을 실험과 이론을 통하여 구한 것이다. ACPR은 CDMA신호의 가장 오른쪽 FA의 전력 대 신호로부터 1.47 MHz 떨어진 지점을 중심으로 한 1 FA신호의 전력 비율을 나타낸 값이며 이론치는 입력 신호의 ACPR을 고려하여 구해

진 값이다. 이 결과는 광링크의 이득이 -10 dB (5 dB optical loss), IIP_3 가 28 dBm이 되는 구간에서 CDMA 신호의 입력 전력을 -25 ~ -5 dBm으로 변화시킬 때의 ACPR을 보이고 있다.

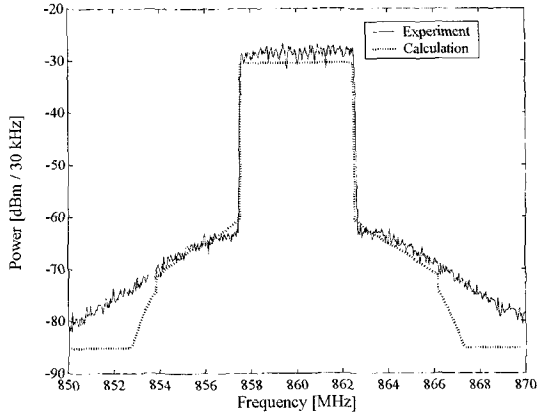


그림 6. 광링크를 통과한 4 FA CDMA 신호의 전력 스펙트럼
Fig. 6. Power spectra of received CDMA signals with 4 FA.

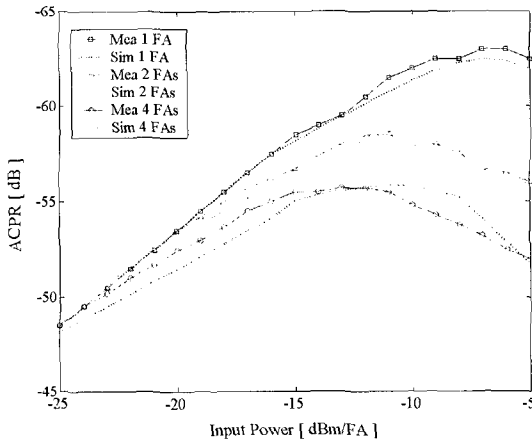


그림 7. 입력 CDMA 신호의 전력과 FA 수에 따른 ACPR의 실험치와 이론치의 비교
Fig. 7. Compared of ACPR between analytical and measured results, as a function of input power and the number of FAs.

그리고 FA 수의 변화에 따른 ACPR 변화를 좀 더 명확하게 규명하기 위해 FA 수를 12 FA까지 증가시키면서 실험을 하였다. 이 실험에서 입력 신호는 레이저 다이오드가 포화되기 시작하는 전력까지 증가시켰다. 그림 8 은 그림 9, 그림 10 을 구하기 위한 광링크의

특성을 측정 한 것이다. 그림 9 는 CDMA 입력 신호의 전력과 FA 수의 변화에 따른 ACPR을 구한 것인데 이러한 경향을 더 정확히 나타내기 위한 것이 그림 10 이다. IS-95의 경우 ACPR을 -44 dBc 이상을 요구하고 있다. 최종 단에서 -44 dBc를 요구한다고 보면 광 링크에서는 -44 dBc 이상의 성능을 요구할 수 있으며, 따라서 그림 10 은 시스템이 -50 ~ -44 dB의 ACPR을 요구할 경우에 대해서 모두 나타내고 있다. 그림 10 은 시스템에서 허용할 수 있는 입력 전력과 FA 수를 나타낸 것으로, 요구되는 ACPR의 감소에 따라 허용 입력이 작아짐을 알 수 있다.

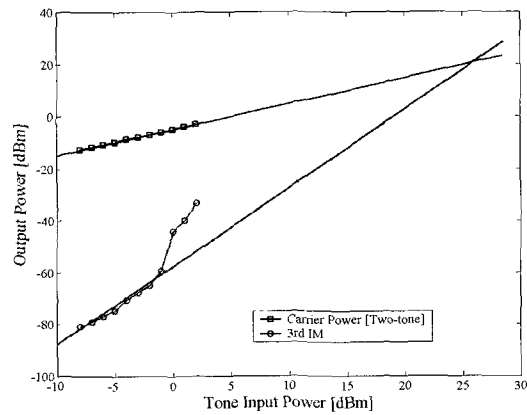


그림 8. 광링크의 삼차 비선형 특성 측정값
Fig. 8. Measured results of 3-rd order nonlinear characteristics of an optical link.

IV. 결 론

본 논문에서는 CDMA 신호를 광링크를 통해 전송할 때 발생하는 레이저의 비선형 특성의 왜곡 현상을 분석하였다. 이러한 결과는 CDMA 전송을 위한 광전송 링크를 구축할 때 고가의 장비 없이 성능을 예측하는데 기여할 수 있다. 광링크의 비선형 특성 분석은 변조되지 않은 반송파 실험을 통한 성능 검사만으로 복잡한 변조 방식이나 고가의 CDMA 신호 발생기 없이 CDMA 신호가 전송되었을 때 어떠한 영향이 발생하는지를 분석할 수 있게 한다. 또한 동일한 전력에서 FA 수가 다른 CDMA 신호가 입력되었을 때 광링크의 성능은 어떠한 변화를 나타내는지를 측정하였다. 이를 요약하면 두 개의 반송파에 의해 구해지는 비선형 특성 계수인 IIP_3 값을 이용하여 1, 2 그리고 4 개의 FA를 가진 CDMA 신호의 ACPR을 이론적으로 분석하였으며,

12 개까지의 FA를 가진 CDMA 신호에 대해 FA 수에 따른 ACPR 변화를 실험적으로 규명하였다. 이 결과를 이용함으로써 중계기나 기지국간의 광전송 링크 설계 시 요구되는 표준에 적합한 비선형 소자를 선택하는 것이 용이하게 된다. 일반적으로 비선형 특성을 지닌 소자, 즉 증폭기나 레이저 다이오드는 IP3값과 이득이 제공되기 때문이다.

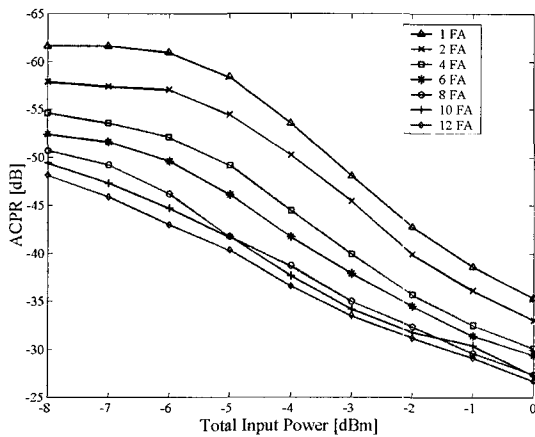


그림 9. CDMA 신호의 입력과 FA 수에 따른 ACPR
Fig. 9. ACPR for CDMA signals as a function of input powers and FAs.

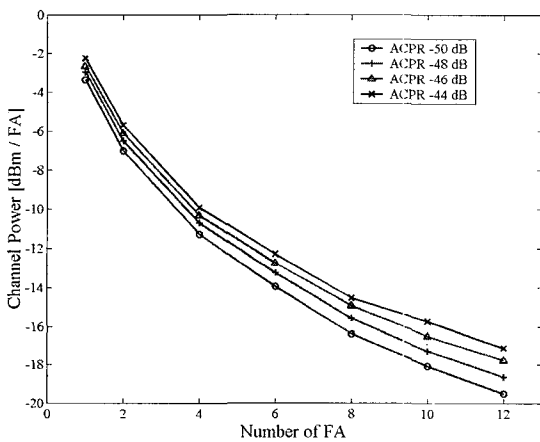


그림 10. FA 수와 요구된 ACPR에 따른 입력 CDMA 신호의 입력
Fig. 10. Input channel power as a function of FAs and required ACPR.

참 고 문 헌

- [1] R.E. Schuh and D. Wake, "Distortion of W-CDMA signals over optical fibre links", *Microwave Photonics postdeadline*, pp. 9~12, 1999.
- [2] Q. Wu, M. Testa and R. Larkin, "Linear RF Power Amplifier Design for CDMA Signal", 1996 Int. MTT-S Symp. Dig., San Francisco, pp. 851~855, 1996.
- [3] H. Kim, *Passive optical network for hybrid wireline/wireless access service*, Ph.D thesis, KAIST, Korea, 2000.
- [4] K. G. Gard, H. M. Gutierrez and M.B. Steer, "Characterization of Spectral Regrowth in Microwave Amplifiers Based on the Nonlinear Transformation of a Complex Gaussian Process", *IEEE Tran. MTT*, vol. 47, No. 7, July, 1999.
- [5] *Understanding CDMA Measurements for Base Stations and Their Components Application Note 1313*, literature number 5968-3578E.
- [6] Leon Garcia, *Probability and Random Process for Electrical Engineering*, Addison Wesley, 1994.
- [7] Nikhil Deshpande, and Steven Stanton, "ACPR Specs Place Demands On WCDMA Base-station Amplifiers", *Wireless System Design*, pp. 15~22, 1999.
- [8] *RF/Microwave fiber Optic Link Design Guide*, Ortel Corporation.

저 자 소 개



尹 智 宣(正會員)

1999년 이화여자대학교 전자공학과 학사. 2001년 이화여자대학교 정보통신학과 석사. 2001년 HFR 위촉연구원. 현재 HFR 재직



丁 鍾 珉(正會員)

1990년 KAIST 전기 및 전자공학과 학사. 1992 KAIST 전기 및 전자공학과 석사. 1995 KAIST 전기 및 전자공학과 박사. 1993 - 1995 년 ETRI 위촉연구원. 1995 - 2000 SK-Telecom 선임연구원. 현재 HFR

대표 이사



池 尹 圭(正會員)

1978년 서울대학교 전자공학과 학사. 1980년 서울대학교 전자공학과 석사. 1984년 University of Texas at Austin 박사. 1984 - 1989년 미국 AT&T Bell 연구소 MTS. 1989 - 1994년 KAIST 전기 및 전자공학과

교수. 현재 이화여자대학교 정보통신학과 교수