

적응성 궤환방식을 이용한 간섭잡음제거기

Interference Cancellation System using Adaptive Feedback Method

김선진 · 이제영 · 이종철* · 김종현* · 이병제* · 김남영

S. J. Kim · J. Y. Lee · J. C. Lee* · J. H. Kim* · B. Lee* · N. Y. Kim

요 약

본 논문은 동일 주파수 무선통신 시스템에서 발생하는 궤환신호를 상쇄하기 위한 간섭잡음제거기에 관한 연구이다. 송신 안테나에서 수신 안테나로 시변 궤환되는 신호는 수신 시스템의 성능을 저하시킨다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 시변 궤환신호를 제거함으로써 수신기의 발전현상을 방지하고 전력증폭기의 최대 출력을 지속적으로 유지하도록 하는 적응성 궤환방식을 이용한 간섭잡음제거기를 제안하였다.

Abstract

In this paper, the interference cancellation system, which is used to cancel the feedback signal in the wireless communication system with the same frequency, is studied. The time-varying feedback signal generated from transmitter antenna to receiver antenna reduces the performance of the receiver system. The interference cancellation system using adaptive feedback method(AF-ICS) is suggested to prevent the oscillation of the receiver system and maintain the maximum output power of the power amplifier by the reduction of time-varying feedback signal.

Key words : Interference, Adaptive, Interference Cancellation, Repeater, Feedback Signal

I. 서 론

송신 안테나의 종단에서 방사된 송신신호가 수신 단으로 궤환하여 원하는 수신신호와 결합되어 입력 되는 경우, 궤환신호는 수신기에 간섭잡음으로 작용한다. 송신신호의 궤환은 동일 주파수를 사용하는 무선통신 시스템에서 발생하는 일반적인 현상이며, 궤환신호는 수신기의 수신성능을 저하시키는 주요한 원인이 된다. 그러므로, 강한 송신출력에 의하여 궤환된 궤환간섭신호를 제거하는 것은 매우 중요한 기술이다. 수신단으로 궤환하는 궤환신호의 영향을 제거하거나 억압하기 위하여 간섭잡음제거기의 응용이 제안되고 있으나 시불변의 고정 궤환신호를 가정하고 있다^{[1]-[3]}.

그러나, 무선통신 환경 및 무선채널은 시불변의 고정변수로 가정할 수 없으며 수신단으로 궤환하는 궤환신호는 실시간적으로 변화한다.

본 논문에서는 송신 안테나로부터 출력된 무선 송신신호가 진폭, 위상 및 지연시간 등의 변수가 변화하며 수신단으로 궤환된 궤환신호를 제거할 수 있는 적응성 간섭잡음제거기를 제안하였다.

특히 변화하는 궤환신호에 실시간적으로 적응하면서 궤환신호를 제거하여 수신기에서 발생할 수 있는 발전현상을 방지하며, 전력증폭기(power amplifier)의 출력을 지속적으로 최대의 출력을 유지할 수 있도록 하고, 궤환신호에 의하여 발생하는 출력 신호의 변화를 복원하는 기능을 가지는 적응성 궤환방식을 이용한 간섭잡음제거기(interference can-

광운대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Kwangwoon University)

*광운대학교 전파공학과(Department of Radio Science & Engineering, Kwangwoon University)

· 논문 번호 : 20021017-134

· 수정완료일자 : 2002년 12월 6일

ation system using adaptive feedback method : AF-JCS)에 관한 연구이다^{[4]~[6]}.

II. 기존 방식의 간섭잡음제거기

궤환간섭잡음을 제거하기 위하여 송신 안테나에서 수신 안테나의 수신단으로 궤환되는 궤환간섭잡음의 진폭의 크기와 위상차가 동진폭, 역위상 및 동일한 시간지연의 특징을 가지는 신호, 즉 궤환된 궤환신호에 대응하는 대응신호(제거신호, 상쇄신호)를 생성하는 기존 방식의 간섭잡음제거기와 이를 응용한 무선중계 시스템의 개략적 블록도는 그림 1과 같다^{[7][8]}.

그림 1에서 표기된 간섭잡음제거기의 구성방식은 오직 대응신호에서 설정한 고정변수에 의하여 대응신호와 동일한 진폭, 역위상 및 동일한 시간지연을 가지는 궤환신호만을 제거할 수 있다. 즉, 다양한 무선환경의 변화, 입출력신호의 진폭, 위상 및 시간지연의 변화 등에 적용하여 궤환신호를 제거하는 것은 불가능하다.

III. 간섭잡음제거 이론

3-1 신호결합기 및 상쇄계수

상쇄기법을 이용한 신호결합기의 기본 동작원리는 그림 2와 같이 두개의 신호가 입력되는 경우에 하나의 신호를 주입력으로 하고 다른 하나의 신호는 주입력에 대하여 위상을 반전시키고 크기를 동일하게 하여 신호결합의 결합점에서 더하는 경우, 두 입력신호는 결합점에서 상호상쇄되어 출력신호가 나타나지 않는 효과를 이용한 것이다.

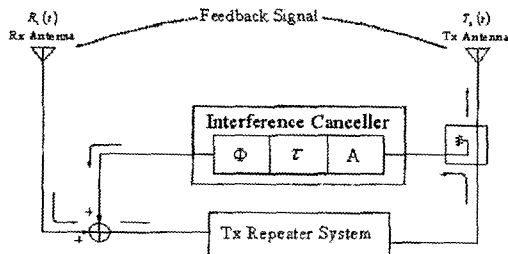


그림 1. 기존 방식의 무선중계 시스템
Fig. 1. General wireless repeater system.

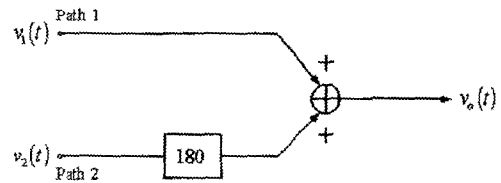


그림 2. 신호결합기의 개념도
Fig. 2. Concept diagram of the signal combiner.

그림 2에서 주경로(path 1) 및 보조경로(path 2)의 입력신호를 각각 v_1 및 v_2 로 정의하는 경우, 출력신호 v_0 는 동진폭, 역위상의 조건을 만족하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned}
 v_1(t) &= A_1 \cos(\omega t + \theta_1) \\
 v_2(t) &= A_2 \cos(\omega t + \theta_2) \\
 v_0(t) &= v_1(t) + v_2(t) \Big|_{\substack{A_2=A_1 \\ \theta_2=\theta_1+180^\circ}} \\
 &= A_1 \cos(\omega t + \theta_1) + A_2 \cos(\omega t + \theta_2) \\
 &= A_1 \cos(\omega t + \theta_1) - A_1 \cos(\omega t + \theta_1) \\
 &= 0
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

그림 3은 식 (1) 및 그림 2에 대한 실험의 결과로서 주경로(path 1)의 신호를 보조경로(path 2)의 신호에 의하여 상쇄(제거)되도록 설정하여 실측한 결과로서 약 51 dB의 상쇄량을 나타내며 변수의 미세한 제어에 따라서 최대 상쇄량은 약 70 dB 정도까지 얻을 수 있다.

신호결합기(signal combiner)의 각 경로를 통하여 입력되는 입력신호의 진폭 및 위상의 상관관계가 각각 동진폭 및 역위상의 조건이 성립되며 손실이 발생되지 않는 경우, 이러한 신호결합기를 이상적 신호결합기로 정의할 수 있다. 신호결합기에 인가되는 주경로의 신호는 신호결합점(상쇄점)에서 보조

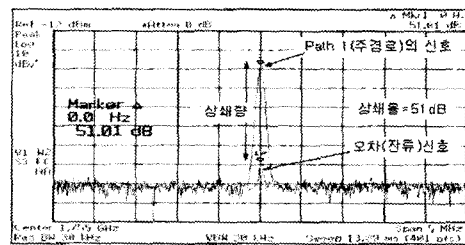


그림 3. 신호결합기의 실험결과
Fig. 3. Test result of signal combiner.

경로의 신호에 의하여 상쇄가 이루어지는 경우, 주 경로의 입력신호 대비 출력신호의 비율을 상쇄계수 (CF : Cancellation Factor)라고 한다^[9].

이상적 신호결합기에서의 주경로 신호는 보조경로 신호에 의하여 완전상쇄가 이루어지며 상쇄계수는 다음의 식 (2)와 같다.

$$CF = 10 \log \left(\frac{P_{out\ avg}}{P_{in\ avg}} \right) = 10 \log \left(\frac{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \delta\theta}{A_1^2} \right) = 10 \log \left(1 + \frac{A_2^2}{A_1^2} + 2 \cdot \frac{A_2}{A_1} \cdot \cos \delta\theta \right) \Bigg|_{A_2=A_1, \delta\theta=180^\circ} = 10 \log(0) \text{ (dB)}$$

그러나, 물리현상 및 기타 제반의 조건에 의하여 이상적 신호결합기의 요구조건인 진폭계수(동진폭), 위상계수(역위상) 및 무손실을 충족시키는 결합기는 존재하지 않는다. 그러므로, 이상적 신호결합기의 진폭 및 위상계수에서 발생하는 미소한 편차를 각각 δA , $\delta\theta$ 라고 하면, 진폭 및 위상계수의 상관관계는 $A_2 = A_1 + \delta A$, $\theta_2 = \theta_1 + 180^\circ \pm \delta\theta$ 와 같다.

이러한 조건을 만족하는 신호결합기를 (준)이상적 신호결합기(quasi-ideal signal combiner)로 정의하면 식 (2)는 식 (3)과 같이 변환이 가능하며, (준)이상적 신호결합기의 상쇄계수가 된다.

$$CF = 10 \log(1 + \alpha^2 - 2\alpha \cos \delta\theta) \quad (3)$$

단, α 는 진폭불평형, $\delta\theta$ 는 위상불평형을 나타낸다.

식 (3)의 상쇄계수에서 진폭불평형 및 위상불평형이 존재하지 않는 경우, 즉 오직 지연시간의 부정합만을 고려한 상쇄계수는 다음과 같다.

$$CF = 10 \log [1 - \cos(\theta_1 - \theta_2)] + 3 \quad (4)$$

식 (4)는 지연시간 부정합에 의하여 발생된 두개의 경로 사이에서 나타나는 전기적 길이(electrical length)를 고려하여 표기된 상쇄계수이며, 각 경로를 통과하는 입력신호의 전기적 파장(wavelength)의 차이에 의하여 발생하는 파장함수로 표현이 가능하다.

$$CF = 10 \log \left[1 - \cos 2\pi \left(\frac{\lambda_{err}}{\lambda_0} \right) \left(1 - \frac{f}{f_0} \right) \right] + 3 \quad (5)$$

여기서, f_0 , λ_0 , λ_{err} 는 각각 기준 주파수(중심 주파수), 기준 주파수에서의 신호파장, 두 경로에서 나타나는 파장의 오차성분이다. 따라서, 진폭 및 위상의 불평형, 지연시간부정합이 공존하는 신호결합기의 상쇄계수는 다음의 식 (6)과 같이 표시된다^[9].

$$CF = 10 \log \left[1 + \alpha^2 - 2\alpha \cos \left(2\pi \left(\frac{\lambda_{err}}{\lambda_0} \right) \left(1 - \frac{f}{f_0} \right) \pm \delta\theta \right) \right] \quad (6)$$

3-2 간섭잡음제거의 개념 및 제거이론

원하는 신호(wanted signal)와 원하지 않는 신호가 혼합된 신호 중에서 원하지 않는 신호인 간섭잡음을 제거하기 위하여 응용하는 간섭잡음제거기의 기본적 개념은 다음의 그림 4와 같다^{[4],[5]}.

간섭잡음제거기의 기본개념은 기준신호를 이용하여 원하지 않는 신호와 상관성(correlation)을 가지는 신호를 신호제어기(signal controller)에서 생성하고, 생성된 대응신호(제거신호 또는 상쇄신호)를 이용하여 신호결합점에서 결합하여 주신호에 포함되어 있는 원하지 않는 신호를 차감하여 상쇄하는 것이다.

송신 안테나에서 방사된 케환신호는 수신단에서 원하는 신호와 결합되어 수신 안테나를 통과하게 된다. 또한, 표본화기(sampler)로 동작하는 신호분배기에서 표본화(sampling)된 표본신호는 감쇄기, 시간지연기, 위상변환기를 경유하면서 진폭과 시간지연 및 위상의 계수 값이 조정되어 케환된 케환신호를 제거하기 위한 대응신호로 변환되어 신호결합기로 전송된다.

출력된 송신신호가 수신단으로 케환하는 케환신호는 출력신호의 일부분이며 케환경로의 경로특성

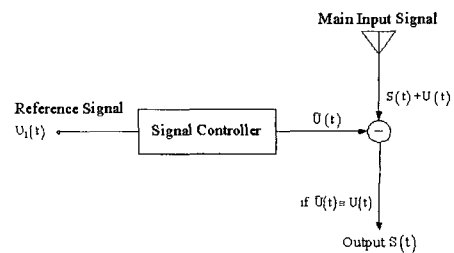


그림 4. 간섭잡음제거 개념도
Fig. 4. Concept of the interference cancellation.

에 따라 진폭의 크기와 위상이 변화된다. 따라서, 송신신호, 퀘환신호 및 원하는 수신신호를 각각 다음의 식 (7)과 같이 정의하면 수신 안테나의 수신단에서 합성되는 새로운 수신신호(합성된 수신신호)는 식 (8)과 같으며, 대응신호(상쇄신호)를 식 (9)와 같이 정의한다.

$$T_s(t) = A \sin(\omega t) \tag{7}$$

$$T_f(t) = A_f \sin(\omega t - \phi)$$

$$R_s(t) = B \sin(\omega t)$$

$$R_{input}(t) = T_f(t) + R_s(t) = A_f \sin(\omega t - \phi) + B \sin(\omega t) \tag{8}$$

$$T_{cs}(t) = C \sin(\omega t - \theta) \tag{9}$$

신호결합기에서 식 (8)과 (9)의 신호가 결합되고, 퀘환신호와 상쇄신호가 동진폭, 역위상의 조건, 즉 $A_f = C$ 및 $\phi = \theta + \pi$ 의 조건이 성립되면 결합점에서 퀘환신호와 상쇄신호는 상쇄되어 식 (10)이 된다.

$$\begin{aligned} T_{input} &= R_{input}(t) + T_{cs}(t) \\ &= T_f(t) + R_s(t) + T_{cs}(t) \Big|_{A_f=C, \phi=\theta+\pi} \\ &= A_f \sin(\omega t - \phi) + B \sin(\omega t) + C \sin(\omega t - \theta) \\ &= C \sin(\omega t - \theta - \pi) + B \sin(\omega t) + C \sin(\omega t - \theta) \\ &= B \sin(\omega t) \end{aligned} \tag{10}$$

식 (10)은 퀘환신호가 대응신호(상쇄신호)에 의하여 상쇄되고 원하는 신호만이 잔류하게 되어 증폭기의 입력신호가 됨을 나타내며, 대응신호는 퀘환신호에 대하여 동진폭, 역위상 및 동일한 시간지연의 조건을 만족하는 경우에 완전한 상쇄가 가능하다.

IV. AF-ICS의 구현 및 시험

적응성 퀘환방식을 이용한 간섭잡음제거기(AF-ICS)는 상쇄신호생성기(cancellation signal generator),

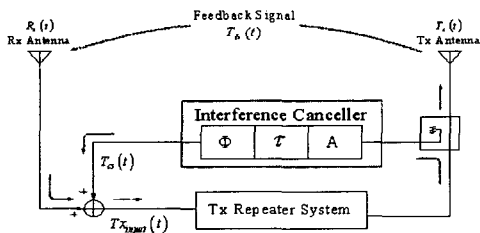


그림 5. 퀘환간섭잡음의 제거이론
Fig. 5. Cancellation theory of the feedback signal.

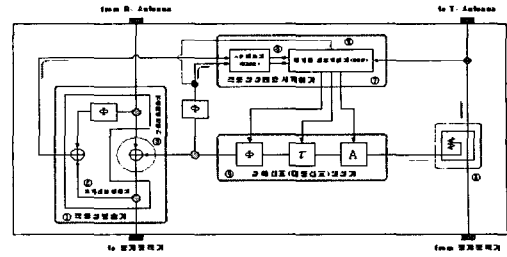


그림 6. 적응성 퀘환간섭잡음제거기 블록도
Fig. 6. Block diagram of the AF-ICS.

적응성 검출기(adaptive detector), 신호분배(signal divider) 및 적응성 상태감시제어기로 구성되며, 그림 6과 같다. 또한, 퀘환신호에 대응하여 동진폭, 역위상 및 동일한 시간지연을 가지는 제거신호(대응신호)를 생성하는 상쇄신호생성기는 가변감쇄기, 시간지연기 및 위상변환기로 구성되며 퀘환간섭잡음을 제거하기 위한 상쇄신호생성경로를 형성한다.

4-1 시스템 구현 및 모의실험

적응성검출기를 구성하고 있는 오차신호검출기와 상쇄신호검출기의 성능계수는 상호 일치하여야 하며 원하지 않는 퀘환신호를 제거하고 원하는 신호만을 출력하는 상쇄신호검출기의 상쇄계수(CF)에 의하여 오차신호(error signal), 즉 수신 안테나로 퀘환하는 퀘환신호만을 검출하는 오차신호검출기의 성능이 결정되므로 상쇄신호검출기는 안정성 및 정밀성을 가지도록 설계하여야 한다.

그림 7은 AF-ICS의 핵심적 구성 요소의 하나인 적응성 검출기의 개념도이며 시스템 모의실험을 위한 설계도는 Agilent Tech.의 ADS tool을 이용하였으며, 그림 8과 같다. 적응성 검출기의 기능을 검증하기 위한 모의실험은 1.760 GHz 및 1.770 GHz에 각각 -45 dBm의 크기를 가지는 CW-tone을 신호원으로 이용하였으며, 모의시험의 결과는 표 1과 같다.

표 1. 적응성검출기의 모의시험 결과
Table 1. Simulation result of the adaptive detector.

주파수 (GHz)	상쇄계수(dB)	오차계수(dB)
1.760	40	44
1.770	40	44

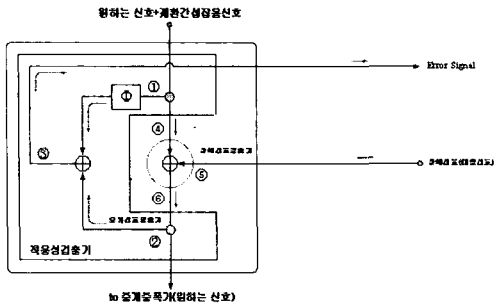


그림 7. 적응성검출기 개념도
Fig. 7. Concept diagram of the adaptive detector.

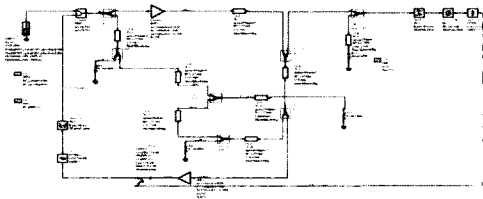


그림 8. ADS 시스템 모의시험 설계도
Fig. 8. ADS system simulation circuit diagram.

오차신호검출기의 오차신호 ③은 신호 ① 및 신호 ②를 결합하여 생성되며, 상쇄신호검출기는 신호 ④ 및 신호 ⑤를 신호결합기에서 결합하여 주신호인 신호 ④에서 케환신호를 상쇄하고 잔류신호는 출력단자를 통하여 출력하는 기능을 수행한다. 모의 실험 결과를 나타내는 표 1에서의 상쇄계수와 오차계수는 각각의 검출기에 대한 성능평가를 위한 기준이며, 오차계수는 상쇄계수를 유추하여 정의된다. 상쇄계수 40 dB는 상쇄신호를 이용하여 케환신호를 40 dB 상쇄할 수 있음을 나타내며, 오차계수 44 dB는 수신신호에서 원하는 신호를 제거하고 오직 오차신호, 즉 케환신호를 검출할 수 있는 성능지수를 의미한다.

모의실험의 결과로 얻는 상쇄계수 및 오차계수를 가지는 적응성검출기를 이용하여 AF-ICS 결합 전 및 결합 후의 출력신호 변화상태를 확인하기 위하여 1.760 및 1.770 GHz에 각각 -41 dBm의 CW-tone을 신호원으로 인가하여 실험한 결과는 표 2와 같으며, FBL는 케환경로손실(feedback path loss)을 의미한다. 표 2의 출력전력의 변화에 따르면, AF-ICS의 결합 전의 출력전력은 케환신호에 의하여 요구규격에 비하여 크거나 혹은 작게 나타나며, 결합

표 2. AF-ICS 결합 전/후의 출력신호의 변화
Table 2. Simulation results of the output power.

FBL (dB)	AF-ICS 결합 전		AF-ICS 결합 후	
	1.760G	1.770G	1.760G	1.770G
100	41.05	41.05	40.04	40.04
90	43.93	44.03	40.14	40.14
80	44.25	44.70	40.22	40.23
70	28.38	28.41	40.26	40.29

후의 출력전력은 약 40 dBm으로 균일하게 된다. 표 2의 실험결과는 주신호(1.760 및 1.770 GHz)에 대한 출력전력의 측정치이며 주신호에 의하여 발생하는 측대파(1.750 및 1.780 GHz) 및 기타의 혼변조 출력신호의 결과치는 표기하지 않았다. 그림 9는 CW-tone을 신호원으로 인가한 주신호에 의하여 발생하는 측대파 신호, 즉 IM 신호로서 1.750 및 1.780 GHz의 주파수에 나타나는 IM 신호의 변화상태를 나타내고 있다. 예로서 80 dB의 FBL에서의 IM 신호는 30.58 및 32.13 dBm의 크기를 가지나 AF-ICS를 결합한 후의 IM 신호는 -6.90 및 -6.82 dBm의 크기로 변화하며 모든 FBL에서도 균일한 IM 신호로 개선하고 있다는 것을 나타낸다. 그림 10은 CW-tone을 인가한 주신호 주파수의 출력상태이다.

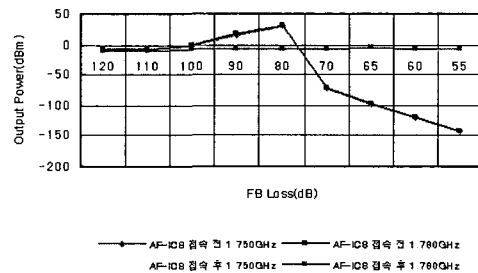


그림 9. AF-ICS 결합 전/후의 출력변화(측대파)
Fig. 9. Simulation results graph(IM signal).

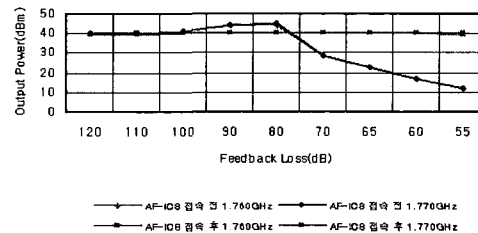


그림 10. AF-ICS 결합 전/후의 출력변화(주신호)
Fig. 10. Simulation results graph(main signal).

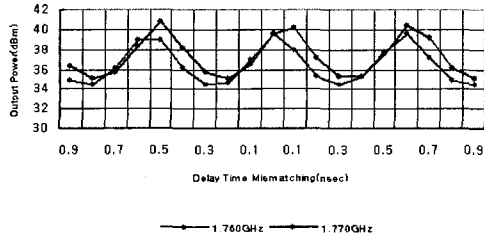


그림 11. 지연시간부정합에 의한 출력신호(주신호)
Fig. 11. Simulation results of the delay time mismatch.

지연시간 부정합에 따른 영향을 확인하기 위하여, 상쇄신호생성경로의 지연시간 T1을 기준시간으로 설정하고, 케환경로의 지연시간 T2를 변동 가능한 시간지연 변수로 가정하였다. 지연시간 T1과 T2의 부정합은 기준신호(T1=10 nsec)를 중심으로 ± 0.1 nsec의 오차단위를 가지며, 지연시간의 부정합에 의한 출력신호의 변화상태는 그림 11과 같다. 따라서 지연시간부정합에 의한 출력의 진폭변화는 약 6.0~7.0 dBm이며 변화주기는 약 0.6 nsec이다. 따라서, 지연시간 T1=T2의 조건에서 최대의 상쇄계수를 얻을 수 있으며, $T2 < T1 \pm 0.15$ nsec의 조건에서는 높은 상쇄계수를, $T2 > T1 \pm 0.15$ nsec의 조건에서는 낮은 상쇄계수를, $T2 = T1 \pm 0.3$ nsec에서 최소의 상쇄계수를 얻을 수 있다.

4-2 신호제거 변수분석

광대역 신호의 제거특성을 나타내는 그림 12는 진폭변수와 위상변수의 정밀도 및 편차에 의하여 만족에 의한 진폭의 큰 편차를 나타내며 중심 주파수를 기준으로 (-) 및 (+)의 기울기 특성을 가진

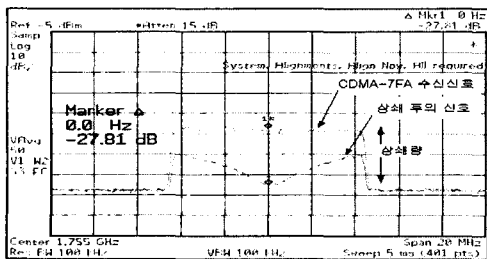


그림 12. 변수분석을 위한 신호제거 시험(7FA)
Fig. 12. B-CDMA signal(7FA) cancellation for the variable factor analysis.

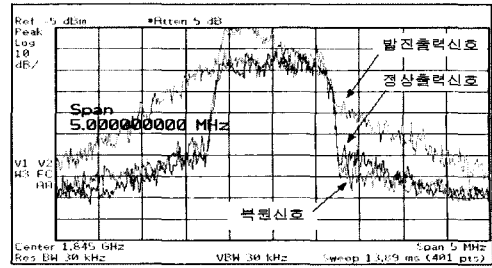


그림 13. 정밀한 변수제어 시험결과(CDMA 신호)
Fig. 13. Test result of the detailed variable control.

다. 만족과 기울기 특성을 나타내는 주요 원인은 진폭제어신호의 부정합, 위상변환기의 평탄도 및 광대역 선형성, 시간지연 특성에 의하여 발생하기 때문에 제거신호를 동진폭, 역위상 및 시간지연이 동일하게 하여야 한다. 그림 13의 발진출력 신호는 FB Loss가 증폭기의 이득(90 dB)과 동일한 크기의 케환신호에 의하여 발생하는 출력신호이며 복원된 출력신호는 가변감쇄기 및 위상변환기를 정밀 제어하여 케환된 신호를 제거하므로 발진이 제거되어 정상적으로 복원된 신호이다.

4-3 발진특성

송신신호가 수신단으로 케환되어 원하는 신호와 혼합하여 수신기에 입력하는 경우, 수신기에서는 발진현상이 나타난다. 그림 14는 전원을 인가하여 도통(on) 상태에 있을 때, 수신신호가 없는 무신호에서 증폭기의 대역내(in-band)에 나타나는 출력 noise floor(잡음층)를 케환손실(FBL) 150 dB로 설정하여 감쇄한 후, 케환입력한 경우의 출력특성이다. 그림 15는 동일한 실험조건을 이용하여 케환손실을 85

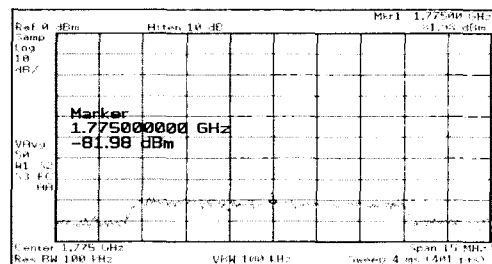


그림 14. 대역내 noise floor 특성(FBL=150 dB)
Fig. 14. In-band noise floor(FBL=150 dB).

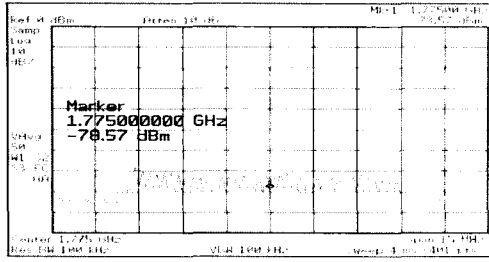


그림 15. 대역내 noise floor 특성(FBL= 85 dB)
Fig. 15. In-band noise floor(FBL=85 dB).

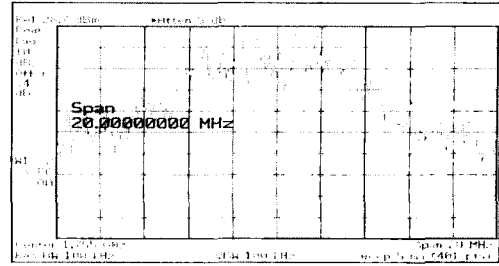


그림 17. 동일크기의 입력과 케환신호에 의한 발진
Fig. 17. Output oscillation characteristics by the input and feedback signal.

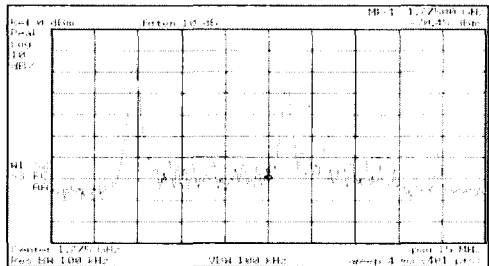


그림 16. 대역내 noise floor 특성(FBL=84 dB)
Fig. 16. In-band noise floor(FBL=84 dB).

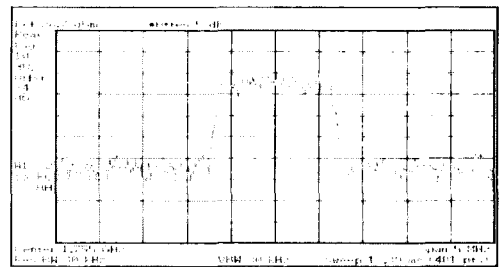


그림 18. 적응성 동작에 의하여 복원된 출력신호
Fig. 18. Reconstructed output signal.

dB로 설정한 경우이며, 그림 16은 케환손실을 84 dB로 설정한 경우의 실험결과로 중계증폭기의 발진 특성을 보여주고 있다.

4.4 시스템 통합시험

AF-ICS는 송신 안테나에서 수신단으로 케환하는 케환신호에 실시간 적응하여 상쇄신호를 생성하며, 적응성검출기를 구성하는 신호결합기의 결합점에서 상쇄신호와 원하지 않는 케환신호가 혼합된 수신신호를 결합하여 케환신호를 상쇄시켜 준다. 따라서, 다음의 실험은 송신신호의 케환에 의하여 나타나는 현상을 확인하기 위한 실험으로, 원하는 신호와 원하지 않는 케환신호가 혼합되어 수신되는 경우, AF-ICS의 결합 전 및 결합 후의 출력신호의 변화를 측정할 출력특성으로서 적응성 케환간섭잡음제거기의 적응성 특성을 보여주는 실험결과이다.

그림 17은 원하는 수신신호(-58 dBm)와 동일 크기의 케환신호가 수신단에서 결합하여 입력되는 경우에 나타나는 증폭기의 출력특성이며, 그림 18은 발진현상을 제거하기 위하여 AF-ICS를 결합하여 케환된 케환신호를 제거한 경우의 출력특성이며,

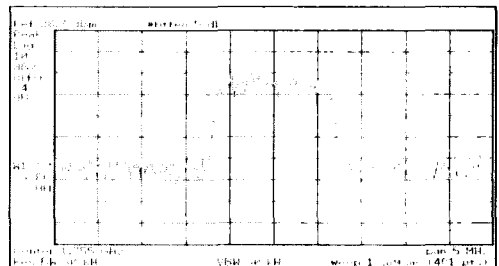


그림 19. 정상적인 중계증폭기의 출력특성
Fig. 19. Output signal of the normal repeater.

그림 19는 정상적으로 동작하는 증폭기의 출력신호이다.

95 dB의 이득 및 20 Watts의 전력증폭기를 가지는 무선 중계(증폭)기 SPR-1800A(LG Telecom)에 대한 최대출력 및 송신신호의 케환에 의하여 원하는 신호와 케환신호가 혼합되어 수신되는 경우에 AF-ICS 결합 전/후의 출력신호의 변화는 중심 주파수 1.865 GHz를 기준으로, 상측대역 및 하측대역 5 MHz를 포함하는 10 MHz 대역의 total channel power(dBm/10 MHz)의 변화 결과는 표 3과 같다.

표 3. AF-ICS 결합 전/후의 출력전력의 변화
Table 3. Variation of the output power level by the AF-ICS(FBL=Feedback Loss).

측정기준단위		dBm/10 MHz, AF-ICS		
FA	FBL	결합 전	결합 후	Ch pwr
3	95	42.91	40.13	40.98
	90	44.30	40.19	
4	95	42.03	39.36	39.66
	90	43.38	39.90	

4-5 기타

무선 중계(증폭)기는 주파수 제어(controlled)된 광대역 선형 RF 증폭기이며, 동일 주파수를 사용하는 중계기(on-frequency repeater : RF repeater)의 문제점은 안테나 상호간의 결합을 및 분리도이며, 해결방안으로 간섭잡음제거기의 응용이 제안되고 있다. 따라서, 상기의 실험결과에 의하여 AF-ICS의 적응성에 의하여 케환신호를 제거할 수 있고, 케환신호의 제거에 의하여 발진을 방지할 수 있으며, 요구 규격에 적합한 출력전력을 나타낼 수 있음을 증명하였다. 따라서, AF-ICS 관련 기술을 응용하여 OFR에서 발생하는 케환신호를 제거할 수 있으며, 케환신호의 제거에 의하여 발진을 방지하며 송수신 안테나의 분리도를 향상할 수 있음을 알 수 있다. 이러한 특성을 가지는 AF-ICS 기술은 동일 주파수를 사용하여 송수신을 행하는 모든 무선통신 시스템 및 일반적 무선통신 시스템에서 발생하는 케환신호의 제거를 위하여 적용이 가능한 기술이다.

V. 고찰 및 결론

본 논문은 기존에 제시된 ICS 기술의 단점을 개선하기 위하여 적응성검출기, 적응성 케환 알고리즘 및 적응성상태감시제어 기능을 도입하여 실시간 변화하는 무선통신 환경에서 수신단으로 케환하는 케환신호를 실시간 적응하여 제거할 수 있는 시스템을 구현한 것으로 발진을 방지하고 출력신호의 개선효과를 가지고 있음을 확인하였다.

본 논문에서 제안한 AF-ICS의 모의실험에 의하면, 적응성검출기의 성능계수(40~44 dB : 오차계수 및 성능지수)에 의하여 측대파(IM) 신호에 대한 높은 제거율을 나타내며 수신호에 대한 출력전력의

변화를 완전복원이 가능하다. 또한, 지연시간 부정확에 따른 출력전력의 변화주기는 약 0.6 nsec이며, 6.0~7.0 dBm의 편차를 가지므로 최적의 상쇄율을 얻기 위한 지연시간의 오차범위는 ± 0.15 nsec이며, 오차내에서 동작할 수 있도록 지연시간을 제어하여야 한다.

AF-ICS의 구현 및 결과실험에서는 약 13~15 dB의 적응성 검출기의 성능지수를 얻을 수 있었으며, AF-ICS의 적응성에 의하여 중계기의 이득과 동일한 케환손실(95 dB)을 가지는 케환신호는 완전제거가 가능하며, 또한 발생하는 발진특성은 완전제거되어 시스템의 요구규격에 만족한다. 약 5 dB가 작은 케환손실(90 dB)에서는 출력특성의 복원 가능성을, 약 10 dB가 작은 케환손실(85 dB)에서는 특성의 복원이 불가능함을 확인하였다. 이러한 실험의 결과는 적응성검출기의 낮은 성능지수(13~15 dB) 때문에 나타난 결과이며, 성능지수를 향상하면 충분히 작은 케환손실의 신호도 제거할 수 있을 것으로 판단되므로 적응성검출기의 성능지수를 향상하기 위하여 지속적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] W. T. Slingsby, J. P. McGeehan, "Antenna isolation measurements for on-frequency radio repeaters", *Antennas and Propagation, 1995, Ninth International Conference on(Conf. Publ. No. 407)*, vol. 1, pp. 239-243, 1995.
- [2] W. T. Slingsby, J. P. McGeehan, "A high-gain cell enhancer", *Vehicular Technology Conference, 1992, IEEE 42nd*, vol. 2, pp. 756-758, 1992.
- [3] E. H. Drucker, "Development and application of a cellular repeater", *Vehicular Technology Conference, 1988, IEEE 38th*, pp. 321-325, 1988.
- [4] R. N. Ghose, *Interference Mitigation Theory and Application*, IEEE Press Inc., pp. 24-38, 1996.
- [5] B. Widrow, S. D. Stearns, *Adaptive Signal Processing*, pp.302-311, Prentice Hall Inc., 1985.
- [6] 김선진, "적응성 케환간섭제거장치", 한국특허, 특허등록번호 1003420020000.
- [7] 서경환, "동일 채널 이중 편파를 적용하는 디지털

텔 무선중계장치의 직교편파간섭제거기 설계에 관한 연구”, 한국전자과학회논문지, 13(3), pp. 225-236, 2002년.

[8] 고성선, “인접 송수신 안테나간의 무선 주파수 간섭제거 시스템”, 한국특허, 특허등록번호 100-226360000.

[9] Sang-Gee Kang, Il-Kyoo Lee and Ki-Suk Yoo, "Analysis and design of feedforward power amplifier", *Microwave Symposium Digest, 1997., IEEE MTT-S International*, vol. 3, pp. 1519-1522, 1997.

김 선 진



섭잡음제거기 등

1984년 2월: 영남대학교 전자공학과 (공학사)
1987년 2월: 한양대학교 전기전자공학과 (공학석사)
1999년 3월~현재: 광운대학교 전자공학과 박사과정
[주 관심분야] 무선통신 시스템, 간섭잡음제거기 등

김 중 헌



파공학과 조교수

[주 관심분야] RF, RF power Amplifier, EMC 등

1984년 2월: 광운대학교 전자통신공학과 (공학사)
1990년 6월: 독일 Ruhr Univ. Bochum 전자공학과 (공학석사)
1994년 8월: 독일 Dortmund University 전자공학과 (공학박사)
1995년 4월~현재: 광운대학교 전자공학과 조교수

이 제 영



링 및 시스템설계 등

1998년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학사)
2001년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학석사)
2001년 3월~현재: 광운대학교 전자공학과 박사과정
[주 관심분야] RFIC, MMIC, 모델링 및 시스템설계 등

이 병 제



사)

2000년 4월~현재: 광운대학교 전파공학과 조교수
[주 관심분야] 마이크로 스트립 안테나 등

1983년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1993년 12월: 미국 Southern Illinois University 전자공학과 (공학석사)
1997년 5월: 미국 Southern Illinois University 전자공학과 (공학박사)

이 중 철



1998년 4월~현재: 광운대학교 전파공학과 조교수
[주 관심분야] 초고주파 및 광전자 공학, RF MEMS 등

1983년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학사)
1985년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학석사)
1989년 12월: 미국 Arizona State University 전자공학 (공학석사)
1994년 5월: 미국 Texas A&M University 전자공학 (공학박사)

김 남 영



[주 관심분야] 초고주파 집적회로, MMIC, ASIC 등

1987년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학사)
1991년 2월: New York 주립대학교 전자공학과 (공학석사)
1994년 2월: New York 주립대학교 전자공학과 (공학박사)
1994년 9월~현재: 광운대학교 전자공학과 부교수, 미션텔레콤(주) 대표이사, RFIC 센터장