
TDD 시스템에서 송수신 격리도 향상 방법

강 상 기*

A Method of Improving Isolation Between Tx and Rx Paths in TDD Systems

Sanggee Kang*

요 약

TDD 시스템에서는 스위치나 써큘레이터를 이용해서 송수신 경로를 구분한다. 송수신 경로의 격리도가 낮은 경우 송신신호는 수신기에 간섭원으로 작용하며, 수신기의 성능을 악화시킨다.

본 논문에서는 TDD 시스템에서 송신 경로와 수신 경로 사이에 높은 격리도를 갖는 방법을 제안한다. 또한 논문에서 제안한 격리도 향상 방법의 타당성을 검증하기 위해서 제안한 격리도 향상 모듈을 제작하였고, 제작된 격리도 향상 모듈의 특성을 시험하였다. 특성 시험 결과 제작된 격리도 향상 모듈은 30MHz 대역폭에서 44.8dB 이상의 격리도 향상이 있음을 확인하였다.

ABSTRACT

A switch or circulator is used for distinguishing between the paths of transmitter and receiver in TDD systems. If the isolation between Tx and Rx paths is low in TDD systems, the output signal of the transmitter acts as an interferer to the receiver even if the transceiver operates on the receiver mode.

In this paper we propose a method to get high isolation characteristics between transmitting and receiving paths in TDD systems. We implement the module with a proposed improving method to verify the effect of the isolation improvement and the experimental results are presented. The isolation improvement of above 44.8 dB over the frequency bandwidth of 30 MHz is obtained from the implemented isolation improvement module.

키워드

격리도(Isolation), 시분할듀플렉싱(Time Division Duplexing), 써큘레이터(Circulator), 전력증폭기(High Power Amplifiers)

I. 서 론

WLAN(Wireless Local Area Network)은 무선 환경이 좋은 open site에서 수백 미터까지 신호를 송수신할 수 있다. 그러나 WLAN으로 WAN(Wide Area Network)과 같이 넓은 지역을 관장하기 위해서는 많은 수의 WLAN이 필요하며, 단말기가 빠른 속도로 WLAN 사이를 이동한다면 WLAN으로는 이동성 확보가 충분하지 않다.

Wibro는 2.3GHz 대역에서 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)과 같은 전송속도로 인터넷 서비스를 제공하는 시스템이다. Wibro는 송수신 신호의 구분을 위해서 TDD 방식을 이용한다. TDD 시스템에서는 시스템이 수신 모드로 동작할 때, 송신기의 신호가 수신 경로로 유입될 수 있다. 따라서 TDD 시스템에서는 송수신 분리도가 적절하지 않은 경우 수신감도가 많이 악화된다.

TDD 시스템에서 송수신 분리를 위해서 사용하는 소

* 군산대학교

자는 스위치나 써큘레이터이다. 본 논문에서는 써큘레이터를 사용하면서도 스위치를 사용하는 경우에 얻을 수 있는 정도의 격리도 향상 방법을 제안한다. 그리고 본 논문에는 제안한 격리도 향상 모듈이 원하는 특성을 갖는지 확인하기 위해서 실제 격리도 향상 모듈을 구현하고 실험한 결과를 기술한다.

II. TDD 시스템에서 격리도 향상 방법

TDD 시스템에서 송수신 신호는 그림 1과 같이 스위치를 이용하거나, 그림 2에서 처럼 써큘레이터를 이용해서 구분한다. 그림 1과 같이 스위치를 이용해서 송수신 신호를 구분하는 경우, 큰 전력취급 능력을 갖는 스위치가 필요하며, 스위치가 동작할 때 발생하는 잡음을 억제할 수 있어야 한다. 그리고 스위치는 전기적으로 동작하는 것이기 때문에 높은 신뢰성을 필요로 한다. 써큘레이터를 이용하는 경우에는 그림 2에 나타낸 것과 같이 안테나와 부정합 또는 필터와 부정합 등에 의해서 써큘레이터가 가지고 있는 원격리도 보다 더 열화된 특성을 가질 수도 있다. 그림 2와 같이 TDD 시스템에 써큘레이터를 이용하는 경우, 원하는 격리도를 보장하기 위해서 출력전력을 on/off하는 기능을 갖는 전력증폭기가 필요하다.

다. 써큘레이터의 격리도 특성은 대략 20dB 정도이며, 이와 같은 격리도는 시스템에서 필요로 하는 격리도 규격을 만족하지 못한다. 따라서 써큘레이터를 사용하는 경우에는 격리도 확보를 위해서 그림 2에 나타낸 것과 같이 HPA on/off와 같은 제어신호를 이용해서 전력증폭기의 출력전력을 on/off 하는 방법을 사용한다. 그리고 그림 2에 나타낸 것처럼 갑작스럽게 큰 송신신호가 수신기로 유입됨으로 인한 저잡음증폭기의 고장을 방지하기 위해서 수신 신호에 대한 limiting 기능을 저잡음증폭기 전단에 구현한다. 만약 격리도가 시스템에서 필요로 하는 규격을 만족하지 못하면, 송신 신호의 일부가 수신 경로로 유입된다. 이렇게 수신 경로로 유입된 송신 신호는 수신 신호에 간섭원으로 작용하기 때문에 수신기의 감도를 악화시키며, 전체 시스템의 성능이 저하된다.

본 논문에서 제안하는 격리도 향상 모듈의 동작원리는 그림 3으로 설명된다. 제안하는 격리도 향상 모듈의 동작원리는 피드포워드 전력증폭기의 신호제거 루프의 동작원리와 유사하다. 그림 3에서 HPA 다음에 위치하는 커플러의 출력 신호는 두 개로 나뉘어지며, 두 개로 나뉘어진 신호 중의 하나는 지연선로(delay line)로 인가되고, 다른 하나는 cancellation loop의 스위치로 인가된다. 만약 두 개로 나뉘어진 신호가 크기는 같고 위상이 180도 다르다면, 이 두 신호의 전력합성 값은 0이 된다. 따라서 제안

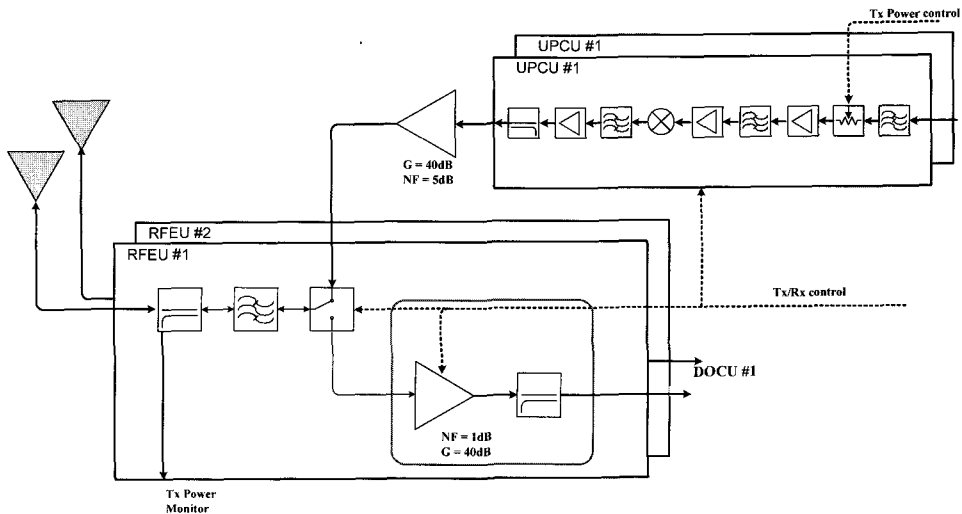


그림 1. 송수신 신호 구분을 위해서 스위치를 이용한 TDD 시스템의 구성
 Fig. 1 TDD system using a switch for separating Tx and Rx signals(UPCU:Up Converter Unit, DOCU: Down Converter Unit, RFEU: Radio Front-End Unit)

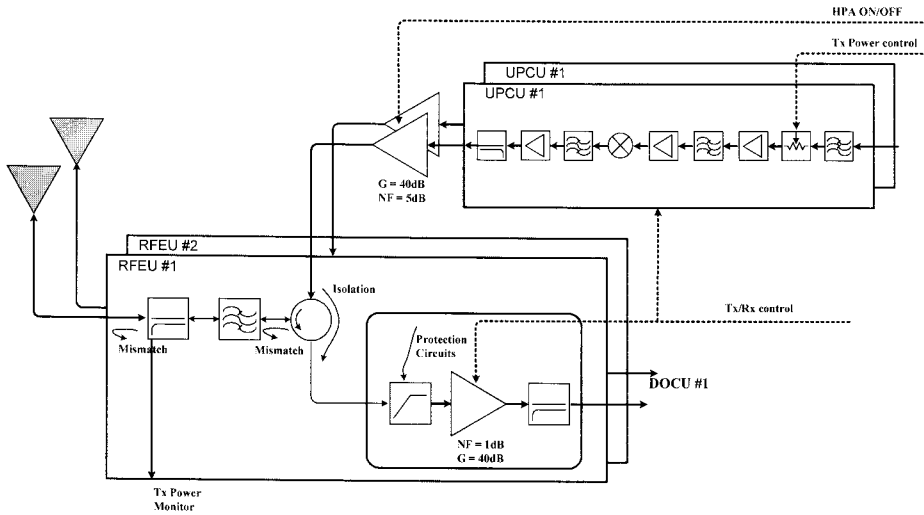


그림 2. 송수신 신호 구분을 위해서 써큘레이터를 이용한 TDD 시스템의 구성
 Fig. 2 TDD system using a circulator for separating Tx and Rx signals

한 격리도 향상 모듈이 이상적으로 동작하는 경우 송신기로부터 출력되는 신호가 없기 때문에 무한값의 송수신 격리도를 얻을 수 있다. 실제의 경우에는 송신기의 출력이 제거되는 만큼 격리도가 향상된다. 이와 같은 격리도 향상 동작은 TDD 시스템이 수신 모드로 동작하는 경우에 이루어지며, TDD 시스템이 송신 모드로 동작하는

경우에는 그림 3의 cancellation loop 내에 위치하는 저전력 스위치를 이용해서 주송신경로와 송신표본경로를 분리시킴으로써 송신경로로 잡음의 유입을 방지한다.

그림 3에서 파일럿 신호는 송신표본경로의 크기와 위상을 제어하기 위해서 사용한다. 만약 수신모드로 동작 시 송신기의 파일럿 신호가 수신기에서 검출되면 격리

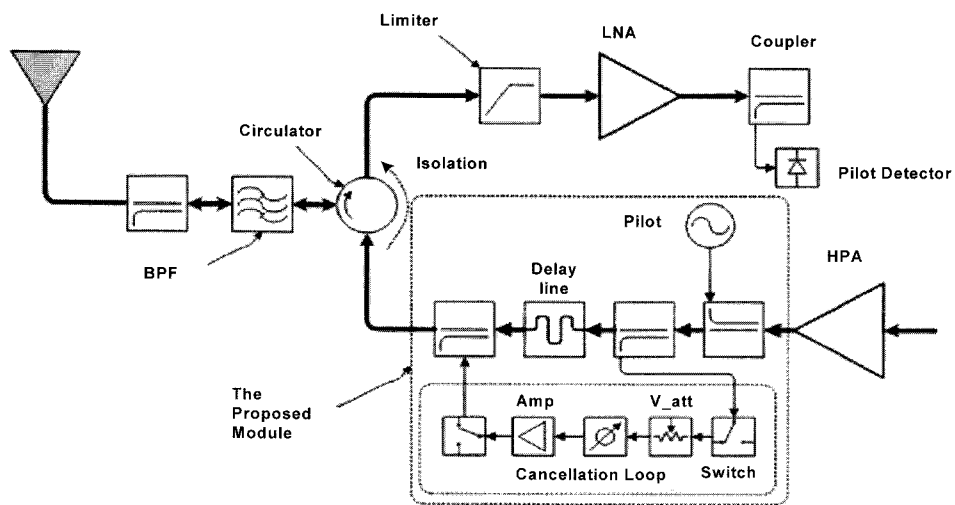


그림 3. 제안한 격리도 개선 모듈의 간략화한 구성도
 Fig. 3 The simplified block diagram of the proposed isolation improvement module

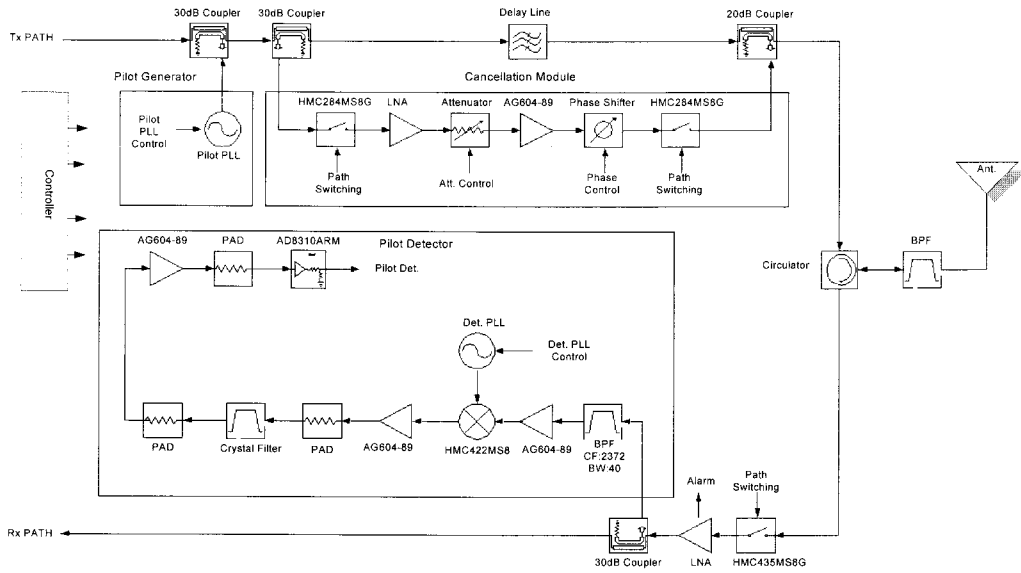


그림 4. 구현한 격리도 개선 모듈의 블럭도
 Fig. 4 The block diagram of the implemented isolation improvement module.

도 항상 모듈 내의 가변감쇠기와 위상변환기를 조절함으로써 검출되는 파일럿의 크기를 줄일 수 있다. 이때 검출되는 파일럿의 크기가 작을 수록 격리도는 향상된다. 송신표본경로의 크기와 위상을 제하기 위한 방법으로는 [2]에 기술된 LMS 알고리즘을 이용하였다.

III. 구현 및 시험 결과

구현한 격리도 향상 모듈의 구성도는 그림 4와 같다. 그림 4에서 알 수 있듯이 격리도 향상 모듈은 파일럿 생성기, cancellation 모듈, 지연선로, 파일럿 검출기 및 4개의 커플러 그리고 제어기 등으로 구성된다. 넓은 주파수 범위에서 많은 격리도 향상을 위해서는 송신기의 주경로와 표본경로 사이의 지연불일치(delay mismatch)를 최소화해야 한다.

표본경로가 동작하기 이전에 주송신경로의 S21(그림 3에서 제안한 모듈의 입출력 사이의 S21)은 그림 5와 같이 2370MHz에서 -1.2dB, 2400MHz에서 -1.16dB로 측정되었다.

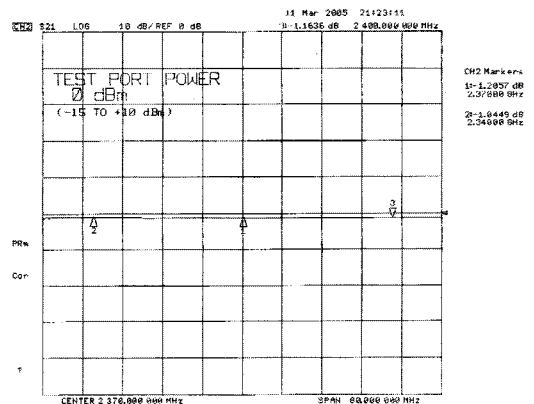


그림 5. 표본경로가 동작하기 이전의 송신경로이득
 Fig. 5 Gain of the Tx path before the sampling path operates

표본경로가 동작하는 경우 송신경로의 S21은 그림 6과 같이 2370MHz에서 -56.52dB이고, 2400MHz에서 -45.97dB로 측정되었다. 그림 5와 그림 6으로부터 격리도 특성은 2370MHz에서 55.32dB, 2400MHz에서 44.81dB가 향상되었음을 알 수 있다. 이 결과로부터 본

논문에서 제안한 격리도 향상 모듈은 30MHz 대역폭에서 약 44.8dB 이상의 격리도 향상이 가능함을 알 수 있다. 격리도 향상 모듈의 적절한 동작을 위해서 사용한 파일럿 신호는 안테나 단자에서도 나타나며, 그림 7과 같이 안테나 단자에서 파일럿 전력은 -96dBm으로 측정되었다. 이와 같은 파일럿 전력은 스푸리어스 방사 규격을 만족한다. 그림 8은 구현한 격리도 향상 모듈의 내부 사진이다.

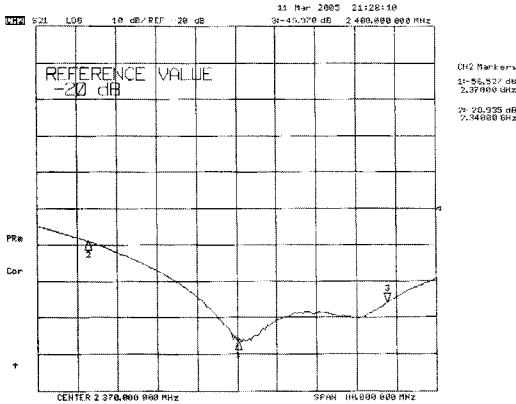
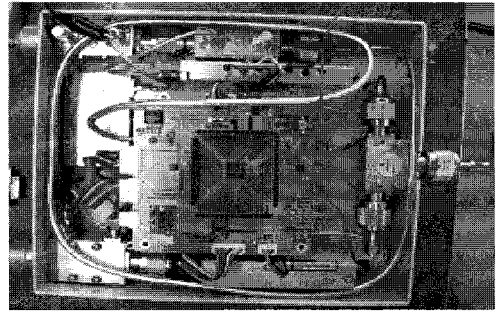
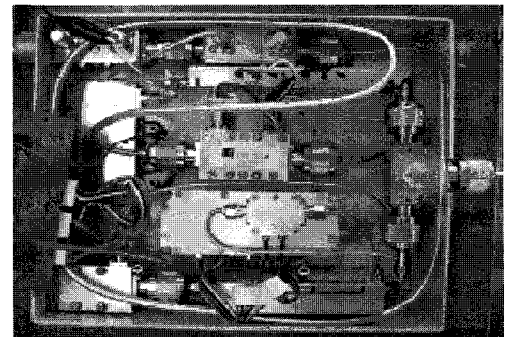


그림 6. 표본경로가 동작한 후의 송신경로이득
Fig. 6 Gain of the Tx path after the sampling path operates



(a)



(b)

그림 8. 구현한 송신격리도 향상 모듈의 내부사진
Fig. 8 The inside of the implemented isolation improvement module

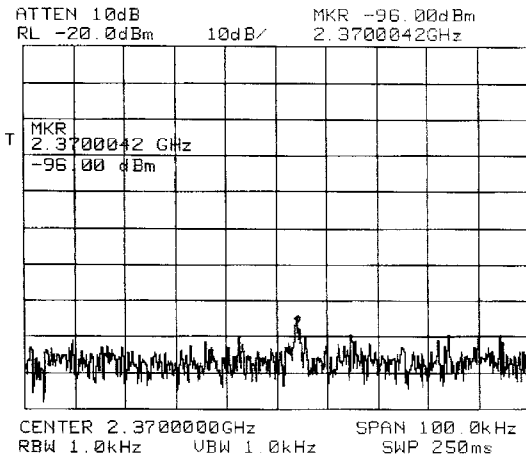


그림 7. 안테나 포트에서 파일럿 신호
Fig. 7 Pilot leakage at the antenna port

IV. 결론

본 논문에서는 TDD 시스템에서 송수신 경로 사이의 격리도 향상 방법을 제안하였다. 제안한 격리도 향상 모듈은 전력스위치를 이용하는 경우 보다 복잡한 구성을 갖지만 파일럿을 이용해서 모듈 뿐만 아니라 송수신기의 동작 상태를 확인할 수 있는 잇점도 있다. 본 논문에서 제안한 격리도 향상 모듈을 구현해서 측정된 결과 2370 ~ 2400MHz 대역에서 44.8dB 이상 격리도가 향상되었다. 이와 같은 결과는 본 논문에서 제안한 격리도 향상 방법이 민감한 수신감도를 갖는 송수신기에 유용하게 적용될 수 있음을 증명한다.

참고문헌

- [1] WiMax Forum, www.wimaxforum.org
- [2] Sanggee Kang, Huimin Lee and Seongyong Hong, "Method of reducing the effects of a delay mismatch variation in a linearization loop," IEE proceeding Antennas, Microwaves & Propagation, vol. 151, no. 5, pp. 455-459, Oct. 2004.
- [3] Sanggee Kang, Myungsun Song, Huimin Yi and Seongyong Hong, "Adaptive control method for a feedforward amplifier," VTC2004 spring, May 2004

저자소개



강 상 기(Sanggee Kang)

1988년 단국대학교 전자공학과
(공학사)

1989년 삼성반도체통신

1989 ~ 1992 해군통신장교

1994년 단국대학교 전자공학과(공학석사)

2004년 충남대학교 전파공학과(공학박사)

1994 ~ 2005 한국전자통신연구원 선임연구원

2005 ~ 현재 군산대학교 전자정보공학부 조교수

※ 관심분야: RF/MW 부품 및 시스템