

코채널 이중편파 기술을 적용한 B-WLL 의 주파수 배치 및 채널간섭 제거기에 대한 연구

이재원*, 서경환**, 정한욱*

*한국통신, **강남대학교

Frequency Planning and Interference Rejection with Co-Channel Dual-Polarization Technique in B-WLL Applications

Jae-Won Lee*, Kyoung-Whoan Suh**, Han-Wook Jung*

* Korea Telecom, ** Kangnam University

Abstract - In this article, as a way of pursuing high spectral efficiency and flexible cell planning, co-channel dual-polarization techniques are suggested for B-WLL applications. It provides a double down stream capacity compared with conventional scheme and also makes some flexibility in cell planning. In order to implement co-channel B-WLL system, some frequency plans, interference cancellation methods, and system block diagrams are presented here.

I. 서론

광대역무선가입자망(Broadband Wireless Local Loop: B-WLL)에서는 기지국에서 가입자에게 무선전송을 TDM(Time Division Multiplexing)방식으로 전송한다^[1]. 셀 설계시에 편파를 갖는 주파수를 셀 또는 섹터에 배정한다. 이때 선택할 수 있는 독립 변수는 주파수와 편파로 제한된다. 따라서 동일 주파수 및 편파를 사용하는 이웃 셀 또는 섹터 간에는 가능한 멀리 떨어져 상호 간섭을 최소화 및 최적상태의 셀 설계를 목표로 한다^[2-4].

본 논문에서는 코채널 이중편파^[5-7](Co-Channel Dual Polarization)셀 설계 방법을 제안하여 기존 방식에 비해 전송 용량을 2배 향상시킴으로써 제한된 주파수 자원을 효율적으로 이용하고, 셀 설계에 있어서 다양한 선택을 제시함으로써 유연성을 주고자 한다. 또한 이러한 코채널 적용에 따른 장치의 구조와 이때 발생하는 교차편파 간

섭(Cross-Polarization Interference : XPI)을 제거하기 위한 교차편파 간섭제거기(Cross-Polarization Interference Canceller : XPIC)의 구조 및 방법을 제시하며, 코채널 이중편파 적용시에 B-WLL 기지국 및 가입자 단말의 구조에 대해 제안한다.

II. 인터리브드(Interleaved) 주파수계획

B-WLL의 셀에서 채널을 할당하는 기존 방법은 하나의 셀 또는 섹터에 어느 특정한 주파수에 수직 또는 수평편파를 지정하는 것이다. 따라서 주어진 독립변수에 따라 주파수 및 편파를 적용하여 셀 설계를 하게 된다. 그림 1에서는 기존 방식의 RF(Radio Frequency) 채널(CH) 과 편파 배정을 한 예로 나타낸 것이며, 이를 인터리브드(interleaved) 주파수 계획이라 한다. 즉, 주어진 셀 또는 섹터의 채널에 대해 2개의 편파를 동시에 적용하지 않는 것이다.

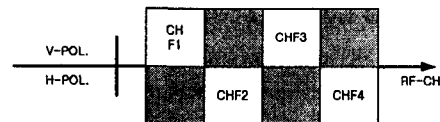


그림 1. 인터리브드 주파수 계획

그림 2에서는 하나의 셀(cell 1)이 4개의 섹터로 구성된 경우에 그림 1에서의 편파를 갖는 4개의 RF 채널을 가지고 셀 설계를 한 경우이다. 이때 사용하지 않는 RF 채널 4개(그림 1에서 점선으로 친 F1 H-pol, F2 V-pol, F3 H-pol, F4 V-pol)는 이

웃하는 셀의 주파수 배정에 적용되며, 그림 3에서 cell 2로 나타내었다. 따라서 그림 3은 셀 확장시에 기본 클러스터(cluster)가 되며, 그림 1에서 제시한 RF Channel 4개와 편파를 모두 적용한 경우가 된다. 물론 8개(주파수(4) × 편파(2))의 독립 변수로 셀 설계를 하는 방안은 여러 가지가 될 수 있다.

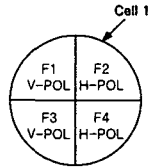


그림 2. 주파수 및 편파 배정에

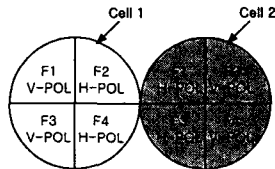


그림 3. 기본 클러스터 셀 구조 예

III. 코채널(Co-Channel)의 주파수 계획

본 논문에서 제안한 방법은 하나의 RF 채널에서 독립적인 두개의 편파를 적용한 코채널 방식의 셀 설계이다. 코채널은 동일한 RF 캐리어(carrier) 주파수에 서로 독립적인 두 개의 편파(직선편파인 경우; H-pol 및 V-pol, 원편파인 경우; 우수계 원편파(RHCP) 및 좌수계 원편파(LHCP))를 적용하여 변조된 신호를 전송하는 방식을 의미한다. 임의의 서로 직교한 두 직선편파의 합은 좌수계 원편파 또는 우수계 원편파로 나타낼 수 있다. 그림 4에서는 코채널 방식을 적용한 셀 설계의 예를 보여 준다. 단, 그림 1에서 제시된 4개의 RF 채널을 모두 적용한 경우이며, 하나의 셀에 변수를 다 적용하였으므로 그림 2의 셀과 비교하여 전송 용량이 2배가 된다. 그러나 그림 2에서는 아직 사용하지 않는 4개의 RF 채널의 변수(그림 1에서 점선으로 친 F1 H-pol, F2 V-pol, F3 H-pol, F4 V-pol)를 감안하면 전체 용량은 동일하다고 볼 수 있으며, 이는 그림 3에서 제시된 기본 클러스터의 용량이 된다. 그러나 하나의 셀을 두고 보면 셀 설계에 있어서 코채널 주파수 할당방식은 분명히 전송 용량을 배가

시킬 수 있다. 그림 4에서는 이미 8개의 독립변수를 다 적용하였기 때문에 셀 확장 시에는 새로운 주파수 배정이 불가능한 상태이다. 따라서 불가피 그림 4에서 적용한 변수를 다시 적용하여야 한다. 그림 5는 그림 4에서 cell 2가 추가되어 확장된 셀 배정의 한 예를 보여 주며, 인접 셀의 섹터간에는 동일 주파수가 가능한 기하학적으로 멀리 배정이 되도록 한다.

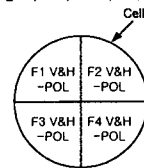


그림 4. 코채널 주파수 셀 계획 예

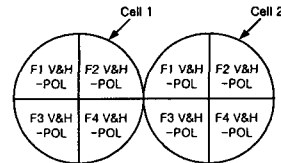


그림 5. 코채널 주파수 배정 시 확장된 셀 계획의 예

한편 제안된 방법이 코채널 주파수 배정이므로 그림 2의 용량과 동일하게 배정한다면 나머지 채널의 주파수도 셀 확장용으로 독립 변수처럼 적용이 가능하다.

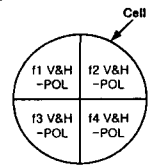


그림 6. 코채널 주파수의 셀 계획 예

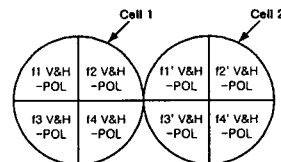


그림 7. 기본 cluster 셀 구조 예

그림 6에서는 그림 2에서 각 채널의 주파수 대역이 절반만 사용된 경우이다. 즉, $f1=F1/2$, $f2=F2/2$, $f3=F3/2$, $f4=F4/2$ 이다. 따라서 각 채널의 나머지 주파수 대역은 셀 확장용으로 적용이 가

능하며, 이를 그림 7에서 나타내었다. 그림 7에서 cell 1의 채널 f_1 과 cell 2의 채널 f_1' 의 합은 그림 2 또는 4의 채널 F1의 대역폭과 동일한 경우이다. 즉 $F1=f_1+f_1'$ 이며, 나머지 f_2 및 f_2' , f_3 및 f_3' , f_4 및 f_4' 의 합은 각각 F2, F3, F4이다. 그림 4 또는 그림 5에 비하여 하나의 셀이 전송할 수 있는 용량은 절반밖에 되지 않지만 기본 클러스터 구조가 그림 4에 비해 하나의 셀간격 만큼 떨어져 있다. 또한 그림 7을 그림 3과 비교하면 주파수 대역폭을 반으로 사용하지만 전체 전송 용량 측면에서는 동일하며, 기본 클러스터 구조도 같음을 알 수 있다. 이상과 같이 코채널을 이용하면 셀 설계시에 이점이 있다. 그러나 코채널 적용에 따른 동일 채널간에 간섭이 발생할 수 있다. 비록 B-WLL이 가시선(Line of Sight : LOS)이 확보된 상황에서 적용하나, 다중경로에 따른 편파의 변화에 따른 depolarization 영향, 즉 교차편파간섭(XPI)으로 인해 전송품질의 저하에 원인이 될 수도 있다. B-WLL에서는 사용 주파수가 높아 장거리 Point-to-Point 고정통신(4.0~13.0GHz 사용)용의 무선 전송장치보다 환경이 양호한 상태이긴 하나, 교차편파 간섭제거를 위한 기술이 필요하게 된다.

IV. 장치 및 간섭제거기 구조

그림 8에서는 코채널 이중편파 도입에 따른 XPI 및 다중경로 페이딩에 대한 채널의 모델링을 보여 준다.

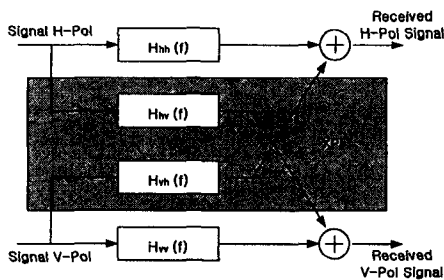


그림 8. XPI 및 다중경로 페이딩에 대한 채널 모델링

그림에서 알 수 있듯이 4개의 전달함수가 존재하며, H_{hh} , H_{vv} 는 각각 수평 및 수직 경로에 대한 식이며, H_{vh} , H_{hv} 는 XPI에 기인한 등가적인 전달

함수를 의미한다. 전파 채널상에서 발생된 XPI(그림 8에서 전달특성 H_{vh} , H_{hv} 해당)제거를 위해서는 일반적으로 수신기의 IF(Intermediate Frequency)단 또는 기저대역(Baseband)에서 처리한다. 그림 9에서는 IF 단에서 구성한 교차편파간섭제거기(XPIC)의 구조를 나타낸 것이며, 복조기 전단에서 아날로그 형태의 transversal filter로 구성된다. 필터의 tap 계수 제어를 위해 복조부의 최종 데이터의 결정회로부터 신호를 받아 제어하게 된다.

한편 그림 10에서는 기저대역의 XPIC 구조를 나타내며, 복조부내에 부착한 복소 디지털 필터로 XPI를 제거하게 된다. 그림에서 등화기(equalizer) 및 XPIC는 FIR filter의 동일한 구조를 취하므로, 설계 및 구현이 되면 입력 데이터의 펄스를 shaping 하는 디지털 여파기, 시간영역 적응 등화기(Adaptive Time Domain Equalizer : ATDE), XPIC 등으로 적용이 가능하다[7].

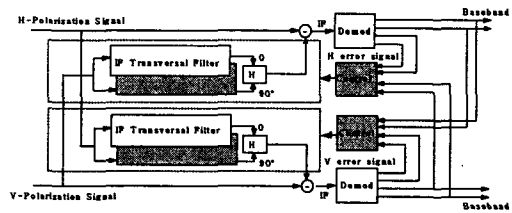


그림 9. IF 단의 XPIC 구조

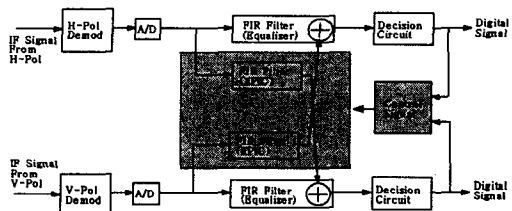


그림 10. 기저대역 단의 XPIC 구조

Depolarization에 의한 XPI 양이 매우 적을 경우에는 XPIC가 필요 없이 가입자 단말에 시간영역 적응 등화기(ATDE)로 충분히 간섭 및 다중경로의 영향을 제거할 수 있을 것이다. 따라서 실제 측정예 의한 신호로부터 XPI 양이 어느 정도인지 파악이 필요하다.

이러한 장치를 구성하기 위해서는 송신기 측면에서 코채널 장치 구성이 필요하다. 그림 11에서 나타낸 바와 같이 기지국 또는 COT(Central

Office Terminal)에서 변조기에 들어오는 수직 및 수평 신호사이에는 clock 및 국부발진기의 신호가 서로 동기가 이루어져야 하며, 수신기에서는 별도의 동기의 조건을 요구하지 않는다. 다음으로 가입자 장치에서도 코채널 수신을 위한 회로 구성이 필요하다. 종전의 가입자 장치는 하나의 편파에 대해 수신기 및 복조기를 구성한다. 그러나, 제안한 dual-pol 단말기의 구성은 3 가지 방안으로 구현이 가능하다.

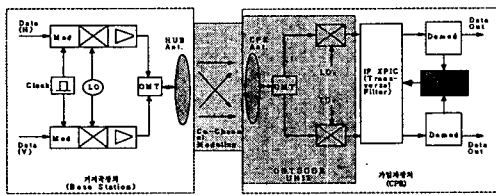


그림 11. 코채널 방법을 적용한 기지국 및 가입자장치 구성도

첫째는 코채널 이중편파에 대한 수신기 및 복조기를 각각 구성하는 방식이다. 이는 기존의 단말에 이중편파에 따른 하나의 단말을 더 추가한 경우이다. 이때 가입자 장치의 복조부 구성은 복조부에 XPIC 및 시간영역 적응등화기(ATDE)가 필요하다. 그림 9 및 그림 10에서 나타낸 바와 같다. 만약 XPIC의 양이 적어 무시할 수 있으면 복조부에 시간영역 적응 등화기(ATDE)만 부착하여 운용할 수 있다. 둘째로 안테나에서는 이중편파를 수신하고, 수신된 신호를 RF 단에서 스위칭하여 편파를 선택 및 수신하도록 하는 방법이다. 이는 outdoor unit은 이중화 구조를 취하고, Set-Top-Box는 기존의 단말처럼 하나로 이용될 수 있다. 셋째로는 안테나 port에서 switching하여 편파를 선택함으로써, 기존의 단말을 그대로 사용하는 방법이다. 둘째 및 셋째 방법에서는 그림 12와 같이 XPIC를 제외한 ATDE만으로 동작하게 된다.

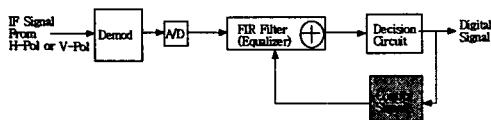


그림 12. 기저대역 단의 시간영역적응등화기(ATDE)를 장착한 복조부 구성도

V. 결 론

본 논문에서는 코채널 이중편파 기술을 B-WLL의 주파수 및 셀 계획에 적용할 수 있는 방법과 이에 따른 장치 및 단말의 구조, 그리고 채널의 간섭제거를 위한 방안을 제시하였다. 코채널 기술은 동일한 채널대역으로 종전의 방식에 비해 전송 용량을 배로 증가 시킬 수 있어, 셀 설계시에 가입자 용량에 따라 주파수 배정의 유연성을 준다. 또한 H/W 적으로 종전의 방식에 비해 RF 채널 대역폭의 절반으로도 동일한 전송용량을 가지므로 높은 주파수에서 넓은 대역폭(wideband)에 대한 선형성 요구에 대한 부담을 상대적으로 줄여 줄 수 있다. 끝으로 본 논문에서 제시한 코채널 이중편파 방식을 이용하는 방안과 장치 구성은 B-WLL의 셀 설계뿐만 아니라 이동통신 분야에도 적용이 가능하므로 향후 장치개발 및 운용에 많은 도움을 줄 것으로 기대하며, 장치 및 채널 모델링에 따른 수치계산이 남은 과제이다.

참고 문헌

- [1] Douglas A. Gray, "Optimal Hub Deployment for 28 GHz LMDS System," *Wireless Communications Conference*, pp. 18-22, 1997.
- [2] William C. Y. Lee, "Mobile Cellular Telecommunications System," McGraw-Hill, 1989.
- [3] Kamilo Feher, *Wireless Digital Communications Modulation and Spread Spectrum Applications*, Prentice-Hall, 1995.
- [4] M. Glauner, "Algorithmic Planning of Link Decoupling in a FDMA Point to Multipoint System Equipped with Technically Advanced Features," *Proceedings 6th ECRR*, pp. 183-189, 1998.
- [5] B. Lankl et al., "Fully Digital ATDE's and XPIC's for STM-1 Co-channel Radio System Family," *Proceedings IEEE ICC*, pp. 1013-1019, 1989.
- [6] W. Bourdon et al., "A New Generation of SDH-Radio Relay System for 1*155/2*155/4*155 Mbit/s," *Proceeding 3rd ECRR*, pp. 56-63, 1991.
- [7] Kyoung-Whoan Suh, "Performance Evaluation of a Noble Multi-task ASIC Chip Available for Multi-level QAM Digital Radio Relay System," *Journal of Electrical Engineering and Information Science*, Vol. 3, No. 6, pp. 863-870, 1998.