

Power amplifier characterization with extended REV calibration method

°황성부, 남상욱

서울대학교 전기정보공학부 뉴미디어통신공동연구소
sbhwang@ael.snu.ac.kr, snam@snu.ac.kr

I. 서론

Beamforming phased array 시스템에서 digital phase shifter의 위상 에러, power amplifier(PA)의 비선형 특성과 같은 전기적 왜곡으로 beamforming 알고리즘과 실제 형성되는 패턴 사이에 차이가 발생한다. 따라서 각 array 채널에서 초기 위상 및 크기 전달 특성을 알아내기 위한 calibration이 필요하다. Rotating-element electric-field vector(REV) calibration은 각 채널의 phase shifter를 조절하여 far-field 관점으로 합성된 필드의 파워 측정을 통해 개별 채널로 방사되는 필드의 위상과 크기를 각각 알아내는 방법론이다. 본 논문에서는 REV calibration 방법론을 확장하여 간단한 phase shifter 및 variable gain amplifier(VGA) 조절을 추가하여 개별 채널의 PA 특성을 추출하는 방법론을 제안한다.

II. 본론

일반적인 beamforming phased array 시스템은 빔조향을 위한 phase shifter, side-lobe level 조절을 위한 VGA, PA, 안테나 등으로 구성되어 있다. 기존의 REV calibration 방법론으로 beamforming 알고리즘과 실제 형성되는 패턴을 일치시키면 일정 각도에서 각 개별 채널의 필드 벡터는 in-phase 관계를 가진다. 이때, VGA와 phase shifter를 조절하는 추가적인 동작으로 PA의 AM/AM, AM/PM 특성을 추출할 수 있다. 이 논문에서 제안하는 알고리즘은 다음과 같다. :

1) REV calibration을 통해 합성된 필드 벡터의 성분, 즉 개별 채널의 필드 벡터의 크기와 위상을 알아낼 수 있다. 이때, (1)과 같이 표현할 수 있고, 일정 각도에서 수신 파워를 측정하여 최대 파워가 되는 빔조향 상태에서 각 필드 벡터의 위상 성분은 일정하다.

$$\vec{E}_{tot} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = E_1 e^{j\phi_1} + E_2 e^{j\phi_2} + E_3 e^{j\phi_3} \quad (1)$$

2) 개별 채널 1의 VGA 조절을 통해 gain 값을 가변하면 PA의 입력 파워가 변화하기 때문에 벡터 평면상에서 필드 벡터 1의 크기와 위상이 AM-AM, AM-PM에 따라 변화한다. 이를 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$\vec{E}_{tot}(G_1) = G_1 \alpha E_1 e^{j(\phi+\beta)} + E_2 e^{j\phi} + E_3 e^{j\phi} \quad (2)$$

3) 개별 채널 1의 phase shifter 조절을 통해 수신 파워가 최대가 되는 빔조향 상태에서 AM-PM의 변화가 결정된다. 이때, phase shifter 조절에 따른 합성된 필드 벡터는 (3)과 같이 표현되고, (4)의 조건에 따라 AM-PM의 변화가 얻어진다.

$$\vec{E}_{tot}(G_1, \vec{n}) = G_1 \alpha E_1 e^{j(\phi+\beta+\frac{2\pi n}{N})} + E_2 e^{j\phi} + E_3 e^{j\phi} \quad (3)$$

$$\text{AM-PM} : \beta = -\frac{2\pi n}{N}, \text{ where } \left| \vec{E}_{tot}(G_1, \vec{n}) \right|_{\max}^2 \quad (4)$$

4) AM-AM의 변화는 (5)에 의해 계산 될 수 있다.

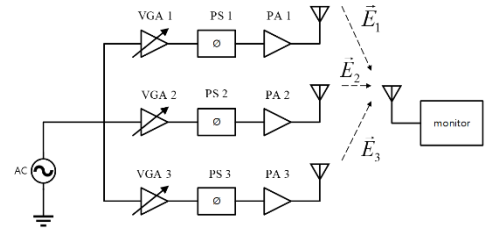


Fig 1. 3-channel phased array system

AM-AM : α , where

$$\left| \vec{E}_{tot}(G_1, \beta = -\frac{2\pi n}{N}) \right|^2 = |G_1 \alpha E_1 + E_2 + E_3|^2 \quad (5)$$

위와 같은 REV 확장 알고리즘을 이용하면 개별 채널의 PA 출력을 모니터링하지 않아도 간단한 VGA와 phase shifter 조절을 통해 PA의 AM/AM 및 AM/PM 특성을 추정할 수 있다.

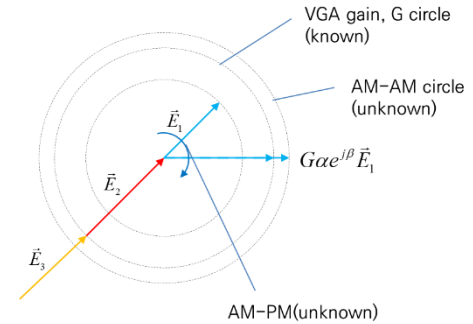


Fig 2. Proposed extended REV method

III. 결론

본 연구는 VGA와 phase shifter 조절이 가능한 beamforming phased array system에서 REV calibration을 확장하여 PA의 비선형 특성인 AM/AM, AM/PM을 추정할 수 있는 방법론을 제안한다. 기존의 REV calibration을 통한 패턴의 최적화 뿐만 아니라 개별 채널의 PA 출력을 모니터링하지 않고도 PA의 비선형 특성을 알아낼 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] S. Mano and T. Katagi, "A method for measuring amplitude and phase of each radiating element of a phased array antenna," Trans. IECE Jpn., vol. 5, pp. 555-560, May 1982.