

낮은 높이의 넓은 빔조향 이중편파 TCDA 안테나 Low-profile and wide-scanning dual-polarized TCDA antenna

김성중 남상욱
Seong-Jung Kim Sang-Wook Nam
(sjkim@ael.snu.ac.kr)

ABSTRACT

본 논문에서는 낮은 높이의 넓은 빔조향이 가능한 이중편파 TCDA(Tightly Coupled Dipole Array) 안테나가 제안됐다. 그러나 TCDA는 빔조향을 하면, dipole 안테나와 접지면 사이에 TEM파가 아닌 higher order mode들이 형성돼 안테나의 임피던스 정합 특성이 저하된다. 본 논문에서는 boresight로 조향된 임피던스 특성에서 크게 변하지 않도록 vertically grounded metal strip을 세우도록 제안하였다. Metal strip은 PEC의 경계조건을 이용하여 전기장을 강제로 평행 화하여 TEM mode를 형성한다. 따라서 boresight로 조향된 임피던스 특성과 흡사한 특성을 갖게 한다. 본 아이디어는 CST (Computer Simulation Technology) 툴을 이용하여 검증됐으며, 제안된 아이디어를 통해 안테나의 높이를 0.24λ 에서 0.13λ 로 낮췄다. (동작대역에서 가장 낮은 주파수 기준) 안테나의 이중 편파 공통 대역은 $\pm 50^\circ$, VSWR < 3 기준으로 0.8-2.5GHz (3.1:1)이다.

Key Words : Low-profile, wide-scanning, TCDA

1. 서론

위상 배열 안테나는 각 엘리먼트로 급전되는 신호의 위상의 차이를 주어 빔조향을 가능하게 한다. 따라서 안테나의 물리적인 변화 없이 빔을 여러 각도로 조향 가능하다. 그러나 빔을 조향하면 엘리먼트 간 간섭되는 신호의 위상이 달라지므로 임피던스는 조향 각도에 따른 함수이다. 따라서, boresight로 조향된 임피던스로 안테나를 정합시켰다면 다른 각도로 조향된 임피던스는 다른 값을 가지므로 return loss가 커진다. 넓은 빔조향 각을 갖기 위해 안테나 상단에 metasurface를 장착할 수 있지만, 동작 대역폭이 좁고 안테나의 높이가 높아진다 [1].

본 논문에서는 안테나의 상단이 아닌 하단에 vertically grounded metal strip을 둬으로써 안테나의 물리적 높이를 보존하면서 넓은 조향 각을 가질 수 있는 방법을 제안한다. 안테나는 1D TCDA로 구성됐으며 이중 편파를 갖는다 [2].

2. Vertically grounded metal strip을 이용한 안테나의 특성 분석

위상 배열 안테나가 넓은 빔조향 각을 가지려면 빔조향에 따른 임피던스 특성이 둔감해야한다. Boresight 기준으로 임피던스를 정합시켰다면 boresight 조향시 형성된 TEM mode를 유지시켜야 할 것이다. 그러나 빔을 조향하면 higher order mode들이 형성 돼 안테나의 높이 방향인 wave vector k_z 값이 작아지게 된다.

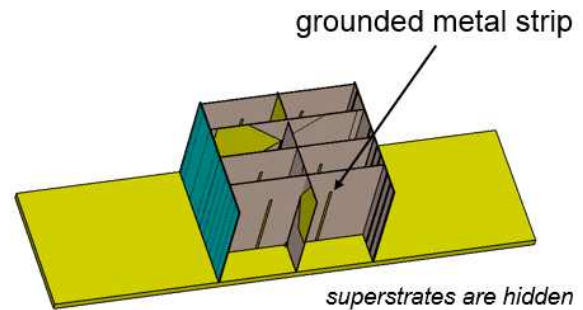


그림 1. 제안된 단위 셀의 구조

k_z 가 작아지게 되면 안테나에서 ground를 바라본 임피던스는 매우 inductive하게 될 것이다. 따라서 안테나는 임피던스 정합 특성이 매우 저하되며 빔조향 각이 커질수록 특성은 더욱 나빠질 것이다.

본 논문에서는 그림 1과 같이 단위 셀에 vertically grounded metal strip을 세웠다. PEC로 된 metal strip은 경계조건에 의해 전기장을 ground와 평행하게 만든다. 따라서 빔을 여러 각도로 조향해도 안테나 하단은 quasi-TEM mode로만 동작해 k_z 값이 거의 일정하게 보존된다.

그림 2는 안테나의 단면에 형성된 전기장의 분포를 보여준다. Boresight로 빔을 조향하면 전기장의 ground와 평행한 것을 알 수 있지만 기존 안테나의 경우 50° 로 조향하면 전기장이 사선으로 형성된 것을 알 수 있다. 그러나 제안된 구조의 경우 50° 로 조향하여도 metal strip에 의해 전기장이 강제로 ground와 평행하게 형성된다. 따라서 안테나 하단에서는 quasi-TEM mode로 동작함을 알 수 있다.

그림 3은 기존 안테나와 제안된 안테나의 VSWR 특

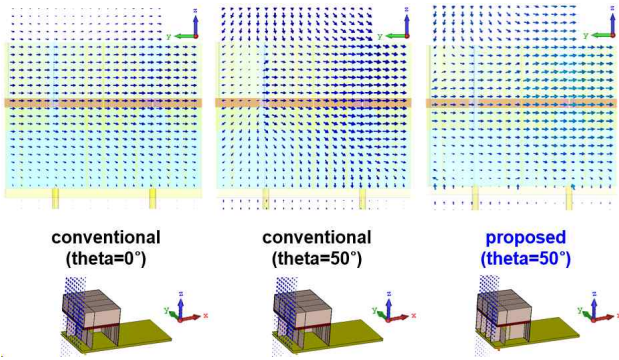


그림 2. 안테나의 단면에 형성된 전기장의 분포도

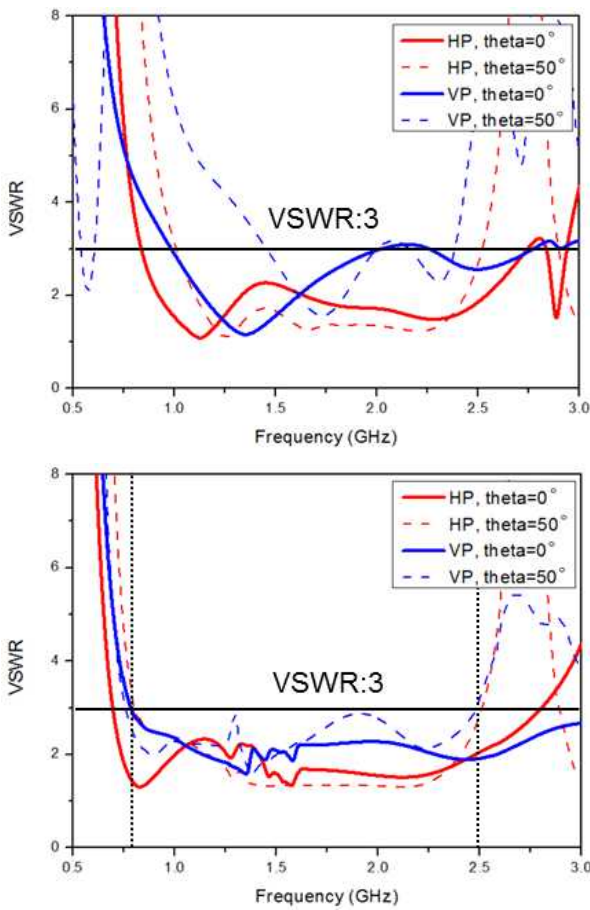


그림 3. 기존 안테나와(위) 제안된 안테나의(아래) VSWR 특성

성을 보여준다. 기존 안테나의 경우, VP(Vertical Polarization, y-axis) 와 HP (Horizontal Polarization, x-axis)의 VSWR은 y축으로 50°로 조향했을 때 저주파 대역에서 매우 커짐을 알 수 있다. 반면에, 제안된 안테나는 50°로 조향해도 저주파 대역에서 VSWR이 거의 변하지 않음을 확인할 수 있다. 제안된 아이디어를 통해 안테나의 높이를 0.24λ에서 0.13λ로 낮췄고, 안테나의 이중 편파 공통 대역은 ±50°, VSWR < 3 기준으로 0.8-2.5GHz (3.1:1)이다.

3. 결론

Vertically grounded metal strip을 이용하여 안테나 하단을 quasi-TEM mode로 동작시켰다. 따라서 빔조향을 해도 임피던스 정합 특성이 거의 일정하게 유지되므로 낮은 높이, 넓은 빔조향 각을 얻었다.

참고문헌

[1] Cameron, Trevor R., and George V. Eleftheriades. "Analysis and characterization of a wide-angle impedance matching metasurface for dipole phased arrays." IEEE Transactions on Antennas and Propagation 63.9 (2015): 3928-3938.
 [2] Lee, Hakjune, and Sangwook Nam. "A Dual-Polarized 1-D Tightly Coupled Dipole Array Antenna." IEEE Transactions on Antennas and Propagation 65.9 (2017): 4511-4518.