

반사형 회절 격자 구조를 응용한 밀리미터파 빔 조절 전기습윤 소자 배열 설계

함우호, 송영웅, 권장연
연세대학교

{wooho, y.w.song, jangyeon}@yonsei.ac.kr

Design of Millimeterwave Beam Steering Electrowetting Device Array Based on Reflective Diffraction Gratings

Wooho Ham, Young-Woong Song, Jang-Yeon Kwon
Yonsei Univ.

요 약

본 논문은 입사되는 밀리미터파 빔이 두 비혼화성 액체의 계면에서 반사되도록 하는 전기습윤 소자 구조에 대해 설명하며, 배열 상의 동작을 통해 반사면의 간격을 조절하여 다른 차수의 회절을 통해 빔의 반사각을 조절하는 방식을 제안하고 이를 전자기파 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

I. 서 론

전기습윤 기반 소자는 적은 전력을 소모하는 동시에 절연막을 통해 액체에 가해지는 전기장에 따라 실시간으로 액체의 거동을 제어할 수 있다는 장점을 가져, 이를 활용하여 밀리미터파 통신에서 빔의 이동경로를 능동적으로 제어할 수 있는 전기습윤 소자에 대한 구조가 제안되었다. [1] 본 연구에서는 소자의 크기에 의존적인 전기습윤 소자의 속도를 고려하여 45°로 입사되는 28GHz 밀리미터파를 다양한 각도로 반사할 수 있는 소자 구조와 배열을 설계하고 빔 조절 특성을 Ansys HFSS 전자기파 시뮬레이션 툴을 이용해 분석하였다.

II. 본론

기존의 전기습윤 프리즘의 경우 입사되는 태양광이 소자를 통해 투과될 때 액체 간 계면의 각도를 제어하여 굴절각을 조절하는 방식으로, 높은 투과성을 가진 액체가 갖는 굴절률은 제한적이기 때문에 통상적으로 $\pm 20^\circ$ 이상의 빔 조절 각도를 얻기 어렵다는 단점을 갖는다. [2] 이를 보완하기 위해, 공용 갈륨-인듐 합금과 같은 액체금속을 활용하거나 최적화된 밀도의 금속 판을 두 액체의 계면 사이에 삽입하는 방식으로 전기습윤 프리즘 구조 내에서 기울기를 조절할 수 있는 반사면을 형성하는 소자를 제안하였다.

이 때, 프리즘을 포함한 전기습윤 소자는 크기에 의존적인 동작 속도를 갖기 때문에 단일 소자로 밀리미터파를 원하는 방향으로 반사할 수 있을 만큼 충분히 큰 크기 (수십 mm)로 제작하게 된다면 수백 ms 에서 수 초에 달하는 동작 속도를 가져 통신에 활용하기에 적합하지 않게 되므로, 보다 작은 크기의 소자의 배열을 이루는 것이 필수적이다.

기울어진 반사면이 반복되는 전기습윤 소자 배열의 구조와 반사형 회절 격자의 구조의 유사성에서 착안하여,

전기습윤 소자 배열에서 세로단 단위의 동작을 제어함을 통해 입사되는 빔이 반사되는 영역의 간격을 조절하여 각기 다른 회절 차수에 따라 빔이 반사되도록 유도하여 다양한 반사각을 얻는 방식을 제안한다.

이를 확인하기 위해 7mm×7mm 크기의 전기습윤 프리즘의 각 소자간 0.57mm 간격 12×8 배열을 모델링하고, HFSS 시뮬레이션을 통해 28GHz 에서 45°로 입사되는 빔을 반사할 때의 결과를 확인하였다.

4 개 당 하나의 세로단의 소자를 -20°로 기울여 4 차 회절을 통한 반사를 이루었을 때 22°의 반사각에서 10.415dBi 의 방향성을 이룰 수 있었고 +10°로 3 차 회절을 유도하여 기울였을 때에는 -14°의 반사각으로 18.4664dBi 의 방향성을 가짐을 확인할 수 있었다.

III. 결론

밀리미터파에 비해 작은 크기를 갖는 전기습윤 소자의 배열을 통해 수십 ms 의 충분히 빠른 동작속도를 가지면서도 입사되는 28GHz 빔의 진행 경로를 다양한 각도로 제어할 수 있음을 확인할 수 있었다. 이를 통신 환경 내의 재구성 가능한 지능형 표면으로 활용하여 프로그램 가능한 무선 통신 환경을 구축하여 기존 RF 시스템을 6G 통신에 적용하였을 때 생기는 전력 소모, 시스템 복잡성 등의 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대된다.[3]

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2021 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-00486, ABC-MIMO: 중강 빔라우팅 기반 차세대 다중 입출력 통신 시스템)

This work was supported by Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2021-0-02208, Sub-THz Augmented Routing and Transmission for 6G).

참 고 문 헌

- [1] 함우호, 송영웅, 전동수, 채찬병, 권장연 “액체금속 전기습윤 기반 차세대 MIMO 를 위한 빔 조향 소자”, 2022, 한국통신학회 학술대회논문집, p. 557.
- [2] Lim et al., "Liquid Combination with High Refractive Index Contrast and Fast Scanning Speeds for Electrowetting Adaptive Optics," 2018, Langmuir, pp. 14511-14518
- [3] Liaskos et al., “Using any surface to realize a new paradigm for wireless communications”, 2018, Communications of the ACM, pp.30-33