

2차원 위상배열 안테나를 위한 광 실시간 지연선로 시스템

An Optical True Time-Delay Feeder for Two-Dimensional Phased Array Antennas

정병민*, 운영민, 신종덕, 김부균
 숭실대학교 정보통신전자공학부
 dongcare@sunbee.ssu.ac.kr

최근에 다파장 광원과 PDM (Programmable Dispersion Matrix), 그리고 SODL (Switched Optical Delay Lines)의 조합으로 이루어진 광 실시간 지연선로 (True Time-Delay; TTD)로 구동되는 2차원 위상 배열 안테나 (Phased Array Antenna; PAA)에 관한 연구 결과가 발표되었다⁽¹⁾. 이 구조는 PDM에서 파장에 따라 시간 지연을 조절하여 빔 고도 (elevation angle)를 결정하며, 파장에 무관하게 동작하는 SODL에서는 빔 방위각 (azimuthal angle)을 선택하여 2차원 평면상의 한 격자점으로 빔을 주사할 수 있다.

본 연구팀에서는 선형 PAA를 광학적으로 구동하기 위해 단일 파장의 광원과 2x2 광 MEMS 스위치, 그리고 광섬유 지연선로의 조합을 이용한 광 TTD 구조를 제안하였고, 10-GHz PAA용 3-비트 TTD를 구현하여 그 결과를 최근 발표하였다⁽²⁾. 이 구조는 단일 파장 광원을 사용하므로 기존에 제안된 대부분의 광 TTD 시스템에서 반드시 요구되는 파장 가변 광원이나 다파장 광원을 사용하지 않기 때문에, 파장 제어에 따른 문제점이 발생하지 않아서 고 신뢰도의 시스템 구축이 가능하고, MEMS 스위치를 고속으로 제어할 수 있으므로 빔의 고속 주사가 가능한 장점을 갖고 있다.

본 논문에서는 FBG와 광 스위치들의 조합을 이용한 PDM과 본 연구팀에서 제안한 TTD 구조를 SODL로 사용하여 2차원 PAA를 광학적으로 구동할 수 있는 광 TTD 구조를 제안하고, 설계 결과를 발표하고자 한다.

그림 1은 $p \times q$ 개의 안테나 소자로 구성된 2차원 PAA용 m -비트 \times n -비트 TTD구조를 나타내고 있다. 다파장 광원으로부터 p 개의 서로 다른 파장을 갖는 CW 광 신호가 광 변조기에서 전기적 RF 신호에 의해 동시에 변조된 후, $p \times m$ 개의 FBG로 구성된 분산 행렬에 입력된다. 이 FBG 분산 행렬에서는 주사 빔의 방위각에 따라 광 스위치들이 절체되어 2^m 개의 경우 수를 가지는 FBG 지연선로가 선택된다. 따라서, $p \times m$ FBG 분산 행렬로부터 얻을 수 있는 방위각의 해상도는 m -비트가 된다. k 번째 FBG 지연선로에 연결된 인접 FBG들의 간격은 $2^{(k-1)}\Lambda_0$ 이다. 예를 들어, 첫 번째 FBG 지연선로가 선택된 경우에는 파장 신호 간의 시간 지연 차이가 $\frac{2n_{eff}\Lambda_0}{c}$ 이 되며, 두 번째 지연선로의 경우에는 $\frac{4n_{eff}\Lambda_0}{c}$ 이 된다. FBG 행렬에서 반사된 각 파장 신호는 $1 \times q$ 광 결합기에서 q 개의 동일한 신호로

분리된 후, $q \times n$ 개의 2×2 광 MEMS 스위치와 단위 시간 지연 $\Delta\tau$ 를 갖는 광섬유 지연선로들로 구성된, 파장에 무관한 지연선로 행렬에 입력된다. 이 지연선로 행렬의 MEMS 스위치들은 개별적으로 개폐되는 것이 아니라 동일한 열(column)에 있는 모든 스위치들이 동일한 상태(BAR 또는 CROSS 상태)로 제어된다. 따라서, $q \times n$ 지연선로 행렬로부터 얻을 수 있는 고도의 해상도는 n -비트가 된다⁽²⁾. 각 MEMS 스위치 지연선로의 출력은 WDM 역다중화기에 입력되어 파장별로 분리되고, 광 검출기에 의해 전광 변환된 후, 안테나 소자에 입력된다.

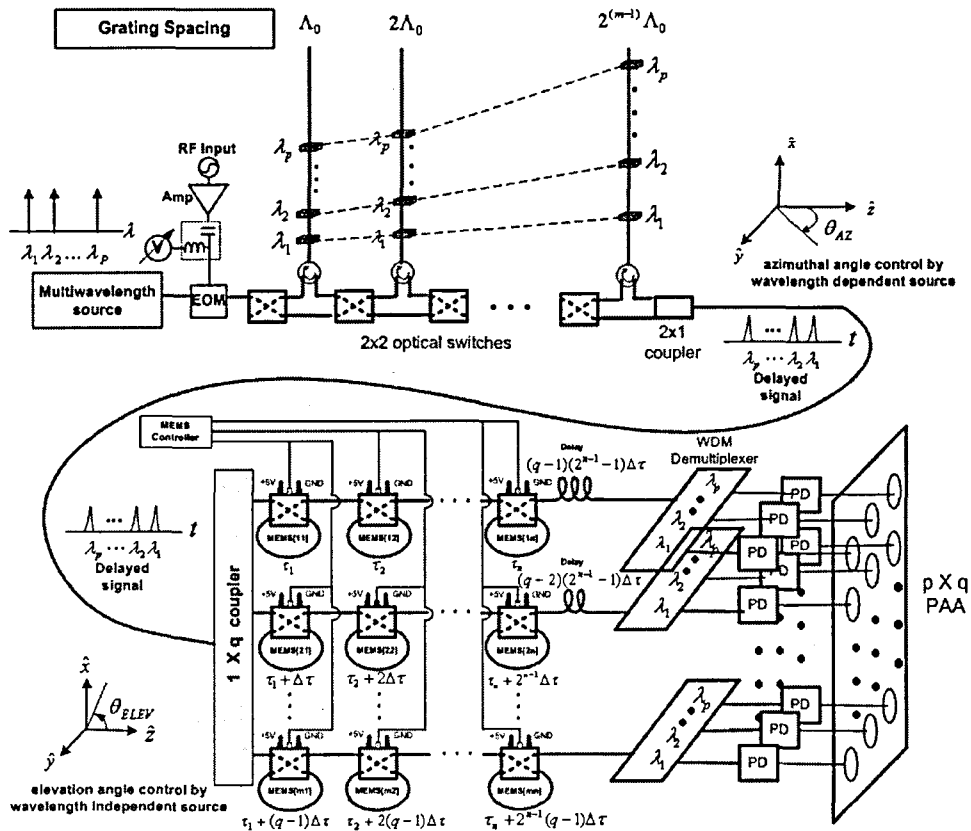


그림 1. 빔 고도의 해상도는 n -비트, 방위각의 해상도는 m -비트인 광 TTD로 구동되는 $p \times q$ 개의 안테나 소자로 구성된 2차원 PAA의 구조.

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2003-000-10231-0)지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Dennis T. K. Tong and Ming C. Wu, " Multiwavelength Optically Controlled Phased-Array Antennas," *IEEE MTT*, vol. 46. pp. 108-115, Jan. 1998.
2. Jong-Dug Shin, Back-Song Lee, and Boo-Gyoun Kim, "Optical True Time-Delay Feeder for X-Band Phased Array Antennas Composed of 2 x 2 Optical MEMS Switches and Fiber Delay Lines," *IEEE Photon Technol. Lett.*, vol. 16, pp. 1364-1366, May 2004.