

# 고정국에서의 효율적인 빔스티어링 기법

최준수\* · 허창우\*\*

\*파인텔레콤 · \*\*목원대학교

## Efficient Beam Steering Techniques in the Fixed Station

Jun-sug Choi\* · Chang-wu Hur\*\*

\*Pinetelecom co., Ltd

\*\*Mokwon University

E-mail : cjs@pinetelecom.com

### 요 약

본 논문에서는 고정국에서 효율적으로 운용할 수 있는 Beam-Steering 기법을 제시한다. 일반적인 Beam-forming 기법은 각 배열안테나에 도달하는 신호 간의 지연시간을 이용하여 수행한다. 이러한 빔포밍 방식은 많은 복잡도와 비용을 요구한다. 본 논문에서는 신호대 잡음비와 수신신호세기를 사용한 빔스티어링 기법을 제시한다. 또한 제시한 기법에 대한 알고리즘을 분석한다.

### ABSTRACT

In this paper, Propose an efficient method that can operate at fixed stations Beam-Steering. Typical Beam-Forming techniques are performed using a delay time between the signal reaching each antenna array. The Beam-Forming method requires a lot of complexity and cost. This paper suggest a Beam-Steering method using a signal-to-noise ratio and a received signal strength. Analyzes the algorithm about proposed method.

### 키워드

Beam Steering, Beam forming, DoA, SNR, RSSI

## I. 서 론

이동통신 서비스망 구조에서 건물이 밀집되어 있는 지역의 경우 건물 안에 서비스를 위해서 별도의 AP(Access Point)을 설치 운용해야한다. AP을 설치 운용하기 위해서는 건물과 건물, 건물과 백본망을 연결하기 위한 별도의 유선백홀 시스템을 필요로 한다.

이러한 백홀 시스템에서 동일한 주파수를 사용하여, 다수의 원격노드를 연결하기 위해서는 빔포밍 또는 빔스티어링 기법을 필요로 한다. IEEE 802.15.3c mm-wave WPAN 표준 등의 근거리 무선통신 네트워크 표준화 작업에서는 빔포밍 기술을 주요 기술로 채택하여 이에 대한 연구가 활발히 병행되고 있다. [1] 또한 주파수 효율과 평균 전송률을 증가시키기 위한 효율성을 높이는 방안

도 병행으로 논의되고 있다. [2]

아날로그 빔포밍은 한 개의 디지털 채널만 존재하여 구현이 간단한 반면 설계와 제작이 어려운 단점을 가지고 있으며, 디지털 빔포밍은 많은 디지털 채널을 확보 할 수 있으나 복잡한 시스템과 과도한 신호처리 능력이 요구된다. [3]

본 논문에서는 빔포밍 기법을 단순화 시켰으며, 아날로그와 디지털방식을 혼합한 빔스티어링 기법을 제시하였으며, 고정국에서 효율적으로 운용할 수 있는 기법과 이에 대한 알고리즘을 분석한다.

## II. 빔포밍 기법

일반적인 빔포밍은 각 소자에서 송신 혹은 수

신되는 신호 간의 delay( $\tau$ )를 이용하여 수행된다. 그림 1은 DoA(도래방향각,  $\theta$ )에 따른 소자들 간의 신호 지연을 나타낸다. 그림 2에서 알 수 있듯이 두 소자 간의 신호 지연이  $\tau$ 일 경우  $M$ 개의 소자들에 대해 최대  $(M-1)\tau$  만큼의 신호 지연이 발생하며,  $\tau$ 는  $\theta$ 와 소자 간의 거리( $d$ )로부터  $\tau = d \sin \theta$ 와 같이 구할 수 있고,  $\tau$ 에 해당하는 Phase shift(위상천이,  $\zeta$ ) 값은 다음과 같이 계산된다.

$$\zeta[\text{radian}] = \frac{2\pi\tau}{\lambda} = \frac{2\pi d \sin \theta}{\lambda} \quad (1)$$

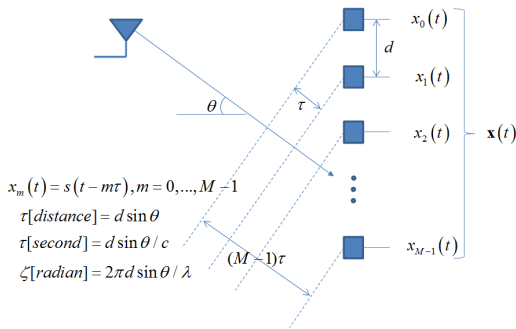


그림 1. 도래방향각에 따른 element의 신호지연

계산된 위상 천이  $\zeta$  값을 갖는 weight 벡터( $\mathbf{w}$ )를 송신 혹은 수신 신호에 곱하면 빔포밍으로 동작한다.

이러한 빔포밍 기법은 피드백 구조를 활용하여, 도달하는 위상천이 값을 분석해야 하기 때문에 이동용에는 적합하고, 많은 비용이 소요된다.

### III. 하드웨어 구조 및 효율적인 빔스티어링 기법

Beam-Steering을 구현하기 위한 하드웨어 구조는 그림 2와 같다. 하드웨어는 BBU(Base Band Unit), RFU(RF Front-end Unit), BMU(Beam-forming & MIMO Unit) 과 배열안테나 구성된다. BBU는 모뎀의 기능을 수행하며, RFU는 고출력증폭, 저잡음증폭, 위상변환기, 감쇄기로 구성된다. Beam-Steering을 위한 주요 기능인 PS(Phase Shifter)와 VAT(Variable Attenuator)는 RFU에 포함되어 있다.

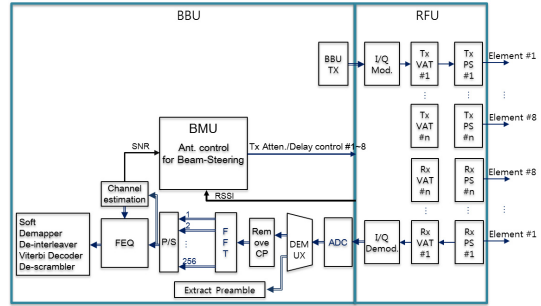


그림 2. Beam-steering을 위한 하드웨어 구조

본 논문에서 구현하고자하는 빔스티어링은 각 소자의 감쇄와 지연을 제어하기 위하여 미리 준비된 감쇄 및 지연계수 LUT(Look-up Table)을 사용하는 기법이다.

표 1. 감쇄 및 지연계수 Look-up Table

Order of Control	Element 0 (COMD 0)		Element 1 (COMD 1)		...	Element 7 (COMD 7)	
	PS 0	VA 0	PS 1	VA 1		PS 7	VA 7
00H	000H	000H	010H	000H	...	070H	000H
01H	000H	010H	010H	010H	...	070H	010H
02H	000H	000H	010H	000H	...	070H	000H
.	.	.	.	.	...	.	.
0FH	000H	000H	010H	000H	...	070H	000H

그림 3에서 볼 수 있듯이 본 논문에서는 빔스티어링 각에 단계를 두어 그에 해당하는 감쇄 및 지연 벡터( $\alpha, \zeta$ )를 미리 Look-up Table로 준비하고, 이 테이블을 사용해 빔스티어링을 사용한다.

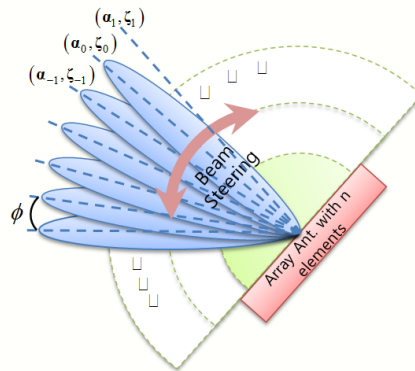


그림 3. 빔스티어링 기법

그림 4에는 본 논문에서 구현하는 빔스티어링에 대한 간략 블록도를 나타내었다. 이 알고리즘은 FPGA와 MCU를 통해 수행되며, FPGA에서는 OFDM 수신기와 RFU(RF Front-end Unit)에서 수신 받은 SNR과 RSSI 정보를 사용하여, 수행 방향 등을 제어한다.

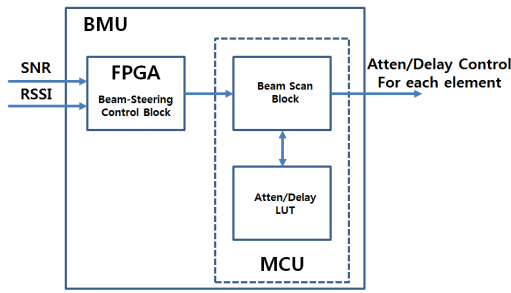


그림 4. 빔스티어링 알고리즘 구현 블록도

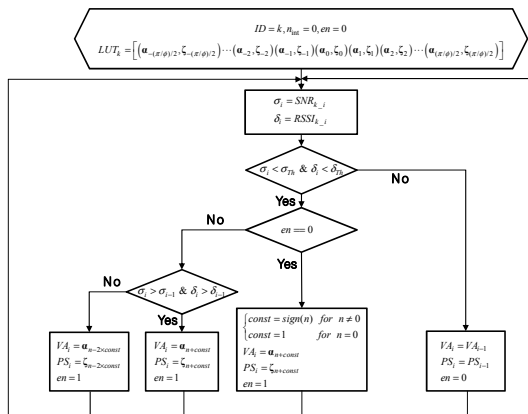


그림 5. 빔스티어링 알고리즘 순서도

그림 5와 같이 빔스티어링 알고리즘은 확인된 안테나 ID와 미리 준비된  $k$  번째 배열 안테나의 각 소자에 대한 감쇄/지연 LUT에서 시작한다.

OFDM 수신기에서 받은 SNR과 RFU에서 받은 RSSI를 미리 정해둔 각각의 임계값들과 비교한다. 임계값의 조건을 충족 못할 경우 다음 LUT의 파라미터를 선택하게 되며, 동일한 과정을 반복한다.

반복하는 과정에서 지나간 단계의 임계값은 내부의 파라미터에 저장을 한다. 최종적으로 저장된 값 중 상태가 가장 임계값을 선택하여, 이동한다.

운용 과정 중에도 지속적으로 상태를 감시하며, 임계 값 이하의 값이 발생 시 좌우 1개의 단계만 LUT을 참조하여 확인한다. 좌우 1개의 단계에서도 임계 값 이하일 경우 초기 단계에서 스티어링을 수행하게 되며, 최종적으로 임계 값 이상의 값이 없을 경우 시스템의 상태를 고장으로 판단하고 보고하는 구조이다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 고정 국에서 저비용으로, 성능이 저하되지 않는 방법의 빔스티어링 기법을 제시했다. 제시한 기법은 미리 측정된 배열안테나의

감쇄/지연 값을 LUT(Look Up Table)로 정의한다. 정의한 값을 FPGA와 MCU에서 RFU(RF Front -end Unit)에 내장되어 있는 가변 감쇄기와 위상 지연기를 제어하여 원하는 곳으로 안테나의 빔 패턴이 지향하도록 하는 방식이다. 이 방식은 빔스티어링에 따라 획득한 SNR과 RSSI 값을 가지고 분석한다. SNR과 RSSI를 상호 비교하여, 빔스티어링을 수행하는 방식이다. 이 방식은 협대역 빔폭을 갖는 고정국에 적용할 수 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 지식경제 기술혁신사업의 산업융합 원천기술개발사업 연구 수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

#### 참고 문헌

- [1] IEEE 802.15 Tasking Group 3c, "IEEE 802.15 WPAN Millimeter Wave Alternative PHY Task Group 3c," in <http://www.ieee802.org/15/pub/TG3c.html>.
- [2] 김명진 외1, "상향링크 다중사용자 하이브리드 빔포밍 시스템에서 채널 추정과 아날로그 빔 선택 방법" 한국통신학회논문지, 제40권 제3호, pp459-460, 2015년 3월.
- [3] 김경원 외1, "하이브리드 빔포밍을 위한 비선형 어레이 안테나 배치", 한국통신추계종합학술발표회, pp281, 2012년 10월.