

# 최근 정보통신기술 Beam index 검출 성능 향상에 관한 연구

신혜진, 임다운, 김주엽

숙명여자대학교

shj312@sookmyung.ac.kr, kmad1202@sookmyung.ac.kr, jykim@sookmyung.ac.kr

## A Study on the Improvement for Beam index detection systems

Hyejin Shin, Dawoon Lim and Juyeop Kim

Sookmyung Women's Univ.

### 요약

5G의 동기 신호 detection 방법은 Multi-path channel 등 다양한 문제 상황에서도 정확도 높게 검출할 수 있다. 하지만 특정 시간차를 두고 두 기지국에서 동기 신호를 수신하는 경우 cell ID를 잘못 파악하여 beam index 검출 성능이 떨어지는 경우가 발생하며, 이로 인해 정확한 동기 정보를 간헐적으로 하지 못하는 경우가 발생한다. 이 논문에서는 연속적으로 두 기지국에서 수신한 동기 신호의 beam index 정보를 정확하게 파악하기 위해 검출된 여러 cell ID를 기반으로 검출하는 알고리즘을 제안하여 정확도를 향상시킨다.

### I. 서론

5G 서비스가 시작된 이후에도 성능 개선을 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 이 가운데, 집중해야 할 기술 중 하나는 셀 탐색 과정이다. 기지국과 단말 사이의 통신 과정에서 셀 탐색이 필수 과정이기 때문에 셀 탐색 문제와 밀접한 빔 탐색에 대해서 주목할 필요가 있다. 5G 셀 탐색의 핵심 중 하나는 기지국과 단말 사이에서 가장 적절한 빔을 찾는 것이다.

여러 빔에 대한 탐색을 위해서 서로 다른 종류의 5G 동기 신호가 기지국으로부터 전송되며, 각각의 5G 동기신호는 해당 beam의 index를 포함한다. 단말은 동기화 과정에서 5G 동기신호를 통해 beam의 index를 검출하게 되며, 이를 통해 beam을 탐색한다.

이 논문에서 주목하는 빔 탐색 문제는 서로 다른 기지국에서 오는 신호가 특정 시간차로 수신되는 경우, beam index를 유도하는 과정의 문제점을 해결하고자 한다. 시간차를 두고 신호가 수신되는 경우 cell ID와 오프셋을 정확하게 파악해야 beam index를 도출할 수 있으며, 그렇지 않으면 왜곡된 beam index를 얻을 가능성이 높다. 따라서 정교한 알고리즘을 적용하면서 문제에 접근해야 한다.

### II. 본론

#### 1. 시스템 모델 및 시나리오

5G 단말이 serving cell을 가지고 있지 않고 셀에 대한 정보가 전혀 없는 상태에서 적합한 셀을 탐색하는 것을 가정한다. 초기 셀 detection 절차가 시작될 때, 단말은 RF 채널을 선택하고 RF 채널 내의 셀로부터 신호가 수신되는지 여부를 검사하기 위한 셀 검색을 진행한다.

셀 서치 과정은 Synchronization Signal Block (SSB)를 검출하면서

심볼의 시작점과 기본적인 셀 구성 parameter를 식별한다. SSB에는 Primary Synchronization Signal (PSS)과 Secondary Synchronization Signal (SSS) 두 가지 동기신호가 있다. PSS에는 3개의 시퀀스와 SSS에는 336개의 시퀀스가 있다. 그리고 SSB에는 Master Information Block (MIB) 정보를 전송하는 Physical Broadcast Channel (PBCH)도 포함되어 있다.

SSB 처리과정에서 단말은 PSS 검출한 후, 검출된 PSS 정보로부터 gNB의 frame boundary와 NID2 값을 얻고 이후 SSS 결과로 NID1 값을 얻는다. 여기서 위에서 언급한 바와 같이 NID1은 0~335 범위이고 NID2는 0~2 범위이다. 시간 영역 관점에서 SSB는 4개의 OFDM으로 구성되어 있고 주파수 영역에서는 240개의 서브캐리어를 차지한다. PBCH가 BCH와 DMRS를 위한 심볼로 구성되어 있는데 여기서 DMRS에 대한 서브캐리어 index는 셀 아이디를 4로 나누었을 때 나머진  $v$ 를 결정한다. 같은 기지국에서 오는 신호는 각각 PSS, SSS로 얻을 수 있는 NID2, DMRS에 대한 서브캐리어 index 값이 일치한다. 하지만 이 논문에서 가정하는 빔 탐색 문제는 두 기지국 간 단말이 존재할 때, 두 기지국의 NID2 값은 일치하면서  $v$ 값이 일치하지 않는 상황을 가정한다. 이때,  $v$ 가 다르므로 두 기지국의 DMRS 서브캐리어의 위치가 서로 다르다.

#### 2. Beam Index 검지 기법

기존의 beam index 탐색 방식은 correlation을 기반으로 가장 유사한 수열을 찾는 방식으로 아래 수식과 같다.

$$i_{SSB} = \arg \max_{i \in \{1, 2, \dots, L_{max}\}} \rho_i$$

$$\rho_i = R_{DMRS} \cdot X_{DMRS}^* = \sum_{k=0}^{N_{DMRS}-1} R_{DMRS}[k] X_{DMRS}^*[k]$$

여기서  $X_{DMRS}$ 는 송신 DMRS 심볼이고,  $R_{DMRS}$ 는 수신 DMRS

심볼이며  $v$ 를 기반으로 PBCH 내 서브캐리어 중 일부가 선택되어 구성된다.

그림 3에서 PSS 및 SSS의 검출 결과로 cell ID가 316 및 166번이 동시에 검출되는 것을 확인할 수 있다. 여기서 선택된 timing offset 기준으로 166번 cellID가 검출되어야 하나 correlation 값이 큰 316번을 가정하고 beam index를 탐지하였다. 그 결과 그림4 왼쪽 그래프와 같이 5번으로 beam index를 도출하였고, 실제 beam index인 0번과는 다른 결과를 얻게 되었다.

### 3. 기지국 간섭에 강인한 beam index 검지 기법

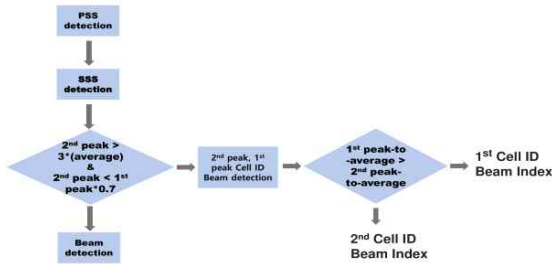


그림 1

본 논문에서 제안하는 기법은 그림 1과 같이 크게 두 가지 부분으로 나뉜다. 우선 두 기지국의 cell ID를 동시에 검출하는 부분이다. 이는 두 번째로 높은 correlation이 첫 번째로 높은 correlation보다 일정 수준 높고, 두 번째로 높은 correlation이 절대적으로 일정 수준보다 높을 때, 두 기지국의 cell ID를 모두 기억한다. 이때 두 가지 cell ID에 대해 beam index 탐지를 모두 수행하고 peak-to-average가 높은 결과의 beam index를 선택한다.

### III. 성능 검증 및 결론

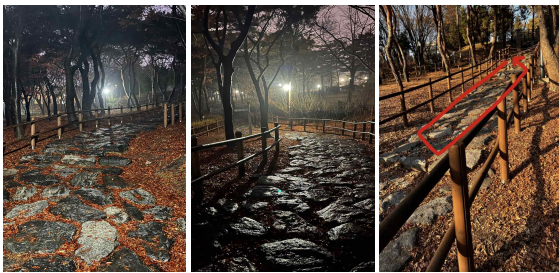


그림 2 Field Test 현장

성능 검증을 위해 진행한 Field Test 환경은 그림2에 시작점, 도착점 그리고 이동 경로를 나타냈다. 그림 2의 하나의 환경에서 수행하였으며, USRP와 unix기반의 노트북을 이용하였다. repeat search 횟수를 300번으로 설정하여 반복적으로 신호를 수신하면서 beam index를 기존 및 제안 기법을 통해 분석하였다.

제안 기법을 이용한 결과를 살펴보면 그림 3과 같이 PSS/SSS correlation 결과를 통해 166 및 316번 기지국 번호를 동시에 도출하였다 이때 SSS correlation이 두 번째로 큰 166번 cell ID를 통해 빔 탐지를 하면 그림4 오른쪽 결과와 같이 0번 beam의

결과를 올바르게 얻을 수 있었다.

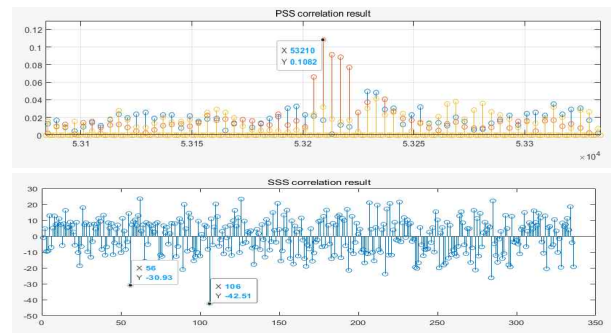


그림 3 제안 기법 PSS/SSS 결과

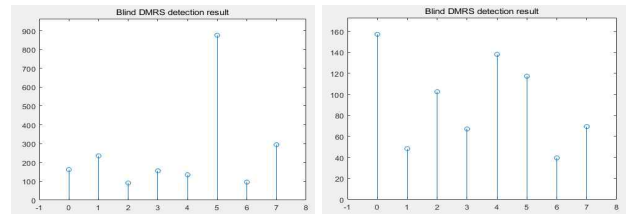


그림 4 좌: 기존 기법 빔 탐지 결과 / 우: 제안 기법 빔 탐지 결과

기존기법	[RRC] cellid 316, success count:296/300 (0.986667)
제안기법	[RRC] cellid 166, success count:300/300 (1.000000)

표 1 각 기법 Cell ID 및 Beam Index 탐지 성공률

Field Test 결과 각 기법의 beam 탐지 성공률은 표1에 제시하였고, 기존 beam index 탐지 방식과 제안 방식 각각 98.6%, 100%의 성공률로 2.4% 증가했음을 확인했다.

본 논문에서는 두 기지국에서 동기 신호를 수신하는 경우, 이전 언급한 바와 같이 일정 조건을 만족하는 두 기지국의 cell ID에 대해 beam index 탐지를 모두 수행해 정보를 파악하는 방식을 제안했다. 제안한 방식은 기존의 방식보다 실제로 기지국 간섭에 강하며 detection의 성공률이 개선된 결과를 실험적으로 보여준다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021R1F1A1A161951)

### 참 고 문 헌

- [1] Aymen Omri, Mohammed Shafqeh, Abdelmohsen Ali, Hussein Alnuweiri, "Synchronization Procedure in 5G NR Systems", IEEE Access, April 2019
- [2] Ji Yoon Han, Ohyun Jo, Juyeop Kim, "Exploitation of Channel-Learning for Enhancing 5G Blind Beam Index Detection", IEEE Access, March 2022
- [3] ShareTechnote, Frame Structure, [https://www.sharetechnote.com/html/5G/5G\\_FrameStructure.html](https://www.sharetechnote.com/html/5G/5G_FrameStructure.html), January 2023