

# SDR 기반 5G 모뎀 개발을 위한 효율적 동기화 프로토콜 설계

김혜원, 김주엽\*

숙명여자대학교

hwkim@sookmyung.ac.kr, jykim@sookmyung.ac.kr\*

## Efficient Synchronization Protocol Design for SDR-Based 5G Modem Development

Hyewon Kim and Juyeop Kim\*

Sookmyung Woman's University

### 요 약

Software로 무선통신 시스템을 구현하는 Software Defined Radio기술은 꾸준히 주목받아 왔으며 대표적 연구 사례로 Open Air Interface가 있다. 그러나 해당 시스템 코드를 기반으로 개발을 하기에는 구조적으로 어려움이 있어 본 논문에서는 프로토콜 구조를 Restructuring하여 유지보수가 용이한 시스템 구조를 제안한다. 특히, 무선 단말 기능의 기본이며 성능에 중요한 영향을 미치는 Layer 1의 동기화 과정을 대상으로 Cell search scheduler를 제안하여 cell 동기화를 효율적으로 수행하도록 하였다.

### I. 서 론

Software Defined Radio(SDR) 기술은 전용 하드웨어를 사용해야만 하는 기존 시스템의 한계에 대한 대안으로 꾸준히 주목받아 왔다[1,2]. 관련된 대표적 연구 사례로 Open Air Interface(OAI)가 있으며, 무선통신 4세대 표준인 LTE 시스템을 link level에서 구동 가능하도록 구현하였다. 그러나 시스템 코드의 구조적 문제로 인해 코드를 그대로 이용하여 새로운 개발을 진행하기에는 여러 가지 문제가 존재한다. OAI는 동기화 신호 처리에 필요한 방대한 알고리즘을 소프트웨어로 구동 가능하게 하였으나, 소프트웨어 구조의 복잡성, 중복 존재 등 정리되지 않은 구조상의 문제점들로 인해 새로운 기능을 추가하거나 수정할 때 많은 어려움이 있다. 이에 따라 본 논문에서는 OAI코드를 기반으로 Layer 1의 프로토콜 구조를 Restructuring하여 유지보수가 용이한 시스템 구조를 제안한다.

### II. Layer 1 프로토콜 Restructuring

Cell과의 지속적인 동기 유지는 무선 단말에게 매우 중요한 요소이다. 단말의 입장에서 1초는 결코 짧은 시간이 아니다. 이러한 이유로 cell 동기화는 매우 민감하게 다루어져야 하기 때문에 지연 시간을 조금이라도 줄이기 위한 연구 개발이 필요하다. 기존에는 기본적인 Initial cell search 과정만 구현되어 있었으나, 추후 cell reselection이나 measurement, handover 등 고수준의 기능을 구현하는 경우 Layer 1의 cell search 알고리즘이 돌아가는 횟수가 많아질 것이며 다양한 시나리오에 따른 절차의 구조 또한 복잡해질 것으로, 연구자를 위한 가독성 뿐만 아니라 개발 효율 및 모뎀 성능 향상을 위해 프로토콜 구조의 변화가 반드시 필요하다.

#### 1. 기존의 Layer 1 동기화 구조

기존 코드는 단순히 주파수 채널을 바꿔가며 cell을 찾다가, 발견하면 해당 cell과 지속적인 동기화를 유지(cell tracking)하는 구조였다.

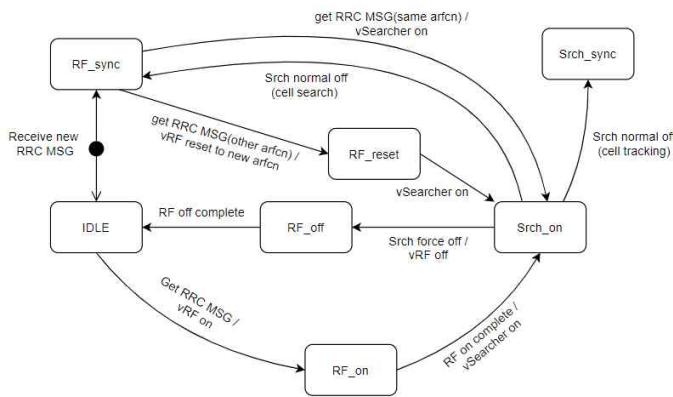


<그림1> OAI synchronization process

위 <그림 1>과 같이 조건문과 반복문을 이용해 해당 주파수 채널에서 cell search에 성공하면 상위 layer로 결과 보고 후 cell tracking을 시도하고, 실패 시에 RF를 끄고 다시 처음으로 돌아가 다른 채널에서 search를 시도하는 순환 구조이다. <그림 1>에는 간소화하여 표현되었으나 해당 반복문의 라인 수는 263이며 새로운 시나리오를 적용하려면 새로운 조건문과 함께 cell search를 추가 실행해야 해 더 길고 가독성이 떨어지는 구조가 될 것이다. 또한 Layer 1에서 자체적으로 주파수 채널을 조정하는데 이는 3GPP 5G 표준에 어긋나며 Layer 1 process에 부담을 주게된다.

## 2. Cell search scheduler

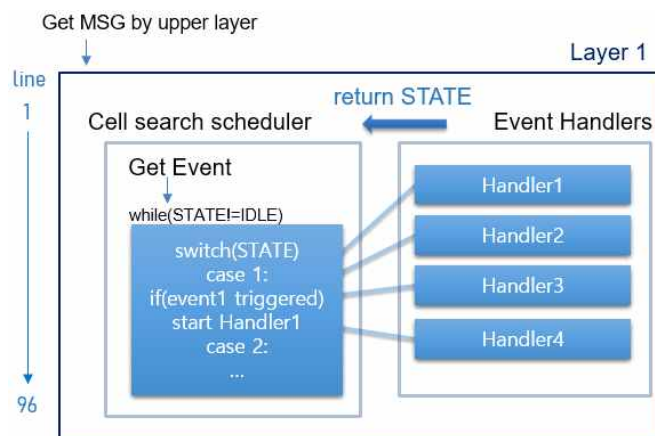
이를 보완하기 위해 Cell search scheduler를 제안한다. 이는 상황에 맞추어 많은 횟수의 cell search를 효율적으로 처리하기 위해 상위에서 내려온 cell search 명령에 따라 search 알고리즘을 scheduling하는 개념이다. 직관적이며 유연한 시나리오 구현을 위해 Finite State Machine(FSM)을 이용하여 cell search scheduler를 설계하였다.<그림2>



<그림2> Cell search scheduler FSM

상위 layer에서 message를 통해 cell search를 지시하도록 구성하였으며, 내려온 명령이 Cell search 인 경우 scheduler는 searcher를 1회 실행하고 cell tracking 명령이 내려온 경우 scheduler는 searcher를 지속적으로 실행하여 동기를 유지시킨다.

설계된 FSM을 바탕으로 구현된 scheduling 구조는 <그림3>과 같다.



<그림3> Proposed synchronization process

상위 layer로부터 cell search message를 받으면 Layer 1은 cell search scheduler를 구동한다. Scheduler는 state에 따른 event를 인식하여 그에 맞는 Handler를 실행한다. 각 Handler에는 search에 이용되는 알고리즘들이 나뉘어져 있고 scheduler가 조건에 따라 상황에 맞는 Handler를 실행시키는 구조로 코드 중복을 줄이고 다양한 시나리오에 대해 유연한 대처를 가능하게 한다. 새로운 시나리오를 추가하고 싶으면 state를 추가하고 그에 대한 event와 Handler를 추가하면 될 것이다. 또한 재구조화 된 코드의 라인 수는 96으로, 실행되는 알고리즘을 모두 Handler로 빼고 과정에 대한 코드만 남김으로써 한눈에 전체 동기화 과정을 파악하기 쉽도록 하였다.

## III. 결 론

SDR 기반의 무선통신 모듈에서 동기화 과정의 효율적 처리를 위한 프로토콜 설계를 하였다. 선행 연구된 Open Air Interface의 코드를 기반으로 사용하였으며 그 구조가 새로운 기능을 추가하기에 적합하지 않다고 판단되어 다양한 시나리오를 적용하기 쉽도록 재구조화 하였다.

Cell search scheduler를 FSM 형태로 설계 및 구현하여 유지보수가 용이한 구조를 제안하였으며, Layer 1 에서 동기화 과정의 라인 수를 기존 263에서 93으로 현저히 간소화하여 가독성을 높였다.

향후에는 상위 Layer의 재구조화 및 Layer간 상호작용에 새로운 기능을 제안하여 더 현저한 품질 향상을 이루고자 한다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업이며 (2018R1C1B5045506) 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2018-0-0072)

## 참 고 문 헌

- [1] M. N. O. Sadiku and C. M. Akujuboi, "Software-defined radio: a brief overview," in IEEE Potentials, vol. 23, no. 4, pp. 14-15, Oct.-Nov. 2004, doi: 10.1109/MP.2004.1343223.
- [2] T. Ulversoy, "Software Defined Radio: Challenges and Opportunities," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 12, no. 4, pp. 531-550, Fourth Quarter 2010, doi: 10.1109/SURV.2010.032910.00019.