

Experiment 11:

Frame Synchronization

포항공과대학교 전자전기공학과
Communication and Intelligent Systems Lab. (CISL)

Outline

1. Frame Synchronization
2. Today's Experiment
3. About Report

Outline

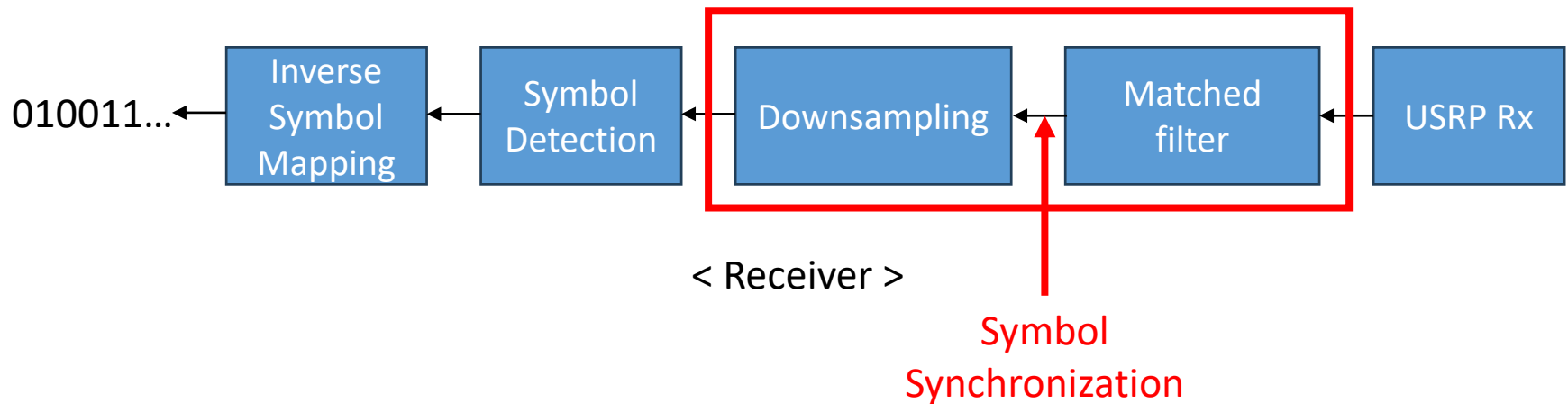
1. Frame Synchronization

2. Today's Experiment

3. About Report

Frame synchronization

- What we did last time...



Frame Synchronization

- Frame Synchronization

- Tx : data 전송

-1 +1 +1 +1 -1 -1 +1 -1 +1 +1 -1 -1 -1 +1

-1 -1 +1 +1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1

- Rx : 어디가 시작점인가.....

... +1 -1 -1 -1 +1 -1 -1 +1 +1 +1 -1 -1 -1 -1 ...

Frame Synchronization

- Frame Synchronization

- Tx : data 전송 (**Insert known information**)

Training seq.	-1 +1 +1 +1 -1 -1 +1 -1 +1 +1 -1 -1 -1 +1
---------------	---

Training seq.	-1 -1 +1 +1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1
---------------	---

- Rx에서는 Training seq.를 기반으로 frame의 시작점 찾기.
 - Correlate received signal (downsampled) with training seq.

- Training sequence

- Good auto-correlation property
 - 대부분의 시간 지연에 대하여 autocorrelation 크기가 작게 나옴.
- Zadoff-Chu, Frank, Baker, Gold, **M sequence**, ...

Frame Synchronization

- Maximum Length Sequence (m-sequence)

- Type of PN sequence

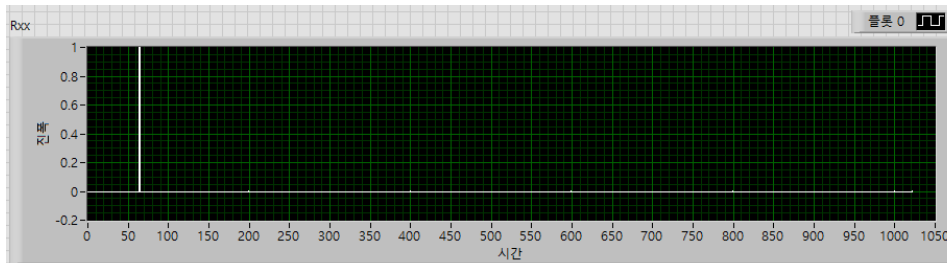
- 1 (+1)과 0 (-1)의 개수가 유사 (sequence 길이가 홀수이므로 1개 차이)

- 주기 : $2^m - 1$ (m : sequence order)

- Autocorrelation property

- $$R[n] = \sum_{k=0}^{N-1} t^*[k]t[n + k \bmod N] = \begin{cases} N & n = 0 \\ -1 & \text{elsewhere} \end{cases}$$

- LabVIEW 예시 (m-sequence order = 10)



- <https://youtu.be/B1iKeik03xc>

Frame Synchronization

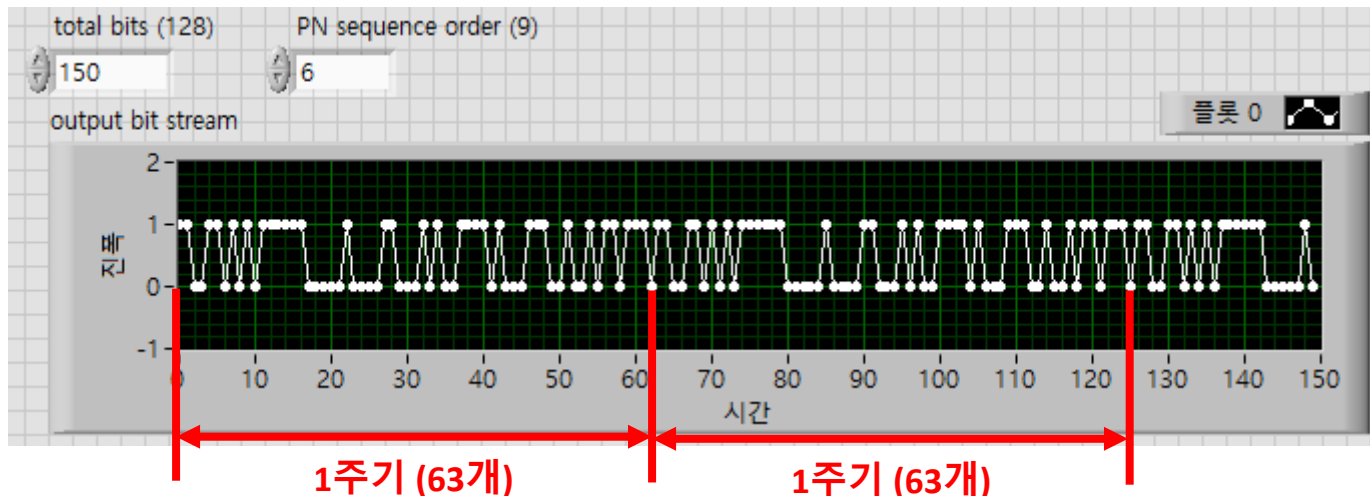
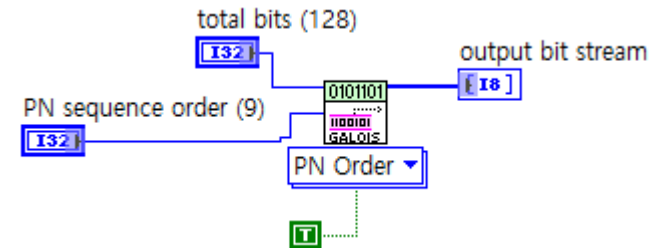
- m-sequence 생성 : MT Generate Bits (poly).vi

- RF communications → Modulation → Digital

- 입력 : total bits, PN-sequence order

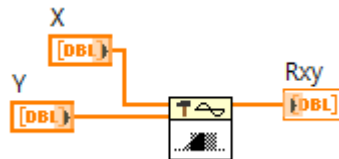
- 출력 : generate된 bit sequence

- Total bits가 sequence 주기보다 길면 해당 길이만큼 sequence 반복.



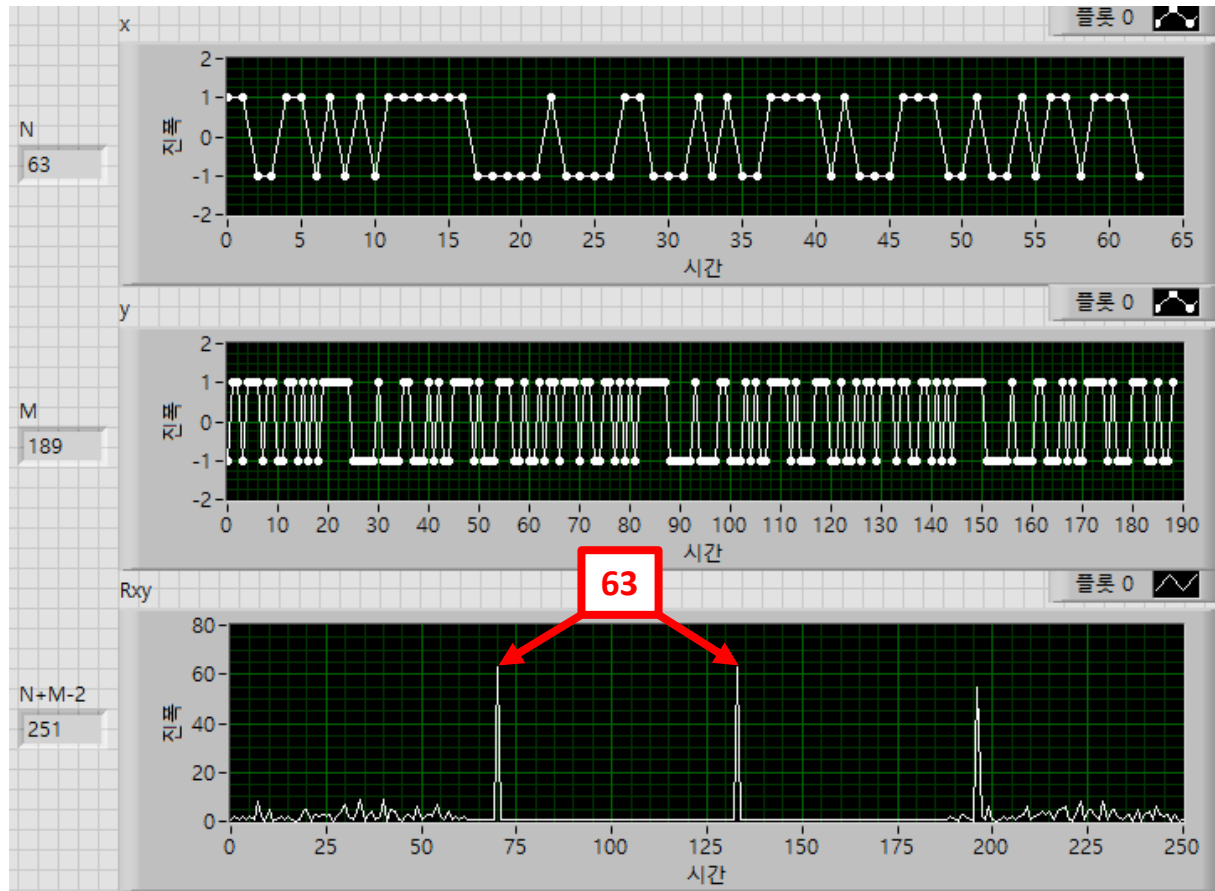
Frame Synchronization

- Cross-correlation : 신호 처리 → 신호 연산 → 상호 상관
 - 입력 : 상호 상관 함수를 구할 두 입력(x, y)
 - 출력 : 상호 상관 함수
 - $x[i]$ ($i = 0, 1, 2, \dots, N$) , 그 외의 index에서는 0
 - $y[i]$ ($i = 0, 1, 2, \dots, M$) , 그 외의 index에서는 0
 - $R_{xy}[i] = \sum_{k=0}^{N-1} x^*[k]y[i - (N - 1) + k]$ ($i = 0, 1, 2, \dots, N+M-2$)
 - “X”를 오른쪽으로 sliding하여 계산.
 - 주의사항 : 각 bit를 0 → -1, 1 → +1로 mapping시킨 후 상호 상관시킬 것.



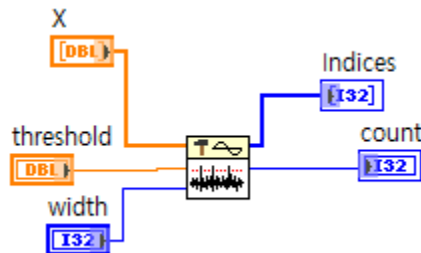
Frame Synchronization

- Cross-correlation 예시



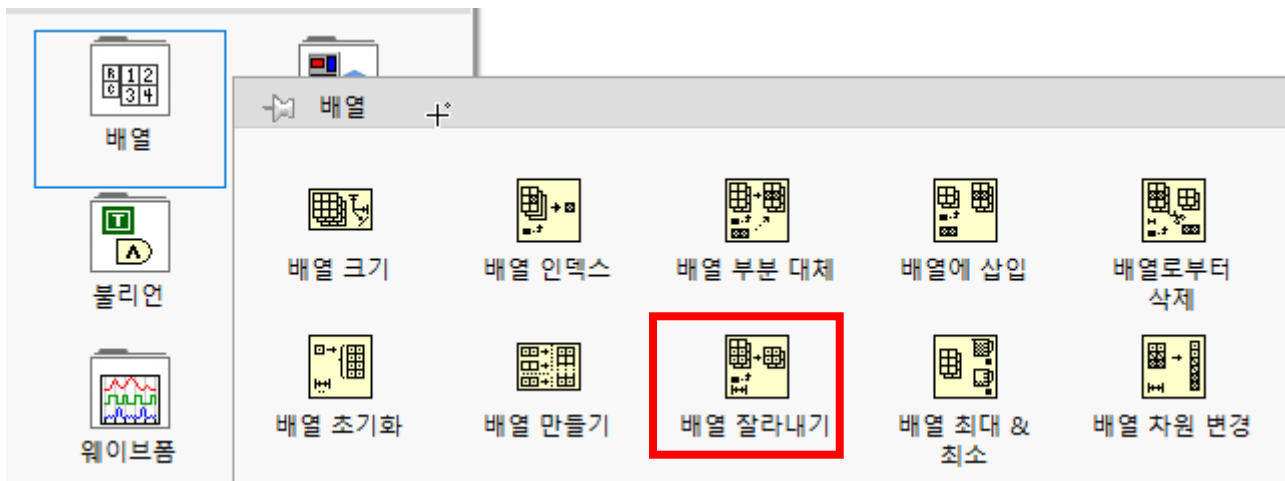
Frame Synchronization

- Peak Detection : 신호 처리 → 신호 연산 → 임계점 검출기
 - 입력 : data, 임계점 (threshold), 폭 (width)
 - width : threshold 이상의 값이 얼마나 유지되어야 하는지 결정.
 - 이 실험에선 **width = 1**
 - 출력 : 임계점의 index, 임계점 개수
 - Correlation 결과를 보고, 적절한 threshold 값을 설정할 것.



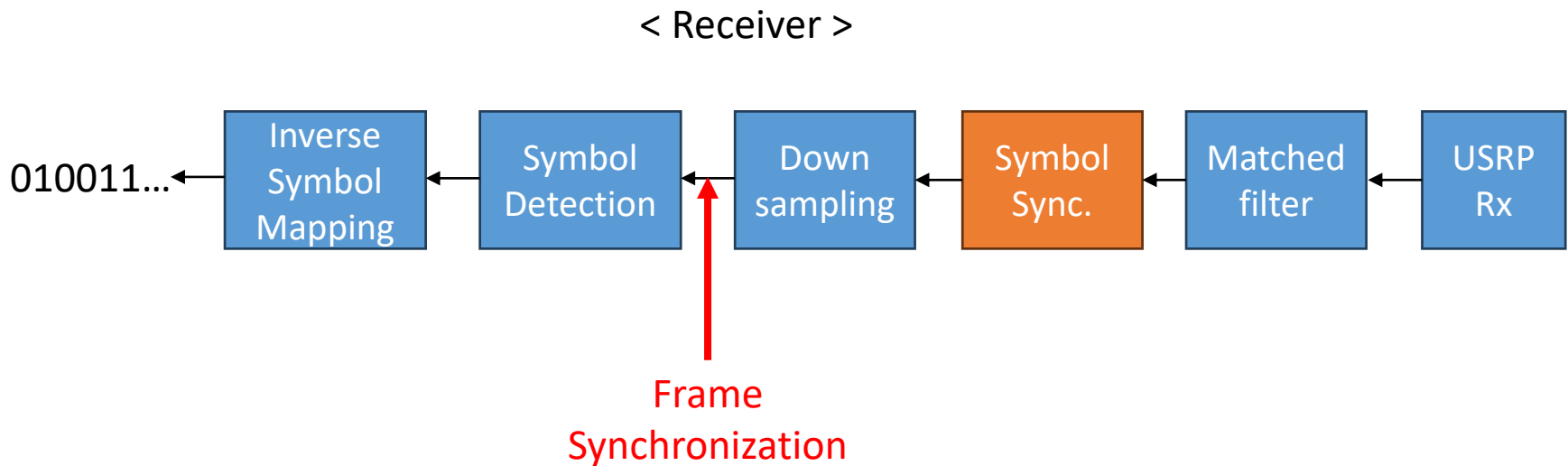
Frame Synchronization

- 배열 잘라내기
 - 입력 : 배열, 시작 index, 길이
 - 출력 : 시작 index부터 입력한 길이만큼 잘라낸 배열



Frame Synchronization

- Frame synchronization 위치



Outline

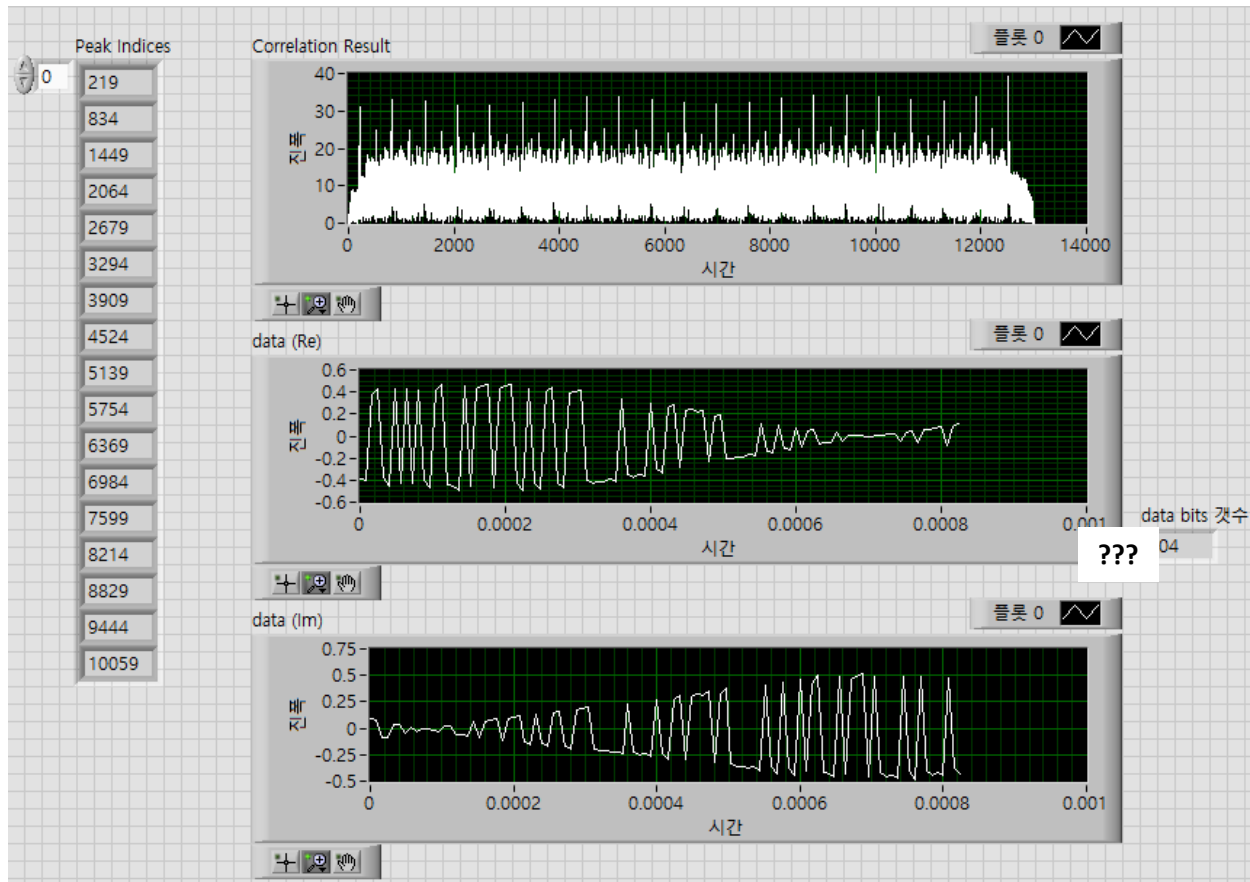
1. Frame synchronization
2. Today's Experiment
3. About Report

Today's Experiment

- Frame synchronization 수행.
 - 송신 신호 정보
 - IQ rate : 2,000,000 samples/s [2000 KS/s]
 - Filter : Root Raised Cosine [SRRC]
 - Roll-off factor : 0.35
 - Filter length : 11
 - Oversampling factor : 16
 - Center frequency : 2.3765 GHz
 - Training Sequence : m-sequence with order 9
 - Frame synchronization 수행
 - 상호 상관 결과를 그래프로 출력하고, 이를 이용하여 Frame의 시작점 판단
 - Frame에서 data 부분을 추출하고 길이는 몇 bit인지 알아보기
 - Frame Synchronization 실행 부분은 모듈화
 - 입력 : downsampling 후의 data, m-seq. order
 - 출력 : 상호 상관 결과, peak 위치, 추출한 data

Today's Experiment

- 결과 예시



Outline

1. Frame synchronization
2. Today's Experiment
3. About Report

About Report

- Due: 2024. 12. 2. (월) 오후 04:59
- Must include
 - Frame synchronization 수행 결과
 - 전체 코드(block diagram)^[1], 프런트 패널^[2]
 - 반드시 Frame synchronization 수행 부분을 모듈화
 - 만들어진 subvi의 block diagram^[3]도 첨부
 - Downsampling한 후의 신호와 training seq.의 상호 상관 결과^[4] (magnitude 그래프)
 - 상호 상관 결과에서 peak의 index^[5], 이를 통해 판단한 frame의 시작점 위치^[6]
 - Data에 해당하는 부분을 잘라낸 결과^[7] (Re, Im), data bits의 개수^[8]
 - Discussion
 - Training sequence의 길이가 길 때의 장단점^[9]은 무엇이 있을까?
- jhchoi0226@postech.ac.kr 로 제출