



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년05월12일
(11) 등록번호 10-2251460
(24) 등록일자 2021년05월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04J 3/06 (2006.01) G06T 5/00 (2019.01)
(52) CPC특허분류
H04J 3/0608 (2013.01)
G06N 3/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0146724
(22) 출원일자 2019년11월15일
심사청구일자 2019년11월15일
(56) 선행기술조사문헌
Blind Frame Syncword Detection Using Deep,
2019 ICTC (2019.10.16-18.)*
합성곱 신경망을 이용한 디지털 통신기 분류 알고
리즘, 한국통신학회 학술대회논문집, 2019.1.*
KR1020180125870 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한밭대학교 산학협력단
(72) 발명자
정의팀
이의수
(74) 대리인
이은철, 이우영

전체 청구항 수 : 총 1 항

심사관 : 장진환

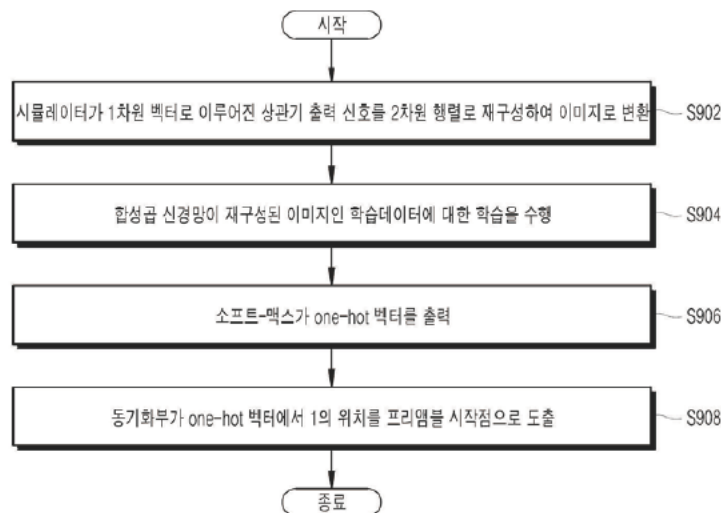
(54) 발명의 명칭 합성곱 신경망을 이용한 프레임 동기 방법

(57) 요약

본 발명은 합성곱 신경망을 이용한 프레임 동기 방법에 관한 것으로서, 시뮬레이터가 1차원 벡터로 이루어진 상관기 출력 신호를 2차원 행렬로 재구성하여 이미지로 변환하는 (a) 단계; 합성곱 신경망이 재구성된 이미지인 학습데이터에 대한 학습을 수행하는 (b) 단계; 소프트-맥스가 one-hot 벡터를 출력하는 (c) 단계; 및 동기화부가 one-hot 벡터에서 1의 위치를 프리엠블 시작점으로 도출하는 (d) 단계를 포함한다.

상기와 같은 본 발명에 따르면, 종래에 프레임 동기화를 위해 사용하던 문턱값 없이 상관기의 출력의 크기만 이 미지화하여 합성곱 신경망(convolutional neural network, CNN)에 입력해 SNR 추정 없이 프레임 동기화를 수행 함으로써, 종래의 기법보다 프레임 동기화 성능이 우수한 효과가 있다.

대표도 - 도9



(52) CPC특허분류

G06N 3/08 (2013.01)

G06T 5/007 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711081073
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	차세대초소형IoT기술개발(R&D)사업
연구과제명	새로운 Two-Tone OOK 변조 방식 기반의 초소형 IoT용 초저전력 (500uW) 장거리 래디
오 기술 개발	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국과학기술원
연구기간	2018.07.01 ~ 2020.12.31
공지예외적용	: 있음

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 시뮬레이터가 1차원 벡터로 이루어진 상관기 출력 신호를 2차원 행렬로 재구성하여 이미지로 변환하는 단계;
- (b) 합성곱 신경망이 재구성된 이미지인 학습데이터에 대한 학습을 수행하는 단계;
- (c) 소프트-맥스가 one-hot 벡터를 출력하는 단계; 및
- (d) 동기화부가 one-hot 벡터에서 1의 위치를 프리앰블 시작점으로 도출하는 단계를 포함하고,
- e) 동기화부가 소프트-맥스의 출력과 학습데이터의 레이블을 비교하여 손실이 최소가 되도록 CNN 파라미터의 갱신하는 단계를 더 포함하며,

상기 (a) 단계는

수신기의 프레임의 시작 지점이 일정 시간의 윈도우 내에 존재하도록 Q배 과표본된 수신신호와 프리앰블의 상관 관계를 이용하여 상관기의 출력 신호를 정규화하는 것을 특징으로 하는 합성곱 신경망을 이용한 프레임 동기 방법.

청구항 2

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 합성곱 신경망을 이용한 프레임 동기 방법에 관한 것으로 더욱 상세하게는, 종래의 문턱값 없이 상관기의 출력의 크기만 이미지화하여 합성곱 신경망 (convolutional neural network, CNN)에 입력해 SNR 추정이 필요 없이 프레임 동기를 제공하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 시분할 다중접속 (Time Division Multiple Access) 또는 동기 반송파 감지 다중접속 (Synchronized Carrier Sense Multiple Access)과 같은 동기화된 통신 시스템에서는 전송 프레임의 시작 지점은 송신기와 수신기 모두에게 알려져 있다.

[0003] 송신기와 수신기 사이의 클럭 오차 또는 전파지연으로 인해 수신기에서 프레임 시작 지점을 찾기 위한 프레임 동기는 필수적으로 사용된다. 이러한 프레임 동기는 프리앰블과 수신신호 사이의 상관기를 사용하고 이 출력의 크기가 일정 문턱값을 넘으면 프레임 동기 지점으로 판단하게 된다.

[0004] 최적의 문턱값은 신호 대 잡음 비 (signal to noise ratio, SNR)의 함수로 설정해야 하므로 프레임 동기 이전에 수신 신호의 SNR을 추정해야 하는 부담이 있다.

[0005] 이에 본 출원인은 종래의 문턱값 없이 상관기의 출력의 크기만 이미지화하여 합성곱 신경망 (convolutional neural network, CNN)에 입력해 SNR 추정 없이 프레임을 동기화하는 방법을 제안하고자 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2007-0055451호(2007.05.30)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은, 종래에 프레임 동기화를 위해 사용하던 문턱값 없이 상관기의 출력의 크기만 이미지화하여 합성곱 신경망 (convolutional neural network, CNN)에 입력해 SNR 추정 없이 프레임 동기화를 수행함으로써, 종래의 기법보다 성능이 우수한 성능 이득을 갖는 프레임 동기화 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 이러한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 프레임 동기 방법은, 시뮬레이터가 1차원 벡터로 이루어진 상관기 출력 신호를 2차원 행렬로 재구성하여 이미지로 변환하는 (a) 단계; 합성곱 신경망이 재구성된 이미지인 학습데이터에 대한 학습을 수행하는 (b) 단계; 소프트-맥스가 one-hot 벡터를 출력하는 (c) 단계; 및 동기화부가 one-hot 벡터에서 1의 위치를 프리엠블 시작점으로 도출하는 (d) 단계를 포함한다.

[0009] 그리고, (d) 단계 이후 동기화부가 소프트-맥스의 출력과 학습데이터의 레이블을 비교하여 손실이 최소가 되도록 CNN 파라미터의 갱신하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0010] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 종래에 프레임 동기화를 위해 사용하던 문턱값 없이 상관기의 출력의 크기만 이미지화하여 합성곱 신경망 (convolutional neural network, CNN)에 입력해 SNR 추정 없이 프레임 동기화를 수행함으로써, 종래의 기법보다 프레임 동기화 성능이 우수한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은 송수신기를 도시한 블록도.
- 도 2는 상관기의 구조를 도시한 블록도.
- 도 3은 상관기 출력의 예를 도시한 도면.
- 도 4는 종래의 프레임 동기화 기법의 구조를 도시한 도면.
- 도 5는 본 발명의 구조를 도시한 블록도.
- 도 6는 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 프레임 동기 방법의 학습데이터 생성 구성을 도시한 도면.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 프레임 동기 방법의 합성곱 신경망 구조를 도시한 도면.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 프레임 동기 방법의 CNN 방법과 종래의 최대값 방법의 프레임 오류 확률을 도시한 그래프.
- 도 9은 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 프레임 동기 방법을 도시한 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 발명의 구체적인 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 할 것이다. 또한, 본 발명에 관련된 공지 기능 및 그 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 구체적인 설명을 생략하였음에 유의해야 할 것이다.

[0013] 이하, 도 1 내지 도 4를 참조하여 종래의 프레임 동기화에 대해 살펴본 아래와 같다. 먼저, 도 1에 도시된 바와 같이 송수신기의 수신 신호는 송신 심볼 속도 대비 Q배 과표본 되었다고 가정하였으며, 이때 수신 신호는 [수학적 식 1]와 같다.

[0014] [수학식 1]

[0015]
$$r(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} s(k)p(t - kT - t_0) + w(t)$$

[0016] 여기서, $s(k)$ 는 송신 프레임 신호 (프리앰블은 이진 위상 편이 변조된 신호), $p(t)$ 는 pulse shaping filter의 임펄스 응답, $w(t)$ 은 정규분포를 갖는 잡음이며, t_0 는 시간 편차, $r(t)$ 은 수신기에서 수신되는 신호를 의미한다.

[0017] 또한, 수신기에서는 프레임 동기를 위해 프리앰블 도착 시점의 편차, 즉 t_0 를 검출하기 위해 송신기에서 전송한 프리앰블과 [수학식 2]의 Q 배 과표본된 수신 신호 $r[n]$ 의 상관관계를 이용한다. 또한, 상관기의 구조는 도 2와 같으며, [수학식 3]으로 표현할 수 있다. y_n 는 상관기의 출력이며 n 은 샘플링 인덱스이다.

[0018] [수학식 2]

[0019]
$$r[n] = r(t) \Big|_{t = \frac{nT}{Q}}$$

[0020] [수학식 3]

[0021]
$$y_n = \left| \sum_{l=0}^{L-1} r[n-lQ]s^*[L-l-1] \right|^2$$

[0022] 이때, 프리앰블의 길이는 L 심볼이라고 가정하였고, 이에 따라 송신 프레임의 첫 L 심볼은 프리앰블이다.

또한, 샘플링 주파수가 Q/T 이므로 실제 이산 수신 신호 $r[n]$ 에서 찾아야 하는 시간 편차는 $n_0 = \left\lceil t_0 \frac{Q}{T} \right\rceil$ 이며 $\lceil \cdot \rceil$ 는 반올림을 나타낸다. 그럼으로, 수신기에서 찾아야 하는 프레임 도착 지점은 n_0 이다.

[0023] 한편, 도 3은 상관기 출력의 예를 도시한 도면이고, 도 4는 종래의 프레임 동기화 기법의 구조를 도시한 도면으로, 상관기의 출력이 최대값을 가지는 $n = 7,913$ 일 때가 프레임의 도착지점 즉, $n = 7,913$ 이다.

[0024] 종래의 프레임 동기 기법은 SNR을 추정하여 문턱값을 설정하고 상관기의 출력이 이 문턱값을 넘는 지점을 n_0 으로 결정한다. 만약 n_0 가 항상 일정 윈도우 내에 존재한다면 문턱 값에 기반하여 프레임 동기를 수행하는 대신 윈도우 내에 상관기 출력의 최대값을 찾게 된다. 이 경우 SNR 추정 없이도 프레임 동기를 수행할 수 있다. 이와 같이 상관기 출력의 최대값에 기반한 프레임 동기 기법을 종래의 방법이라고 상정한다.

[0025] 이하, 도 5 내지 도 9를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 프레임 동기 방법의 시스템 모델에 대해 살펴보면 아래와 같다.

[0026] 먼저, 도 5는 본 발명에 따른 합성곱 신경망을 이용한 프레임 동기 방법을 도시화한 블록도이다. 도 5에 도시된 바와 같이 본 발명의 시스템 모델을 통한 프레임 동기 방법은 Q 배 과표본된 수신신호와 프리앰블의 상관관계를 이용하며, 상관기의 출력을 0 ~ 1 사이의 값이 되도록 정규화(Normalization)를 수행한다.

[0027] 또한, 정규화된 상관기의 출력 값을 흑백 이미지로 재구성하여 합성곱 신경망의 입력으로 들어가며, 합성곱 신경망은 프레임의 시작점(동기 지점)을 출력하도록 구성된다.

[0028] 일반적으로 수신기의 프레임 시작 지점은 알려져 있지만 송수신기의 클럭 오차와 전파지연으로 인해 편차가 존재하기 마련인바, 본 발명의 일 실시예에서는 수신기의 프레임 시작 지점이 일정 시간 윈도우 내에는 무조건 존재하는 것으로 상정하였다.

[0029] 또한, 윈도우 크기는 편차의 발생 가능 최대 크기로 설정하고, 송신 프레임의 맨 앞부분은 프레임 동기화에 필요한 500 비트의 무작위 신호가 이진 위상 편이 변조되어 전송되며, 이 신호를 프리앰블이라고 지칭하였다.

[0030] 이러한 본 발명의 일 실시예에 따른, 수신기에서 프리앰블 검출을 위한 상관기의 출력은 다음의 [수학식 4]과 같이 표현할 수 있다.

[0031] [수학식 4]

$$y_n = \left| \sum_{l=0}^{499} r[n-4l]s^*[L-l-1] \right|^2$$

[0032] 여기서, y 는 상관기의 출력이고, 프리앰블의 길이는 500이며, r 은 수신 신호로, 프리앰블 심볼속도 대비 4배 과 표본 되었다고 가정하였으며, s 는 전송 프리앰블이다. 또한, 시간 편차 n_0 가 존재하는 윈도우의 크기를 10,000으로 가정하였고, 실제 프레임 시작점이 이 윈도우 내에서 균등하게 무작위로 발생한다고 가정하였다.

[0033] 한편, 도 6은 도 5에 도시된 시스템 모델을 기반으로 합성곱 신경망을 이용한 프레임 동기 방법에 따른 CNN 학습데이터 생성 구조를 도시한 도면이다.

[0034] 앞서 언급한 바와 같이, 상관기의 출력은 최대값이 1이 되도록 정규화 함에 따라 상관기 출력의 최대값을 도출하고 이 값으로 전체 상관기 출력을 나누면 다음의 [수학식 5]로 표현된다.

[0035] [수학식 5]

$$z_n = \frac{y_n}{y_{max}}$$

[0036] 이처럼 상관기의 출력은 길이가 10,000이며 최대값이 1이 되도록 정규화한 이후, 이후 크기 $1 \times 10,000$ 인 1차원 벡터를 100×100 인 행렬로 변환한다.

[0037] 도 6에 도시된 바와 같이, 첫 100 샘플이 첫 번째 행이 되고 그 다음 100 샘플이 두 번째 행이 되는 방식으로 2차원 행렬로 변환한다. 이렇게 변환된 2차원 행렬은 흑백 이미지로 재구성되고, 큰 값은 밝은색으로 작은 값은 어두운 색으로 변환된다. 따라서, 이미지의 흰색 부분이 상관기 출력이 큰 부분, 즉 프레임 도착 지점(동기 지점)을 나타낸다. 이때, 총 100,000세트의 상관기 출력이 학습데이터로 사용되었다.

[0038] 이때, 각 학습데이터의 SNR은 -30dB와 30dB 사이의 임의의 실수로 설정되고, 프레임 도착 지점은 1에서 10,000 사이에서 무작위로 생성한다. 이 2차원 데이터 세트가 CNN 네트워크의 입력이 되며, 각 학습데이터의 레이블은 one-hot 벡터로 프레임의 시작 지점을 나타냈다. 즉 레이블은 길이 $1 \times 10,000$ 의 벡터이다.

[0039] 한편, 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 프레임 동기 방법의 합성곱 신경망의 구조를 도시한 도면이다.

[0040] 100×100 인 행렬이 입력으로 들어가고, 3개의 합성곱 층을 거쳐 전체 연결 층 한 층을 통과하며, 마지막으로 소프트-맥스(softmax)를 통해 길이 10,000의 one-hot 벡터를 출력하는데, 이 벡터에서 1의 위치가 프리앰블 시작점이다.

[0041] [표 1]에 나타난 바와 같이, 3개의 합성곱 층의 필터 개수는 각각 64, 128, 및 256개이고 필터 사이즈는 3개층 모두 3×3 을 사용하였고, 활성화 함수는 Rectified Linear Unit(ReLU)를 사용하였으며, Softmax의 출력과 학습데이터의 레이블을 비교하여 손실이 최소가 되도록 CNN 파라미터의 갱신이 이루어진다.

[0042] [표 1]

Conv. Layer 1, 2, 3	특징 맵	64, 128, 256
	필터	3×3
	스트라이드	가로: 1, 세로: 1
	활성화 함수	ReLU
	맥스 풀링 필터	2×2
F.C Layer	맥스 풀링 스트라이드	가로: 2, 세로: 2
	특징 맵	512

[0043] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 프레임 동기 방법과 종래의 프레임 동기 방법의 성능 검증을 위해 Python 환경에서 TensorFlow 라이브러리를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

[0044] 이때, 학습률 (Learning rate)은 0.001 이고, 최적화는 Adam (Adaptive moment gradient descent)을 사용하였으며, 80 Epochs를 동안 학습하였다.

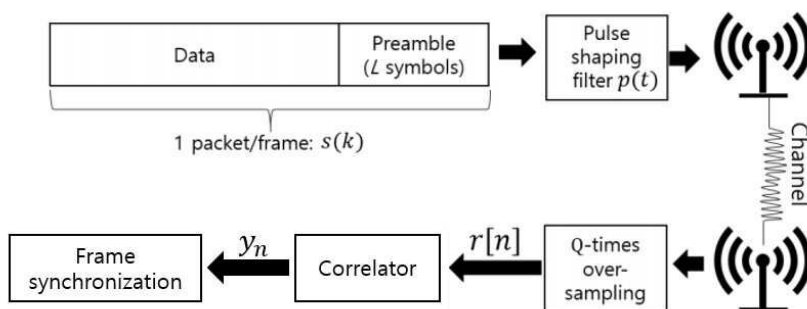
[0045] 또한, 성능 검증 테스트 데이터는 각 SNR (-30dB, -28dB, ..., 28dB, 30dB) 별로 100,000개씩의 데이터 세트를

생성한다.

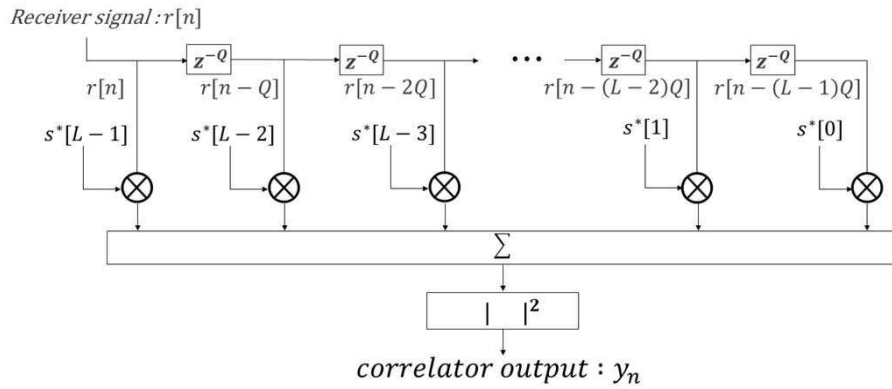
- [0049] 또한, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 CNN 기법과 기존 기법에 대해 프레임 동기 검출 오류 확률을 비교한 그래프이다. 이처럼 도 8에 도시된 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 CNN을 이용한 프레임 동기 방법은 종래의 방법보다 2dB 성능 이득이 있는 것을 확인할 수 있었다.
- [0050] 이하, 도 9를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 합성곱 신경망을 이용한 프레임 동기 방법에 대해 살펴보면 아래와 같다.
- [0051] 먼저, 시뮬레이터가 1차원 벡터로 이루어진 상관기 출력 신호를 2차원 행렬로 재구성하여 이미지로 변환한다(S902).
- [0052] 이때, 1×10000 인 1차원 벡터가 100×100 인 2차원 행렬로 변환되고, 2차원 행렬은 흑백 이미지로 재구성되며, 흑백 이미지 상에서 큰 값은 밝은 색 (프레임 도착 지점) 으로 표현되고 작은 값은 어두운 색으로 표현된다.
- [0053] 이어서, 합성곱 신경망이 시뮬레이터에 의해 재구성된 이미지인 학습데이터에 대한 학습을 수행한다(S904). 이때, 딥러닝 학습을 위한 학습데이터는 가산 백색 가우스 잡음(AWGN) 환경에서 생성된다.
- [0054] 뒤이어, 소프트-맥스(softmax)가 길이 10,000의 one-hot 벡터를 출력한다(S906).
- [0055] 그리고, 동기화부가 one-hot 벡터에서 1의 위치를 프리앰블 시작점으로 도출한다(S908). 이때, 소프트-맥스의 출력과 학습 데이터의 레이블을 비교하여 손실이 최소가 되도록 CNN 파라미터의 갱신할 수 있다.
- [0056] 이처럼 전술한 바와 같은 본 발명의 일 실시예에 의하면, 종래에 프레임 동기화를 위해 사용하던 문턱값 없이 상관기의 출력의 크기만 이미지화하여 합성곱 신경망 에 입력해 SNR 추정 없이 프레임 동기화를 수행함으로써, 종래의 기법보다 프레임 동기화 성능이 우수한 효과가 있다.
- [0057] 이상으로 본 발명의 기술적 사상을 예시하기 위한 바람직한 실시예와 관련하여 설명하고 도시하였지만, 본 발명은 이와 같이 도시되고 설명된 그대로의 구성 및 작용에만 국한되는 것이 아니며, 기술적 사상의 범주를 일탈함이 없이 본 발명에 대해 다수의 변경 및 수정이 가능함을 당업자들은 잘 이해할 수 있을 것이다. 따라서 그러한 모든 적절한 변경 및 수정과 균등 물들도 본 발명의 범위에 속하는 것으로 간주되어야 할 것이다.

도면

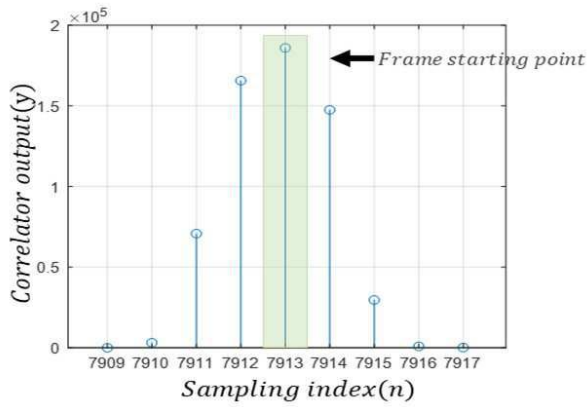
도면1



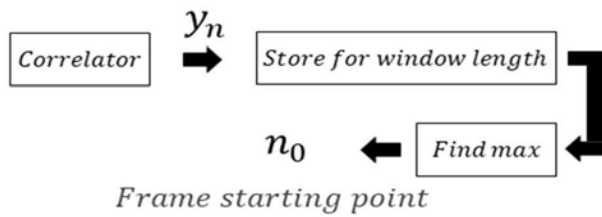
도면2



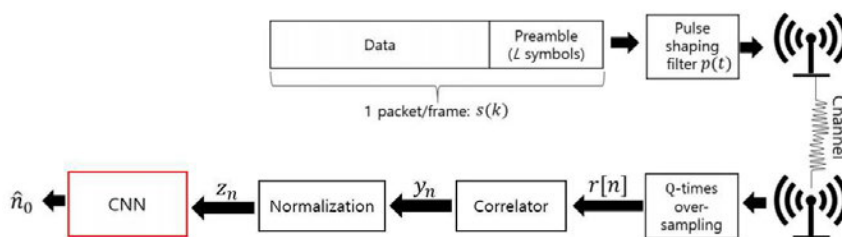
도면3



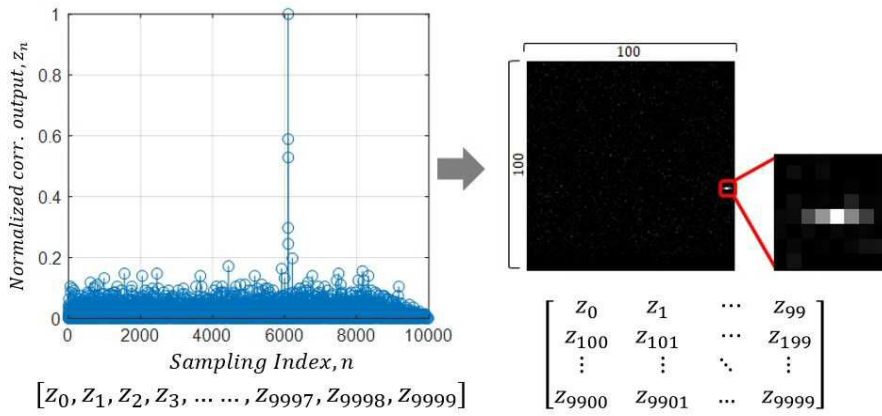
도면4



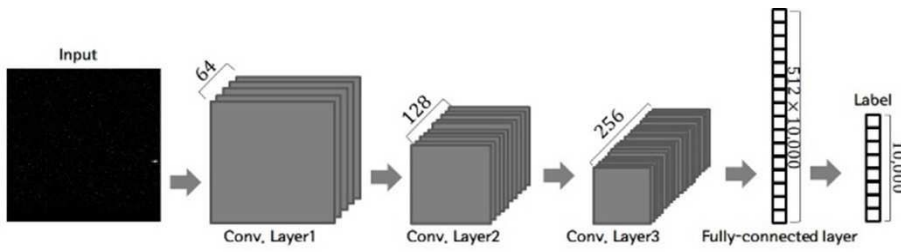
도면5



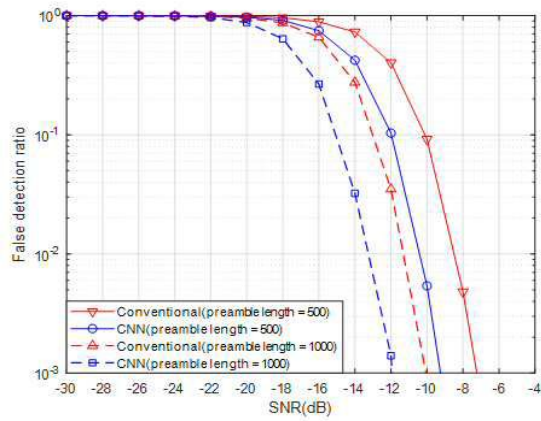
도면6



도면7



도면8



도면9

