(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0013205
(43) 공개일자 2022년02월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*H04B 3/54* (2006.01) *H04B 3/36* (2006.01)
*H04B 3/58* (2006.01) *H04B 7/155* (2006.01)
*H04L 12/64* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*H04B 3/54* (2013.01)
*H04B 3/36* (2020.08)
(21) 출원번호 10-2020-0092485
(22) 출원일자 2020년07월24일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
**한발대학교 산학협력단**
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
**이경재**
대전광역시 유성구 노은동로 111 열매마을10단지 아파트 1010동 701호
**데렉 콰쿠 포비 아시두**
대전광역시 유성구 동서대로 158-11 HB학사 B동 301호
(74) 대리인
**이은철, 이우영**

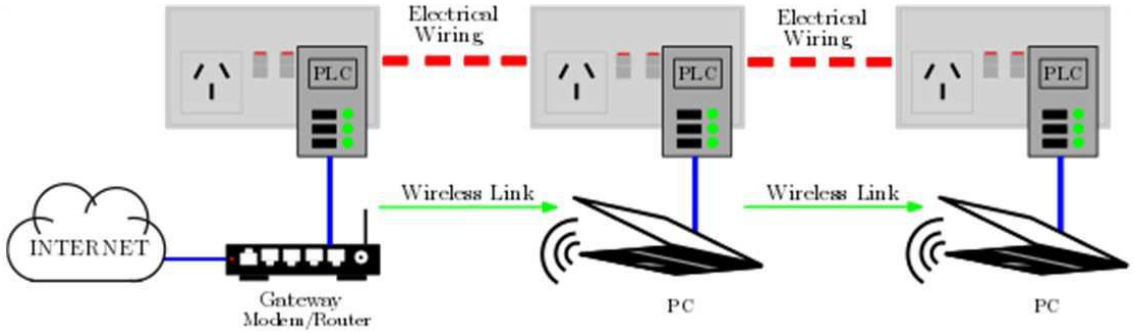
전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 발명의 명칭 **하이브리드 PLC/W 통신 시스템에서의 보안 장치 및 방법**

## (57) 요 약

본 기술은 하이브리드 PLC/W 통신 시스템에서의 보안 장치 및 방법이 개시된다. 구체적인 구현 예에 따르면 릴레이 노드에서 소스 노드의 정보 신호와 목적지 노드의 방해 신호를 수신한 다음 수신된 정보 및 방해 신호를 동시에 증폭하여 대상 노드로 전달함에 따라, 전력선 통신(PLC: Power Line Communication)과 무선 통신으로 구비된 하이브리드 통신 시스템에서의 물리적 계층의 보안율을 향상시킬 수 있다.

*대 표 도* - 도1



(52) CPC특허분류
***H04B 3/58*** (2020.08)
***H04B 7/15585*** (2013.01)
***H04L 12/6418*** (2013.01)
*H04B 2203/5425* (2013.01)
*H04B 2203/5479* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 201703230003
과제번호 R17XA05-71
부처명 한국전력공사
과제관리(전문)기관명 한국전력공사전력연구원
연구사업명 전력연구원 기초연구
연구과제명 스마트그리드를 위해 신뢰성 및 보안성이 강화된 다중릴레이 다중사용자 다중입출력 전력선통신 기술의 연구 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 한밭대학교 산학협력단
연구기간 2017.05.01 ~ 2020.04.30
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711082677
과제번호 2016-0-00500-004
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 정보보호핵심원천기술개발(R&D)
연구과제명 (창조씨앗-2단계)암호와 물리계층보안을 결합한 IoT 네트워크 보안 기술 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 한밭대학교산학협력단
연구기간 2016.09.01 ~ 2020.12.31

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

정보신호를 전송하는 소스 노드;

방해신호를 전송하는 목적지 노드; 및

상기 정보신호 및 방해신호를 동시에 수신되면 정보신호를 증폭하여 대상 노드로 전달하는 릴레이 노드를 포함하고,

상기 대상 노드는,

통신 중인 채널 정보를 이용하여 상기 방해신호를 제거하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 하이브리드 PLC/W 통신 시스템에서의 보안 장치

### 청구항 2

소스 노드에서 정보신호를 전송하는 단계;

목적지 노드에서 방해신호를 전송하는 단계;

릴레이 노드에서 상기 정보신호 및 방해신호를 동시에 수신되면 정보신호를 증폭하여 대상 노드로 전달하는 단계; 및

상기 대상 노드에서 통신 중인 채널 정보를 이용하여 상기 방해신호를 제거하는 단계로 구비되는 것을 특징으로 하는 하이브리드 PLC/W 통신 시스템에서의 보안 방법.

## 발명의 설명

### 기 술 분 야

[0001] 본 발명은 하이브리드 무선 및 전력선 통신 시스템에서의 보안 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 릴레이 노드에서 소스 노드의 정보 신호와 목적지 노드의 방해 신호를 수신한 다음 수신된 정보 및 방해 신호를 동시에 증폭하는 대상 노드로 전달함에 따라, 전력선 통신(PLC: Power Line Communication)망과 무선 통신망으로 구비된 하이브리드 통신 시스템에서의 물리적 계층의 보안율을 향상시킬 수 있는 기술에 관한 것이다.

### 배 경 기 술

[0003] PLC(Power-line Communication) 시스템은 스마트 그리드 및 IoT(Internet-of-things) 네트워크 시스템의 개발로 이어지고, 이러한 PLC 시스템의 진화는 단일 전력선(SISO)에서 다중 전력선(MIMO) 시스템으로 성장하였다. 또한, PLC 시스템은 시스템 성능을 향상시키기 위한 협력적 통신에서도 구현될 수 있다.

[0004] 그러나, PLC의 전송 채널의 저하로 인해 현재 PLC 시스템의 데이터 전송률이 낮다. 즉, PLC 데이터 전송 채널은 임펄스 노이즈, 임피던스 불일치(이 때문에 전송 신호 출력이 감소하고, 다중 경로 페이딩을 야기한다.), 주파수 선택적 다중 경로 페이딩, 전자기 호환성(EMC) 요구사항, 고주파수 및 거리 신호 감쇠의 존재로 인해 저하된다.

[0005] 한편, 협력 릴레이를 이용한 무선 통신 시스템은 두 통신 노드 사이의 중간의 릴레이 노드가 데이터 재전송 역할을 수행하며, 이러한 릴레이 노드에 의한 전송은 세 가지 프로토콜에 의해 달성된다.

[0006] 즉, 릴레이 노드는 재전송 전 수신된 정보의 해독 (DF: decode-and-forward), 재전송 전 수신된 신호의 증폭 (AF: amplify-and-forward) 및 수신된 정보의 압축 및 재전송 (CF: compress-and-forward)을 수행한다. 또한 릴레이 노드는 단일 또는 다중 재전송 노드에 의해 이루어질 수 있다. 여기서, 정보 전송을 돕는 단일 릴레이

노드를 듀얼 홉 릴레이 시스템이라고 하는 반면, 정보 전송을 용이하게 하는 다중 릴레이 노드를 멀티 홉 릴레이 시스템이라고 한다.

[0007] 이러한 릴레이 노드는 중계하고 있는 정보를 도청당할 수 있다. 따라서 릴레이에 의한 정보 전송은 안전해야 한다. 이것은 물리적 계층이나 소프트웨어 계층 또는 둘 모두의 조합에서 달성할 수 있다. 물리적 계층 보안의 예는 릴레이 노드에서 수신된 정보를 왜곡하고 도청을 방지하기 위해 방해 신호를 사용하는 것이고, 소프트웨어 계층의 보안은 릴레이 노드에서 데이터 암호화 및 암호 해독이 전송되는 정보를 보호하기 위해 사용될 수 있다.

[0008] 이에 최근에는 IoT와 스마트 그리드 통신 시스템의 도입으로 PLC 망와 무선 통신망이 결합된 하이브리드 PLC/W 시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 이에 통신 분야의 다양화 및 시스템이 달성 가능한 데이터 속도를 개선할 수 있다.

[0009] 그러나, PLC망과 무선 통신망이 결합된 하이브리드 PLC/W 시스템은 릴레이 노드 또는 기타 통신 노드로 도청자가 존재할 가능성이 존재하므로, 통신 보안 상의 문제가 야기된다.

## *발명의 내용*

### *해결하려는 과제*

[0011] 본 발명의 목적은 릴레이 노드에서 소스 노드의 정보 신호와 목적지 노드의 방해 신호를 수신한 다음 수신된 정보 및 방해 신호를 동시에 증폭하여 대상 노드로 전달함에 따라, 전력선 통신망 및 무선 통신망이 결합된 하이브리드 PLC/W 통신 시스템에서의 물리적 계층의 보안율을 향상시킬 수 있는 하이브리드 무선 및 전력선 통신 시스템에서의 보안 방법을 제공하고자 함에 있다.

[0012] 본 발명의 목적은 이상에서 언급된 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### *과제의 해결 수단*

[0013] 상기 목적을 이루기 위한 하나의 양태에 의거한 일 실시예의 하이브리드 PLC/W 통신 시스템에서의 보안 장치는

[0014] 정보신호를 전송하는 소스 노드;

[0015] 방해신호를 전송하는 목적지 노드; 및

[0016] 상기 정보신호 및 방해신호를 동시에 수신되면 정보신호를 증폭하여 대상 노드로 전달하는 릴레이 노드를 포함하고,

[0017] 상기 대상 노드는,

[0018] 통신 중인 채널 정보를 이용하여 상기 방해신호를 제거하도록 구비될 수 있다.

[0019] 다른 실시 양태에 의거, 본 발명의 하이브리드 PLC/W 통신 시스템에서의 보안 방법은,

[0020] 소스 노드에서 정보신호를 전송하는 단계;

[0021] 목적지 노드에서 방해신호를 전송하는 단계;

[0022] 릴레이 노드에서 상기 정보신호 및 방해신호를 동시에 수신되면 정보신호를 증폭하여 대상 노드로 전달하는 단계; 및

[0023] 상기 대상 노드에서 통신 중인 채널 정보를 이용하여 상기 방해신호를 제거하는 단계로 구비될 수 있다.

### *발명의 효과*

[0024] 일 실시예에 따르면, 릴레이 노드에서 소스 노드의 정보 신호와 목적지 노드의 방해 신호를 수신한 다음 수신된 정보 및 방해 신호를 동시에 증폭하는 대상 노드로 전달함에 따라, 전력선 통신(PLC: Power Line Communication)망과 무선 통신망으로 구비된 하이브리드 통신 시스템에서의 물리적 계층의 보안율을 향상시킬 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0025] 본 명세서에서 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니된다.

도 1은 일 실시예의 하이브리드 PLC/W 통신 시스템의 구성을 보인 도이다.

도 2는 일 실시예의 시스템의 보안 장치의 구성 도이다.

도 3은 일 실시예의 시스템의 보안효율을 보인 비교도이다.

도 4는 다른 실시예의 하이브리드 PLC/W 통신 시스템의 보안과정을 보인 흐름도이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 첨부한 도면들 및 후술되어 있는 내용을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예들을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시 예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되어지는 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성계수들을 나타낸다. 한편, 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급되지 않는 한 복수형도 포함된다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성계수, 단계, 동작 및/또는 소자가 하나 이상의 다른 구성계수, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0027] 본 명세서에 대한 설명에 앞서, 본 명세서에서 사용되는 몇 가지 용어들에 대하여 명확하게 하기로 한다.

[0028] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 일 실시 예의 하이브리드 PLC/W 통신 시스템에서의 보안 장치에 대해 상세히 설명하기로 한다.

[0029] 도 1은 일 실시예가 적용되는 하이브리드 PLC/W 통신 시스템 구성도이도, 도 2는 도 1에 도시된 시스템의 보안 장치의 구성을 보인 도이며, 도 3은 도 1에 도시된 하이브리드 PLC/W 통신 시스템(PLC/W), 무선통신 시스템(W), 및 전력선 통신 시스템(PLC)각각의 평균 보안율의 비교 그래프이다.

[0030] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 일 실시 예에 따른 하이브리드 PLC/W 통신 시스템은 소스 노드(100), 목적지 노드(200), 릴레이 노드(300), 및 대상 노드(400)를 포함할 수 있다.

[0031] 하이브리드 PLC/W 통신 시스템은 바람직한 실시예일 뿐, 필요에 따라 일부 구성 요소가 추가되거나 삭제될 수 있음은 물론이다. 또한, 도 1에 도시된 하이브리드 PLC/W 통신 시스템 각각의 구성 요소들은 기능적으로 구분되는 기능 요소들을 나타낸 것으로서, 복수의 구성 요소가 실제 물리적 환경에서는 서로 통합되는 형태로 구현될 수도 있음에 유의한다.

[0032] 일 실시예에서, 단일 릴레이 노드를 통해 서로 통신하는 두 개의 노드(즉, 각각 소스 및 릴레이 노드)로 구성된 공동 릴레이 네트워크를 고려하여 각 노드는 PLC 및 무선 통신 시스템, 일 례로 무선 통신 시스템을 위한 단일 안테나 및 PLC 시스템에 사용되는 단일 전원선으로 구성되고, 릴레이 노드는 AF(증폭) 중계 모드에서 동작된다고 가정하자.

[0033] 소스 노드(100)는 심볼 형태의 정보신호를 전송하는 기능을 수행할 수 있고, 소스 노드(100)의 심볼 형태의 정보신호는 릴레이 노드(300)로 전달될 수 있다.

[0034] 한편 목적지 노드(200)는 생성된 방해 신호(jammer)를 릴레이 노드(300)로 전달할 수 있다.

[0035] 여기서, 목적지 노드(200)의 수신 신호 $y_D$는 다음 식 1을 만족할 수 있다.

[0036] [식 1]

[0037] $$y_D = \sqrt{P_S} h_{SR}^i h_{RD}^i G_i s + h_{RD}^i G_i z_R^i + z_D^i$$

[0038] 여기서, Ps는 소스 노드(100)의 전송 전력이고, $z_D^i$, $z_R^i$ 각각은 가우시안 잡음이며, $h_{SR}^i$ 는 소스 노드(100)와 릴레이 노드(300) 간의 채널 정보이고, $h_{RD}^i$ 는 목적지 노드(200)와 릴레이 노드(300) 간의 채널 정보이며, s는 심볼 형태의 정보신호이고, $G_i$는 방해신호이다.

[0039] 한편, 릴레이 노드(300)는 방해 신호 및 정보 신호를 수신한 다음 증폭하여 대상 노드(400)로 전달할 수 있다. 이때 릴레이 노드(300)는 수신된 방해 신호 및 정보 신호의 디코딩한 다음 수신된 신호의 증폭을 수행하고 수신된 방해신호 및 정보 신호의 압축 및 재전송을 수행할 수 있다.

[0040] 여기서, 릴레이 노드(300)의 수신 신호 $y_R$ 는 다음 식 2로 나타낼 수 있다.

[0041] [식 2]

[0042] $$y_R = \sqrt{P_S} h_{SR}^i s + \sqrt{P_D} h_{DR}^i n + z_R^i$$

[0043] 여기서, Ps는 소스 노드(100)의 전송 전력이고, $P_D$는 목적지 노드(300)의 전송 전력이며 $z_R^i$ 각각은 가우시안 잡음이며, $h_{SR}^i$ 는 소스 노드(100)와 릴레이 노드(300) 간의 채널 정보이고, $h_{RD}^i$ 는 목적지 노드(200)와 릴레이 노드(300) 간의 채널 정보이며, s는 심볼 형태의 정보신호이다.

[0044] 여기서, 릴레이 노드(300)의 증폭 이득 $G_i$는 다음 식 3을 만족한다.

[0045] [식 3]

[0046] $$G_i = \sqrt{\frac{P_R}{P_S|h_{SR}|^2 + P_D|h_{DR}|^2 + \sigma_R^2}}$$

[0047] 여기서, $\sigma_R^2$ 는 릴레이 노드의 잡음 분산이다. $P_R$ 은 릴레이 노드(300)의 전송 전력이다.

[0048] 또한 대상 노드(400)는 릴레이 노드(300)의 수신 신호 $y_R$ 를 전달받아 무선 및 PLC 구성 요소로부터 수신된 릴레이 노드(300)의 수신 신호 $y_R$ 를 디코딩한 다음 각 노드의 채널 정보를 이용하여 방해 신호를 제거한 다음 디코딩을 수행한다.

[0049] 이때 각 목적지 노드(200)와 릴레이 노드(300)에서의 신호대 잡음비(SNR) $\rho_D^i$ $\rho_R^i$ 은 각각 다음 식 4 및 식 5로 나타낼 수 있다.

[0050] [식 4]

[0051] $$\rho_R^i = \frac{P_S|h_{SR}|^2}{P_D|h_{DR}|^2 + \sigma_R^2}$$

[0052] [식 5]

[0053] $$\rho_D^i = \frac{P_S|h_{SR}|^2|h_{RD}|^2 G_i^2}{|h_{RD}|^2 G_i^2 \sigma_R^2 + \sigma_D^2}$$

[0054] 여기서, $\sigma_D^2$ 는 목적지 노드의 잡음 분산이다.

[0055] 이에 릴레이 및 대상 노드에서 시스템 성능을 달성하기 위한 각각의 처리량은 다음 식 6 및 식 7을 만족한다.

[0056] [식 6]

[0057] $$C_R^i = \log_2(1+\rho_R^i)$$

[0058] [식 7]

[0059] $$C_D^i = \log_2(1+\rho_D^i)$$

[0060] 이에 전체 시스템의 성능을 향상시킬 수 있는 보안 용량은 다음 식 8로 나타낼 수 있다.

[0061] [식 8]

[0062] $$C_T^{WP} = [C_D^W - C_R^W]^+ + [C_D^P - C_R^P]^+$$

[0063] 여기서, i 는 무선(w) 및 전력선(p) 통신의 수로 임의의 정수이다.

[0064] 도 3을 참조하면, PLC 또는 무선 통신 모드만 사용하는 시스템과 하이브리드 PLC/W 시스템의 물리적 계층의 보안율 측면에서 일 실시예의 하이브리드 PLC/W 시스템은 다른 가능한 시스템보다 시스템 성능이 증가됨을 알 수 있고, 또한 릴레이 전송 전력 $P_R$ 이 증가함에 따라 일 실시예의 하이브리드 PLC/W 시스템이 기존의 다른 시스템보다 시스템의 성능이 향상됨을 확인할 수 있다.

[0065] 도 4는 도 2에 도시된 하이브리드 PLC/W 시스템의 보안 과정을 보인 흐름도로서, 도 3을 참조하면, 다른 실시예에 따른 하이브리드 PLC/W 시스템의 보안 과정을 설명한다.

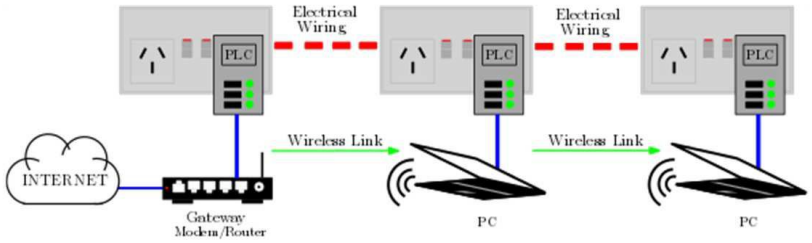
[0066] 우선 단계(S100)에서, 일 실시 예에 의거한 소스 노드(100)는 정보신호를 전송하고, 단계(S200)에서, 목적지 노드는 방해신호를 전송할 수 있다. 그리고, 단계(S300)에서 릴레이 노드는 상기 정보신호 및 방해신호를 동시에 수신되면 정보신호를 증폭하여 대상 노드로 전달한다.

[0067] 그리고, 단계(S400)에서, 대상 노드는 릴레이 노드의 수신 신호를 디코딩한 다음 통신 중인 채널 정보를 이용하여 상기 방해신호를 제거한다.

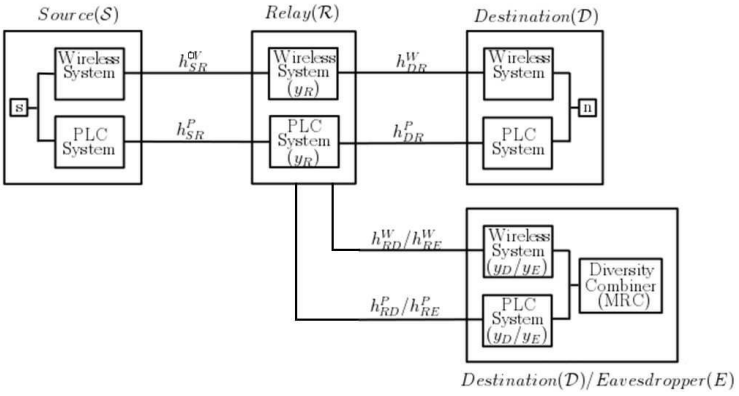
[0068] 이에 일 실시 예에 의거, 릴레이 노드에서 소스 노드의 정보 신호와 목적지 노드의 방해 신호를 수신한 다음 수신된 정보 및 방해 신호를 동시에 증폭하여 대상 노드로 전달함에 따라, 전력선 통신(PLC: Power Line Communication)망과 무선 통신망으로 구비된 하이브리드 통신 시스템에서의 물리적 계층의 보안율을 향상시킬 수 있다.

## 도면

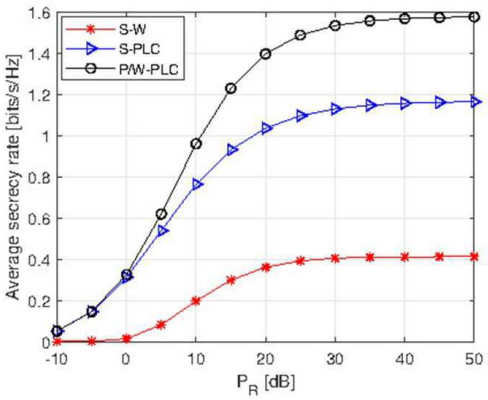
### 도면1



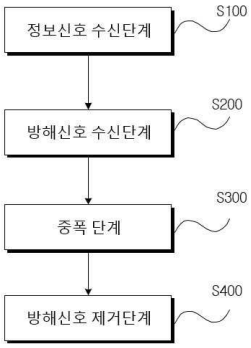
도면2


Source(S)
Relay(R)
Destination(D)
Wireless System
PLC System
s
n
Diversity Combiner (MRC)
Destination(D)/ Eavesdropper(E)

도면3


S-W
S-PLC
P/W-PLC
Average secrecy rate [bits/s/Hz]
P_R [dB]

도면4


정보신호 수신단계
S100
방해신호 수신단계
S200
중폭 단계
S300
방해신호 제거단계
S400