



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0006160
(43) 공개일자 2016년01월18일

(51) 국제특허분류 (Int. Cl.)
H04B 3/54 (2006.01) *G05B 13/02* (2006.01)
H04L 1/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H04B 3/54 (2013.01)
G05B 13/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-7025873

(22) 출원일자(국제) 2014년02월14일
심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2015년09월18일

(86) 국제출원번호 PCT/US2014/016540

(87) 국제공개번호 WO 2014/130366
국제공개일자 2014년08월28일

(30) 우선권주장
61/766,551 2013년02월19일 미국(US)
(뒷면에 계속)

(71) 출원인
애스트로링크 인터내셔널 엘엘씨
미국 20817 매릴랜드주 베데스다 록히드 마틴 코
포레이션 내 록리지 드라이브 6801
도미니온 에너지 테크놀로지스, 임크.
미국 23219 베지니아주 리치몬드 도미니온 리소시
즈 서비스 인크 내 트리디거 스트리트 120

(72) 발명자
한셀, 제리트
미국 80303 콜로라도주 바울더 피킨 드라이브
4625
베른하임, 헨리크, 에프.
미국 80230 콜로라도주 덴버 이스트 제1 플레이스
넘버109 7777
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양영준, 백만기, 정은진

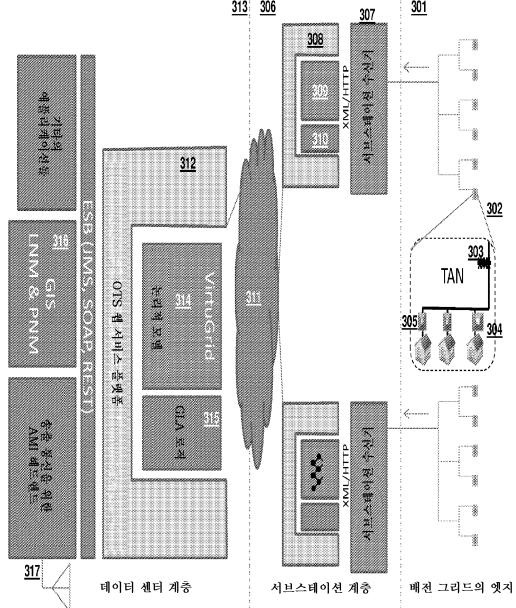
전체 청구항 수 : 총 96 항

(54) 발명의 명칭 배전 그리드의 도식적 및 위상학적 특성들을 유추하기 위한 시스템 및 방법

(57) 요약

배전 그리드의 도식적 및 위상학적 특성을 유추하기 위한 시스템 및 방법이 제공된다. 이 시스템은, 원격 허브, 종속 원격장치, 서브스테이션 수신기, 및 연관된 컴퓨팅 플랫폼과 집중화기를 포함할 수 있다. 원격 허브 엣지 전송기라 불리는 적어도 하나의 지능형 엣지 전송기는 전기 계측기에 공급하는 전력 메인 내에 변조된 전류를 주 (뒷면에 계속)

대표도 - 도3



입함으로써 배전 그리드 상에서 메시지를 전송할 수 있다. 종속 원격장치, 원격 허브, 서비스테이션 수신기, 및 연관된 컴퓨팅 플랫폼과 집중화기는, 네트워크 내의 각 노드가 온-그리드 네트워크를 구성하고 네트워크 상에서 메시지를 송수신하기 위한 방법을 구현하는 것을 허용하는 저장된 명령어들을 실행하는 처리 유닛을 포함할 수 있다. 서비스테이션 수신기, 컴퓨팅 플랫폼 및 집중화기는 네트워크의 도식적 그리드 위치 속성을 검출 및 유추하고 검출 및 유추된 속성을 논리적 및 물리적 네트워크 모델을 유지하는 지리공간적 정보 시스템을 포함한 다른 애플리케이션 시스템에 퍼블리싱할 수 있다.

(52) CPC특허분류

HO4L 1/0001 (2013.01)
HO4B 2203/5433 (2013.01)
HO4B 2203/5466 (2013.01)

(72) 발명자

리아오, 유

미국 80503 콜로라도주 롱몬트 마운틴 드라이브
1610

마틴, 마르시아, 레이드

미국 80501 콜로라도주 롱몬트 사우스 에머리 스트리트 1209

아벤드쉐인, 앤드류, 루이스

미국 80504 콜로라도주 롱몬트 메도우 베일 로드
2020

(30) 우선권주장

61/779,222 2013년03월13일 미국(US)
13/871,944 2013년04월26일 미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

신호를 반복하거나 증폭하는 중간 장치를 요구하지 않고 배전 그리드(electrical distribution grid) – 상기 그리드는 장거리 데이터-베어링 네트워크(long-range data-bearing network)로서 이용됨 – 의 저전압 주변부 (low-voltage periphery)로부터 배전 서브스테이션(electrical distribution substation)으로 상기 배전 그리드 상에서 메시지들을 송수신하기 위한 시스템으로서,

- a. 적어도 하나의 종래의 네트워크와 적어도 하나의 중간 전압 배전 그리드 – 상기 적어도 하나의 중간 전압 배전 그리드는, 적어도 하나의 배전 변압기(distribution transformer)를 포함하는 적어도 하나의 배전 서브스테이션, 및 적어도 하나의 소비자에게 전력을 공급하는 서비스 변압기(service transformer)를 포함하는 적어도 하나의 저전압 네트워크를 포함함 – 를 포함하는 수렴형 네트워크(converged network);
 - b. 상기 종래의 네트워크에 부착되고, 그리드 맵(Grid Map) 및 인벤토리(Inventory)를 포함하는 데이터베이스와 저장된 프로그램들을 포함하는 데이터 센터;
 - c. 적어도 하나의 서브스테이션 변압기를 포함하는 상기 적어도 하나의 배전 서브스테이션 각각에 대한 적어도 하나의 컴퓨팅 플랫폼 – 상기 컴퓨팅 플랫폼은 상기 그리드 맵의 서브셋 및 상기 인벤토리의 서브셋을 포함하는 데이터베이스와 저장된 프로그램들을 포함함 – ;
 - d. 상기 적어도 하나의 컴퓨팅 플랫폼에 호스팅되거나 이와 통신하는 적어도 하나의 서브스테이션 수신기; 및
 - e. 상기 적어도 하나의 배전 서브스테이션 변압기에 의해 전력을 공급받는 적어도 하나의 변압기 영역 네트워크 (Transformer Area Network) – 각각의 변압기 영역 네트워크는 상기 서비스 변압기의 저전압측 상에 위치한 적어도 하나의 원격 허브(Remote Hub)를 포함하고, 상기 원격 허브는, 상기 서브스테이션 수신기와 상기 적어도 하나의 원격 허브 사이의 리피터들, 브릿지들, 또는 기타의 장치를 이용하지 않고, 상기 서브스테이션 수신기에 의해 수신 및 디코딩되는 메시지들을 전송하도록 구성됨 –
- 를 포함하는 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 변압기 영역 네트워크는 상기 서비스 변압기의 저전압측 상에 하나 이상의 종속 원격장치 (Subordinate Remote)를 포함하고, 상기 하나 이상의 종속 원격장치는 온-그리드 프로토콜(on-grid protocol)을 통한 상기 적어도 하나의 원격 허브로부터의 발견 명령들 및 데이터 수집 요청들에 응답하도록 동작할 수 있는, 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 고등 계측 인프라스트럭처(Advanced Metering Infrastructure)에 의해 서브스테이션-대-엣지 (Substation-to-Edge) 채널을 제공하는 것을 더 포함하는 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 중간 또는 고전압으로부터 저전압으로 전송하도록 구성된 적어도 하나의 온-그리드 전송기에 의해 서브스테이션-대-엣지 채널을 제공하는 것을 더 포함하는 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 데이터 센터는, 상기 종래의 네트워크에 부착된 고등 계측 인프라스트럭처의 헤드 엔드 (Head End), 및 상기 고등 계측 인프라스트럭처를 통한 브로드캐스팅과 상기 원격 허브들에 의한 수신을 위해 상기 헤드 엔드에 데이터 블록들을 제공하도록 구성된 집중화기(Concentrator)를 더 포함하는, 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 변압기 영역 네트워크는 단일-페이즈 서비스 변압기(single-phase service transformer)에 의해 경계가 정해지는(bounded), 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 서비스 변압기는 멀티-페이즈 서비스 변압기(multi-phase service transformer)이고, 상기 멀티-페이즈 서비스 변압기의 서비스 영역은 상기 멀티-페이즈 서비스 변압기의 각 페이즈에 대해 하나의 변압기 영역 네트워크를 포함하는, 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 서비스 변압기는 멀티-페이즈 서비스 변압기이고, 상기 멀티-페이즈 서비스 변압기의 서비스 영역은 단일 변압기 영역 네트워크를 포함하며, 상기 서비스 변압기의 한 페이즈 상에는 마스터 원격 허브(master Remote Hub)가 있고, 상기 변압기의 각 페이즈 상에는 상기 마스터 원격 허브를 갖지 않는 프록시 허브가 있는, 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서, 원격 허브는 휴대 컴퓨팅 장치와 로컬 인터페이스에 의해 프로그램 가능한, 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서, 휴대 컴퓨팅 장치와 로컬 인터페이스에 의해 원격 허브로부터 데이터가 수집될 수 있는, 시스템.

청구항 11

제1항에 있어서, 적어도 하나의 추가 서브스테이션 수신기가 상기 적어도 하나의 변압기 영역 네트워크와 상기 적어도 하나의 서브스테이션 변압기 사이의 중간 전압 배전 그리드 상의 중간 지점에 위치하는, 시스템.

청구항 12

신호를 반복하거나 증폭하는 중간 장치를 요구하지 않고 변압기 영역 네트워크 내의 단일 페이즈 메인(single phase main) 상의 저전압에서 접속된 원격 허브로부터 배전 서브스테이션으로 메시지들을 전송하는 단계를 포함하는, 시간에 따라 변하는 배전 그리드의 도식적 및 위상학적 특성들을 유추하기 위한 방법으로서,

- a. 상기 배전 그리드 상에 적어도 하나의 전송 채널을 형성하기 위해 후보 스펙트럼 내의 적어도 하나의 주파수 대역을 식별하는 단계;
- b. 상기 원격 허브가 상기 적어도 하나의 채널 상에서 전송하는 것을 허용하기 위한 정책을 정의하는 정보를 상기 원격 허브에 로딩하는 단계;
- c. 데이터 페이로드를 얻는 단계;
- d. 상기 데이터 페이로드로부터 메시지를 생성하고 상기 메시지의 검출과 상기 전송기의 그리드 위치의 유추를 가능하게 하는 정보를 전송될 상기 메시지 내에 포함하는 단계; 및
- e. 변조된 전류 신호를 상기 적어도 하나의 채널 내에 주입함으로써 상기 메시지를 전력선 상에서 전송하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 데이터 페이로드는 비트 스트림을 포함하고, 포워드 에러 정정 비트들이 상기 데이터 페이로드에 관해 계산되어 상기 비트 스트림에 부가되는, 방법.

청구항 14

제12항에 있어서, 상기 데이터 페이로드는 비트 스트림을 포함하고, 포워드 에러 정정 비트들이 상기 데이터 페이로드에 관해 계산되어 상기 비트 스트림의 데이터 비트들과 소정 패턴으로 인터리빙되는(interleaved), 방법.

청구항 15

제12항에 있어서, 상기 메시지는, 프리앰블, 데이터 페이로드, 및 그리드 위치를 설정하기 위한 프로브 전송을 포함하는, 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 프로브 전송은 상기 프리앰블에 포함되는, 방법.

청구항 17

제15항에 있어서, 상기 프로브 전송은 상기 프리앰블로부터 분리된, 방법.

청구항 18

제15항에 있어서, 상기 프리앰블의 대역폭은 상기 데이터 페이로드의 대역폭과 동일한, 방법.

청구항 19

제15항에 있어서, 상기 프리앰블의 대역폭은 상기 데이터 페이로드와는 상이한, 방법.

청구항 20

제15항에 있어서, 상기 프로브 전송은 적어도 하나의 광대역 변조된 신호의 시퀀스를 포함하는, 방법.

청구항 21

제15항에 있어서, 상기 프로브 전송은 적어도 하나의 톤(tone)을 포함하는 적어도 하나의 스위핑 그룹(sweeping group)의 시퀀스를 포함하는, 방법.

청구항 22

제12항에 있어서, 상기 데이터 페이로드 내에 프로비저닝 요청(provisioning request)을 제공하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 23

제12항에 있어서, 상기 데이터 페이로드 내에 새로운 종속 원격장치의 발견을 기술하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 24

제12항에 있어서, 상기 데이터 페이로드는 상기 원격 허브에서 측정된 데이터로부터 유도된 적어도 하나의 계산된 결과를 포함하는, 방법.

청구항 25

제12항에 있어서, 상기 데이터 페이로드는 적어도 하나의 종속 원격장치 상에서 측정된 데이터로부터 유도된 적어도 하나의 계산된 결과를 포함하는, 방법.

청구항 26

제12항에 있어서, 변압기 영역 네트워크에서 검출된 예외 조건의 적어도 하나의 보고를 상기 데이터 페이로드 내에 포함하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 27

제12항에 있어서, 이전의 데이터 페이로드의 재전송을 상기 데이터 페이로드 내에 포함하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 28

제12항에 있어서, 상기 적어도 하나의 전송 채널은 타임 슬롯들로 분할되지 않고 무작위로 선택된 시간에서 상기 원격 허브에 의해 액세스될 수 있는, 방법.

청구항 29

제12항에 있어서, 복수의 원격 허브를 제공하고, 동일한 배전 서브스테이션으로부터 전력을 수신할 수 있는 상기 복수의 원격 허브 내의 모든 원격 허브들의 시스템 클록들을 동기화하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 30

제29항에 있어서, 상기 적어도 하나의 전송 채널은 미리결정된 길이의 타임 슬롯들로의 프로비저닝(provisioning)에 의해 분할된 슬롯화된 채널(slotted channel)인, 방법.

청구항 31

제30항에 있어서, 상기 슬롯화된 채널의 타임 슬롯들 중 적어도 하나는 스케줄링된 전송들에 대해 예약되고 프로비저닝에 의해 상기 원격 허브에 할당되는, 방법.

청구항 32

제30항에 있어서, 상기 슬롯화된 채널의 타임 슬롯들 중 적어도 하나는 무작위 전송들에 대해 예약되고 상기 원격 허브에 의해 액세스될 수 있는, 방법.

청구항 33

제12항에 있어서, 적어도 하나의 채널은 타임 슬롯들로 분할되지 않는, 방법.

청구항 34

제12항에 있어서, 상기 원격 허브는 정책-기반의 고정된 시간 구간 + 무작위로 선택된 시간 구간 동안 대기한 다음, 상기 메시지를 재전송하는, 방법.

청구항 35

제12항에 있어서, 상기 원격 허브는 정책-기반의 고정된 시간 구간 + 무작위로 선택된 시간 구간 동안 대기한 다음, 서브스테이션-대-엣지 채널 상의 상기 메시지의 접수확인(acknowledgement)이 수신되지 않은 경우에만 상기 메시지를 재전송하는, 방법.

청구항 36

제32항에 있어서, 상기 원격 허브는 정책-기반의 고정된 시간 구간 + 무작위로 선택된 시간 구간 동안 대기한 다음, 무작위 메시지들에 대해 예약된 다음 차례의 가용 타임 슬롯에서 상기 메시지를 재전송하는, 방법.

청구항 37

제32항에 있어서, 상기 원격 허브는 정책-기반의 고정된 시간 구간 + 무작위로 선택된 시간 구간을 대기한 다음, 서브스테이션-대-엣지 채널 상의 상기 메시지의 접수확인이 수신되지 않은 경우에만 무작위 메시지들에 대해 예약된 다음 차례의 가용 타임 슬롯에서 상기 메시지를 재전송하는, 방법.

청구항 38

제12항에 있어서, 상기 변조된 전류 신호는 하나보다 많은 변조 기술의 조합에 의해 변조되는, 방법.

청구항 39

제12항에 있어서, 상기 변조된 전류 신호는 확산 주파수 방법(spread frequency method)에 의해 변조되고, 전송을 변조하기 위한 목적으로 적어도 하나의 채널에 적어도 하나의 칩을 할당하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 40

제39항에 있어서, 전송을 변조하기 위한 목적으로 상기 적어도 하나의 채널에 할당된 복수의 수학적으로 직교하

는 칩으로부터 무작위로 칩을 선택하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 41

제39항에 있어서, 상기 메시지가 전송되는 타임 슬롯의 서수(ordinal)에 의해 상기 적어도 하나의 채널에 할당된 복수의 수학적으로 직교하는 칩으로부터 칩을 선택하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 42

제39항에 있어서, 상기 메시지는 상기 칩과 상기 메시지 스트링의 베타적 OR를 계산함으로써 상기 채널 상으로 변조되는, 방법.

청구항 43

제39항에 있어서, 각각이 한 세트의 상호 직교하는 칩들 중 하나를 고유하게 할당받는 복수의 원격 허브를 더 포함하는, 방법.

청구항 44

제12항에 있어서, 전력 기본 신호(power fundamental signal)의 고조파들 상에 에너지를 주입하는 것을 피하기 위해 상기 메시지의 전송에 있어서 성형 필터(shaping filter)를 이용하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 45

제12항에 있어서, 정책을 정의하는 상기 정보가 전송을 허용할 때까지 메시지를 저장하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 46

제12항에 있어서, 상기 원격 허브 내의 엣지 전송기(Edge Transmitter)로부터 상기 전력선 상으로 전류가 흐를 수 있도록 전송하기에 앞서 격리 회로를 닫는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 47

제46항에 있어서, 상기 격리 회로를 닫는 단계는, 전력선 기본(power line fundamental)의 제로 교차(zero crossing)에서 트라이악(Triac)을 닫고 나서, 릴레이를 닫는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 48

제46항에 있어서, 상기 전송 메시지가 완전히 전송된 후에 상기 격리 회로를 개방하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 49

제48항에 있어서, 상기 격리 회로를 개방하는 단계는, 상기 릴레이를 개방한 다음, 상기 전력선 기본의 제로 교차에서 상기 트라이악을 개방하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 50

제12항에 있어서, 정책을 정의하는 상기 정보는 제조 동안에 상기 원격 허브에 제공되는, 방법.

청구항 51

제12항에 있어서, 정책을 정의하는 상기 정보는 서브스테이션-대-엣지 채널을 통해 상기 원격 허브에 전송되는, 방법.

청구항 52

제12항에 있어서, 정책을 정의하는 상기 정보는 로컬 인터페이스를 통해 핸드-헬드 장치로부터 상기 원격 허브에 전송되는, 방법.

청구항 53

제12항에 있어서, 정책을 정의하는 상기 정보는 로컬 인터페이스를 통해 차량식 전송기(drive-by transmitter)로부터 상기 원격 허브에 전송되는, 방법.

청구항 54

원격 허브와 서브스테이션 수신기 양쪽 모두에 알려진 적어도 하나의 주파수 대역 채널 중 하나 상에서 서비스 변압기의 저전압측에 위치한 상기 원격 허브로부터 전송된 메시지를 수신하기 위한 방법으로서,

- a. 상기 서브스테이션 수신기를 적어도 하나의 서브스테이션 변압기의 버스에 접속하는 단계 —상기 서브스테이션 수신기는 전류 센서들을 상기 버스에 부착된 적어도 하나의 피더(feeder)의 3개 폐이즈(phase) 각각에 부착함으로써 접속됨— ;
 - b. 각각의 전류 센서의 출력을 모니터링하고 그에 대해 검출된 파형들을 디지털화하는 단계;
 - c. 적어도 하나의 전류 센서로부터 상기 디지털화된 파형들의 적어도 하나의 메시지 프리앰블을 검출하는 단계;
 - d. 상기 적어도 하나의 메시지 프리앰블의 검출에 기초하여 상기 디지털화된 파형들로부터 메시지를 추출하는 단계;
 - e. 상기 메시지를 복조하고 복조된 메시지를 컴퓨팅 플랫폼에 포워딩하는 단계;
 - f. 수신된 신호의 전송기의 그리드 위치에 대한 정보를 판정하는 단계; 및
 - g. 상기 전송기에 대한 추가의 정보 및 임의의 연관된 장치들을 유도하기 위해 상기 메시지로부터 데이터를 추출하는 단계
- 를 포함하는 방법.

청구항 55

제54항에 있어서, 상기 전류 센서들 중 적어도 하나에서 적어도 하나의 메시지의 사본이 검출되는, 방법.

청구항 56

제55항에 있어서, 메시지의 각각의 검출된 사본을 상기 사본의 속성들 중 적어도 하나의 측정과 연관시키는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 57

제56항에 있어서, 상기 적어도 하나의 측정은 상기 사본의 신호 품질을 기술하는, 방법.

청구항 58

제56항에 있어서, 상기 적어도 하나의 측정은 상기 사본의 비트 에러율을 기술하는, 방법.

청구항 59

제56항에 있어서, 상기 적어도 하나의 측정은 상기 사본의 진폭 대 주파수를 기술하는, 방법.

청구항 60

제56항에 있어서, 상기 메시지의 각각의 검출된 사본과 연관된 측정들은 상기 컴퓨팅 플랫폼에 포워딩되는, 방법.

청구항 61

제55항에 있어서, 상기 검출된 메시지의 다른 속성들을 상기 메시지의 각각의 사본과 연관시키고 상기 사본들 및 연관된 속성들을 상기 컴퓨팅 플랫폼에 포워딩하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 62

제61항에 있어서, 상기 메시지가 수신된 시간을 상기 컴퓨팅 플랫폼에 포워딩하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 63

제61항에 있어서, 상기 메시지의 각각의 사본이 수신된 상기 전류 센서의 신원(identity)을 상기 컴퓨팅 플랫폼에 포워딩하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 64

제54항에 있어서, 원격 허브에 의해 상기 메시지가 전송된 피더와 페이즈를 유추하기 위해 상기 메시지에 관한 데이터를 처리하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 65

제54항에 있어서, 상기 디지털화된 파형들에 콤 필터(comb filter)를 적용하여 상기 전력 기본의 고조파들을 제거하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 66

제54항에 있어서, 프리앰블들을 검출하기 위하여 전체의 후보 스펙트럼이 샘플링되는, 방법.

청구항 67

제54항에 있어서, 프리앰블들을 검출하기 위하여 선택된 주파수 대역들만이 샘플링되는, 방법.

청구항 68

제63항에 있어서, 상기 컴퓨팅 플랫폼은 수신된 메시지의 속성과 상기 메시지의 데이터 내용의 조합으로부터 메시지의 전송기를 식별하는, 방법.

청구항 69

제63항에 있어서, 상기 컴퓨팅 플랫폼이 상기 전송기에 대하여 변압기들의 인벤토리(Inventory of transformers)를 검색하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 70

제69항에 있어서, 상기 전송기가 상기 인벤토리의 검색에서 위치파악(locate)되지 않을 때 상기 컴퓨팅 플랫폼이 상기 전송기를 상기 인벤토리에 추가하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 71

제70항에 있어서, 상기 컴퓨팅 플랫폼이 상기 전송기와 상기 전송기의 그리드 위치를 그리드 맵에 추가하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 72

제69항에 있어서, 상기 컴퓨팅 플랫폼이 상기 인벤토리에서 상기 전송기를 위치파악하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 73

제72항에 있어서, 상기 컴퓨팅 플랫폼이 그리드 맵으로부터 상기 전송기의 이전에 저장된 그리드 위치를 회수하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 74

제73항에 있어서, 상기 컴퓨팅 플랫폼이 상기 수신된 메시지의 유추된 그리드 위치를 상기 전송기의 회수된 이전의 그리드 위치와 비교하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 75

제74항에 있어서, 상기 컴퓨팅 플랫폼이 상기 그리드 맵을 상기 전송기의 새로운 그리드 위치로 업데이트하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 76

제61항에 있어서, 상기 컴퓨팅 플랫폼이 수신된 메시지에 관한 정보를 종래의 네트워크를 통해 집중화기에 포워딩하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 77

제76항에 있어서, 상기 집중화기가 그 인벤토리를 업데이트하기 위해 상기 포워딩된 정보를 이용하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 78

제76항에 있어서, 상기 집중화기가 그 그리드 맵을 업데이트하기 위해 상기 포워딩된 정보를 이용하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 79

제76항에 있어서, 상기 집중화기가 상기 포워딩된 정보를 종래의 네트워크를 통해 적어도 하나의 다른 애플리케이션에 전송할지를 판정하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 80

제54항에 있어서, 나중의 분석을 위해 각각의 전류 센서의 디지털화된 출력을 아카이브하는(archiving) 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 81

제54항에 있어서, 상기 추출된 메시지, 데이터, 및 추가 정보를 처리 및 강화(enhancing)하고, 상기 처리 및 강화된 정보와 데이터를 나중의 분석을 위해 아카이브하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 82

제54항에 있어서, 프로시저의 단계들은 복수의 가용 프로세서 코어를 이용해 복수의 입력 상의 복수의 주파수 대역에 도달하는 전송 시퀀스들을 검출 및 처리하기 위해 복수의 시퀀스화된 및 병렬의 프로세스들로 분할되고,

- a. 각각의 모니터링된 피터의 각각의 모니터링된 페이즈로부터의 타임스탬프를 갖는 디지털화된 신호들을 보호된 메모리 버퍼에 기입하는 단계;
- b. 상기 디지털화된 신호들을 판독하고 상기 배전 그리드의 프로비저닝에 따라 상기 신호들을 적어도 하나의 채널로 분할하여 채널화된 데이터를 생성하는 단계;
- c. 임의의 정의된 채널의 일부가 아닌 데이터를 폐기하는 단계;
- d. 상기 채널화된 데이터를 보호된 메모리 버퍼 내에 기입하는 단계;
- e. 상기 보호된 메모리 버퍼로부터 상기 채널화된 데이터를 판독하고 상기 데이터를 샘플링하여 메시지의 시작을 나타내는 적어도 하나의 프리앰블 패턴을 검출하는 단계;
- f. 전송의 시작점의 각 사본의 채널 데이터에서 위치들을 마킹하는 레코드를 생성하는 단계;
- g. 상기 마킹된 위치들을 포함하는 상기 레코드를 복조기에 운반하는 단계;
- h. 상기 전송의 각 사본을 복조하여 복조된 메시지를 생성하는 단계;
- i. 예리 정정 방법을 적용하는 단계;
- j. 상기 복조된 메시지와 상기 메시지에 대한 측정되고 유추된 정보를 보호된 메모리 버퍼에 기입하는 단계; 및
- k. 각 단계의 완료를 시그널링(signaling)하여 상기 단계의 결과를 나타내는 데이터가 프로세스 내의 다음 단계를 실행하는 프로세서에게 이용가능하게 되는 것을 허용하는 단계

를 포함하는, 방법.

청구항 83

제54항에 있어서, 상기 전류 센서들은, 서브스테이션 변압기의 버스에 부착된 적어도 하나의 피더의 각 페이즈 상에 이미 존재하는 감독 제어 및 데이터 취득(Supervisory Control and Data Acquisition) 루프들에 부착되는, 방법.

청구항 84

제54항에 있어서, 상기 전류 센서들은 상기 적어도 하나의 피더의 각 페이즈의 메인 라인들에 직접 결합되는, 방법.

청구항 85

제54항에 있어서, 복조기는, 정책에 의해 전송기가 이용하는 것이 허용되는 칩의 각각의 가능한 값을 이용하여 상기 메시지의 복조를 시도하는, 방법.

청구항 86

제54항에 있어서, 적어도 하나의 프리앰블을 검출하는 단계는 타임 슬롯의 고정된 섹션 동안에 가능한 프리앰블들만을 스캐닝하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 87

제54항에 있어서, 적어도 하나의 프리앰블을 검출하는 단계는 가능한 프리앰블들을 지속적으로 스캐닝하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 88

제54항에 있어서, 중간 전압 배전 그리드 상의 중간 지점에 제2 서브스테이션 수신기가 놓이는, 방법.

청구항 89

제88항에 있어서, 상기 제2 서브스테이션 수신기가 상기 중간 지점을 통해 상기 서브스테이션 변압기로부터 전력을 수신하는 변압기 영역 네트워크 세트를 판정하기 위해 데이터를 수집하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 90

제88항에 있어서, 원격 허브는 상기 제2 서브스테이션 수신기와 통신하는, 방법.

청구항 91

제90항에 있어서, 상기 원격 허브와 상기 제2 서브스테이션 수신기를 채용하여 상기 배전 그리드의 일부에 관한 로컬 제어를 가하는, 방법.

청구항 92

제1항에 있어서, 상기 원격 허브는 GPS(Global Positioning System) 수신기를 갖는, 시스템.

청구항 93

제1항에 있어서, 적어도 하나의 종속 원격장치는 GPS(Global Positioning System) 수신기를 갖는, 시스템.

청구항 94

제12항에 있어서, 상기 데이터 페이로드는 상기 원격 허브의 지리공간적 좌표들(geospatial coordinates)을 포함하는, 방법.

청구항 95

제12항에 있어서, 상기 데이터 페이로드는 상기 원격 허브의 지리공간적 좌표들의 계산된 합수를 포함하는, 방법.

법.

청구항 96

제29항에 있어서, 시스템 클록들을 동기화하는 단계는 GPS(Global Positioning System) 신호를 이용하는 단계를 포함하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

관련 출원

본 출원은, 참조에 의해 그 내용이 본 명세서에 포함되는 2013년 2월 19일 출원된 미국 가출원 제61/766,551호와 2013년 3월 13일 출원된 미국 가출원 제61/779,222호의 우선권 혜택을 주장한다.

발명의 분야

본 발명은 단거리 및 장거리 전송 매체 및 데이터-베어링 네트워크(data-bearing network)로서 배전 그리드(electrical distribution grid)를 채용하는 것에 관한 것으로, 또한, 시간에 따라 변하는 배전 그리드의 도식적 및 위상학적 특성을 유추하기 위한 목적의 네트워크 상의 신호와 메시지의 이용에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 전력 그리드는, 일반적으로 2개의 논리적 영역, 전송 그리드(들)와 배전 그리드(들)로 구성된 것으로 간주된다. 전송 그리드는, 수력발전 댐, 원자로, 풍력 발전, 및 석탄 화력이나 가스 화력 발전소 등의 대규모 발전 지점을에서 시작한다. 발전 지점으로부터의 전력은, 긴 고전압 라인의 느슨하게 접속된 네트워크(loosely connected network)를 통해 공장, 농장, 및 인구밀집 중심지 등의 전력 수요가 존재하는 지점까지 고전압 교류(AC)로서 전송된다. 전송 그리드의 엣지들(edges of the Transmission Grid)에는 한 집단의 배전 서브스테이션(collection of Distribution Substations)이 존재한다. 배전 서브스테이션은, 고 전송 라인 레벨(통상 130 kV 내지 700 kV)로부터 배전 서비스 영역(distribution service area) 내의 소비자들에게 전력이 분배되는 중간 전압 레벨(통상 4kV 내지 약 35 kV)로 전압을 감압(step down)하는 하나 이상의 서브스테이션 변압기(Substation Transformer)를 포함한다. 배전 그리드의 엣지에는, 배전 그리드의 중간 전압을 저전압(미국에서는 통상 120V, 208V, 240V, 277V, 또는 480V)으로 변환하는 다수의 서비스 변압기(Service Transformer)가 있다. 이 세상의 다른 곳에서는 이들 중 일부 외에도 다른 전압들이 이용될 수 있다. 일부 경우에, 스텝-다운 변압기(step-down transformer)라 불리며, 개괄적으로 서브스테이션 변압기와 서비스 변압기 사이에 놓이는 하나 이상의 변압기들의 계층(a tier of one or more transformers)은 서브스테이션 및 서비스 변압기 사이에서 중간 전압 감축을 생성한다. 각각의 서비스 변압기는 하나 이상의 계량된 부하(metered load)에 전력을 공급한다. 부하는, 주거지, 상업용 또는 산업용 건물, 일련의 가로등과 같은 도시 인프라스트럭처 요소, 또는 관개 시스템과 같은 농업 장치일 수 있다. 전형적인 배전 그리드는 전력의 흐름을 벨런싱하고 통제하는데 이용되는 기타의 요소를 포함한다. 이러한 요소들의 예로서는, 커패시터 뱅크(capacitor bank), 전압 조정기(voltage regulator), 스위치, 및 재폐로차단기(recloser)가 있다. 도 1은 전력 그리드의 전형적인 세그먼트(segment)를 나타낸다.

[0006] 배전 그리드는 다양한 위상학적 구성으로 설계되고 배치되었다. 미국에서, 배전 그리드 유형들은 통상적으로, 방사형, 루프, 또는 네트워킹형을 특징으로 한다. 다른 부상하는 경우는 캠퍼스 그리드(campus grid) 및 마이크로그리드(microgrid)이다. 세상의 다른 곳에서는 설명되지 않은 추가의 토폴로지가 이용된다.

[0007] 도 2a는 전형적인 방사형 그리드의 위상학적 개략도이다. 방사형 그리드에서, 서브스테이션은 하나 이상의 서브스테이션 변압기를 가진다. 각각의 서브스테이션 변압기는 하나 이상의 서브스테이션 버스를 가진다. 하나 이상의 3-페이즈 피더(three-phase feeder)는 각각의 서브스테이션 버스로부터 바깥쪽으로 "방사"하고, 단일-페이즈, 듀얼-페이즈, 또는 3-페이즈 래터럴 라인들(lateral lines)이 피더로부터 분기하고, 차례로 텁-오프 지점(또는 간단히 "탭")이 래터럴(lateral)로부터 분기한다. 방사형 그리드는 간단하므로 설계 및 구축하기에 저렴하지만, 리던던트 전력 경로가 없어서 정전에 가장 취약하므로 임의의 고장은 적어도 하나의 부하가 전력을 소실하게 한다.

[0008] 도 2b는 전형적인 루프 배전 그리드의 위상학적 개략도이다. 루프 그리드에서, 선택 피더의 각 단은 서브스테

이션 변압기의 버스 등의 전원에 부착된다. 루프가 손상되지 않으면, 어느 한 서브스테이션 변압기가 동작하는 경우 모든 부하에서 전력이 이용가능하다. 루프 내에 고장이 있다면, 양쪽 변압기가 동작한다고 가정할 때 모든 부하에서 전력이 이용가능하다. 보통의 상황에서, 한 번에 단 하나의 서브스테이션 변압기가 그리드의 각 세그먼트에 전력을 전달하고 있다는 것을 보장하기 위해 스위치 시스템이 이용된다.

[0009] 도 2c는 전형적인 네트워킹형 그리드의 위상학적 개략도이다. 이 토플로지는 최대의 리턴던시를 가진다. 복수의 전원을 채용하는 것 외에도, 모든 서비스 변압기들은 메시 구조의 2차측(secondary side) 상에서 서로 링크된다. 임의의 지점에서의 정전을 야기하기 위해서는 복수의 접속 단절이 요구된다. 네트워킹형 그리드는 구축 및 유지하기에 가장 값비싸고, 통상적으로는 고-가치 및 고-임계성 부하들이 함께 집중되어 있는 맨하탄 또는 워싱턴 DC 등의 주요 도시 지역에서 이용된다.

[0010] 도 2d는 마이크로그리드 또는 캠페스 네트워크를 도시한다. 마이크로그리드는 배전 기술에서 전통적인 것은 아니지만, 에너지 절약 및 재생 에너지원으로부터의 에너지의 분산된 생성에 관한 증가하는 집중에 대한 응답으로서 부상하고 있다. 많은 변형이 가능하다. 이러한 유형의 그리드는 통상적으로는 더 넓은 배전 그리드에 부착되지만 이로부터 분리가능하고, 풍차, 태양전지 패널, 또는 충전가능한 스토리지 배터리 등의 그 자신의 전원뿐만 아니라 부하도 포함할 수 있다. 전체의 네트워크는 저전압 라인을 채용할 수 있다.

[0011] 배전 서브스테이션은 전송 그리드로부터 하나 이상의 큰 전력 변압기 내로 고전압 전력을 수신한다. 배전 변압기는, 변압기의 2차 권선 회로의 일부 권선을 포함하거나 배제함으로써 입력 대 출력 전압비를 변경해 변압기가 배전 버스(power distribution bus)(서브스테이션 버스)에 전달하는 전압을 변경하는, 부하-탭 변경기(load-tap changer)라 불리는 한 유형의 조정기를 포함할 수 있다. 하나 이상의 피더는 서브스테이션 버스에 의존한다. 너무 많은 피더들이 요구된다면, 추가의 변압기들과 버스들이 이용된다.

[0012] 그리드의 컴포넌트들을 모니터링 및 제어하기 위하여, 전류 변압기(CT; current transformer) 또는 홀-효과 센서(Hall-effect sensor) 등의 기타의 전류 센서가 서브스테이션 내의 전력-베어링 도체에 부착된다. CT는 루프된 도체 상에 낮은 전류를 출력하고, 이것은 모니터링 중인 고전압 도체에서 전달된 전류에 정확히 비례한다. 이를 저전류 출력은, 서브스테이션 내의 SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) 시스템과 연관된 데이터 취득 서브시스템에 접속하는데 적합하다. 1차 모니터링 CT들은, 전류가 흐르는 동안 고전압 컴포넌트들에 CT를 추가하거나 변경하는 것은 불가능하거나 위험하기 때문에, 서브스테이션 내에 설계 및 구축된다. 반면, 필요하다면 추가의 CT들이 전력 전달에 영향을 주지 않고 저전류 SCADA 루프에 안전하게 부가될 수 있다.

[0013] 전력선 그 자체 외에도, 배전 그리드는, 전력의 흐름을 통제, 분리, 안정화, 및 방향전환(divert)시키는 수 많은 다른 장치들을 포함한다. 이를 장치들로는, 스위치, 재폐로차단기, (대개 역률 보정(power factor correction)을 위한) 커페시터 맹크, 및 2차 전압 조정기가 포함된다. 이를 장치들 모두는, 그리드 상의 다양한 부하들과 2차 전원들이 그리하듯이, 데이터-베어링 네트워크로서 간주될 때 배전 그리드의 거동에 영향을 준다. 부하들이 턴 온 및 오프될 수 있는 바와 같이 갑작스런 상태 변화를 갖는 장치들은 그리드에 임펄스 노이즈를 도입할 것이다. 변압기 및 커페시터 맹크 등의 일부 장치는 소정의 주파수의 신호를 필터링 및 감쇠시킨다.

[0014] 소비자 부하 및 연관된 계측기를 서비스 변압기에 접속하는 와이어 외에, 서비스 변압기는 전력이 실제로 소비자에게 전달되기 이전의 배전 그리드의 최외곽 요소이다. 계측기는 서비스 변압기로부터의 전력이 소비자에게 전달되는 지점에 부착된다. 서비스 변압기는, 계측기처럼, 3-페이즈, 듀얼-페이즈, 또는 단일-페이즈일 수 있다.

[0015] 전통적으로, 계측기 판독은 전기 유틸리티에 의해 초래되는 가장 큰 동작 비용 중 하나이다. 원래의 전기 계측기는, 유틸리티 요금청구 프로세스를 진행하기 위해 월별로 수동으로 검사되어야 했던 광학적 판독을 갖춘 아날로그 장치였다. 1970년대 초기에, 계측기 데이터를 디지털화하고 그 수집을 자동화하기 위한 메커니즘들이 배치되기 시작했다. 이를 메커니즘들은, 계측기가 그 전류 판독치를 단거리 무선 신호를 이용하여 브로드캐스팅하고 계측기 판독자가 소지한 장치에 의해 수신되는 도보식(walk-by) 또는 차량식(drive-by) 시스템으로부터 진화되었다. 이를 초기 시스템은 자동화된 계측기 판독 시스템 또는 AMR이라 알려져 있다. 나중에, 집계된 판독치를 운송하기 위한 광대역 백홀 수단이 장착된 수집 지점과 메시 구성의 단거리 RF 리피터의 조합을 채용한 각 종의 특별한 목적을 위해 만들어진 데이터 수집 네트워크가 배치되기 시작했다.

[0016] 이를 네트워크들은, 유틸리티 서비스 센터의 "계측 헤드엔드(metering head-end)"와, 일반적으로 AMI(Advanced Metering Infrastructure)라 불리는 이 데이터 수집 네트워크의 옛지에 있는 계측기 사이의 양방향 통신이 가능

했다. AMI들은 빈번하게, 전형적으로는 매 15분마다 관독치를 수집 및 저장할 수 있고, 이를 거의 그 정도로 빈번하게 보고할 수 있다. 이들은 이 피쳐가 드물게 사용된다고 가정하여 요구시에 임의의 계측기를 관독할 수 있고, 또한 요구시에 임의의 계측기를 접속 또는 분리할 수 있다. AMI 계측기는, 에너지 절약, 수요 관리, 및 가변율 요금청구(variable-rate billing)의 목적을 위해 신호를 소비자 장치에 전달할 수 있다. AMI 네트워크는 배전 그리드와는 분리되어 있기 때문에, AMI 계측기는 그리드 토폴로지의 변화 또는 그리드 상의 소정의 상태를 모르며 이에 대해 민감하지도 않다. 그럼에도 불구하고, AMI의 도입은 일반적으로 스마트 그리드(Smart Grid)의 시작인 것으로 간주된다.

[0017] 배전 인프라스트럭처의 많은 특성들은 그리드 자체를 통신 매체로서 이용하려는 노력의 성공을 제한해 왔다. 먼저, 그리드는 노이즈 있는 환경이다. 이미 언급한 바와 같이, 그리드 상의 부하의 상태 변화 뿐만 아니라 그리드 자체의 제어 및 통제 아티팩트는 전력선 상에 임펄스 노이즈를 야기한다. 전기 모터와 같은 부하의 보통의 동작, 전체 부하에서의 단순한 변동, 및 (주로 번개 및 기타의 기상-관련 이유로부터의) 주변 RF 노이즈는 상당한 가우시안(Gaussian) 노이즈를 추가한다. 미국의 전형적인 서브스테이션에서의 측정된 노이즈 플로어(noise floor)는 60 Hz 기본(fundamental)의 최대 진폭의 약 80~90dB 아래에 있다. 그리드의 복소 임피던스는 주파수와 시간 영역 모두에서 변한다. 이것은, 임피던스가 증가할 때 그리드 상의 더 높은 전압 지점에 놓인 수신기에서의 신호 손실로 이어질 수 있거나, 대안적으로, 전송기가 평균적으로 필요한 에너지보다 많은 에너지를 이용하게 강제한다. 역률을 최적화하기 위한 목적으로 그리드를 따른 지점들에 놓인 커파시터 맹크들은 신호 감쇠를 야기할 수 있다. 가장 중요하게는, 변압기는 저역-통과 필터처럼 작용하여, 소정 주파수 위의 신호를 극적으로 감쇠시킨다. 임계 주파수는 모든 배전 그리드 상에서 동일하지 않은데, 그 이유는, 상이한 구조와 유형의 변압기들이 채용되며 변압기 자체는 지정된 주파수에서 필터링하도록 의도적으로 튜닝되지 않기 때문이다. 이들 모든 변수들은 매체의 주파수 응답에 영향을 준다.

[0018] 추가로, 그리드 상에 변조된 전류 신호를 주입하는 것은 주입된 신호들 자체간에 간섭을 야기할 수 있다. 한 문제가 되는 현상은, 하나의 전력선 상에 주입된 신호가 또 다른 라인 상에서 검출될 수 있는 크로스토크(crosstalk)이다. 동일한 피더의 2개 이상의 페이즈 상에서 크로스토크가 발생할 때, 이것은 페이즈 라인들이 피더의 대부분의 길이에 대해 서로 나란히 이어질 때 유도성 및 용량성 결합에 의해 야기될 수 있다. 크로스토크는 또한 동일한 변압기 코어 상의 복수의 페이즈 권선으로 인해 야기될 수도 있다. 피더-대-피더 크로스토크(feeder-to-feeder crosstalk)도 역시 측정되었고, 서브스테이션에서의 전력 버스로부터의 주입된 신호의 반사에 의해 야기될 수 있다. 미국 및 세계에서의 배전 그리드의 복잡성, 다양성, 및 경년(age)을 감안하면, 이를 현상에 대해 예상보다 덜 알려져 있다.

[0019] 결국, 통신 매체로서 배전 그리드를 이용하는 것은, 당연히 깨끗하고, 신뢰성 있는 전력을 소비자에게 전달하는 것인, 그리드의 주된 목적을 간섭하는 부작용을 종종 가진다. 전력 하에서의 장치가 주입된 전류와 공진한다면, 깜빡임(flicker)이라는 현상이 생긴다. LED, CFL, 백열 및 형광등은 소정의 주파수에 응답하여 가시적으로 깜빡거린다. 시각적 깜빡임은 발작과 현기증 모두를 야기하는 것으로 증명되었기 때문에, 이것은 짜증스러우며 때때로 위험하다. 팬 및 스피커 등의 다른 유형의 장치들도 역시 소정 주파수에서 공진하여, 가청의 웅웅거림(hum)을 야기한다. ANSI/IEEE 표준 519는, 깜빡임 발생을 피하기 위해 소정 주파수와 진폭에서 이렇게 하는 것을 피하도록 그리드 상에 전류를 주입하는 (통신 장치로서 의도된 것이든 아니든) 임의의 장치를 요구한다. 구체적으로는, ANSI/IEEE 표준 519는 제11 고조파의 또는 그 아래의 기본(fundamental)의 훌수 고조파에 어떠한 노이즈도 추가되지 않을 것을 요구한다.

[0020] 전력 그리드를 통신 매체로서 이용하는데 있어서 고유한 많은 공학적 곤란점들에도 불구하고, 이것은, 유트리티가 이미 인프라스트럭처를 소유하고, 유트리티가 데이터를 수집할 필요가 있는 모든 지점들에 존재하기 때문에 전기 유트리티에 대해 매력적으로 남아 있다. 또한, POU(publicly owned utility)의 규제 및 비용 구조는 전화 또는 케이블 제공자 등의 제3자 통신 제공자에게 운영 비용을 지불하는 것과는 반대로 (서비스율(service rate) 증가를 통해 이익이 되게 구입 및 유지될 수 있는) 소유 자산을 이용하는 것들을 강하게 선호한다.

[0021] (1MHz 초파의) 고주파 전송은 이론적으로 높은 데이터 레이트가 달성될 수 있기 때문에 매력적이다. BPL(Broadband over Power Line)이라 불리는 이러한 방식은 소비자들에게 그들의 전기 계측기에 위치한 게이트웨이를 통해 인터넷 액세스를 전달하기에 충분한 잠재적인 이론적 대역폭을 제공한다. 21세기 초에, 미국의 연방 통신 위원회(FCC; Federal Communications Commission)는, 지방의 미국 가정에 고속 인터넷 액세스를 제공하는 수단으로서의 "액세스 BPL"의 개념을 적극적으로 홍보했다. 그러나, BPL 신호의 장거리 전송은 비실용적이고 비싼데, 그 이유는, 전송기와 수신기 사이의 모든 변압기는 바이пас스 또는 리피터 메커니즘과 맞아야 하거나, 변압기의 저역-통과 필터링 특성이 신호를 차단하기 때문이다. 서비스 변압기당 소비자수가 매우 작은 경

향이 있는 – 지방에서는 종종 1명인 – 미국에서, BPL을 구현하는 비용은 엄두도 못 낼 정도로 높아진다. 추가로, BPL 전송에 의해 야기되는 RF 간섭은, 항공, 상업 라디오(commercial radio), 아마추어 무선, 및 다른 분야의 반대를 생성했다. FCC는 BPL 기술 지원을 시도했지만, BPL 설치가 간섭이 보고되는 주파수를 노칭 아웃(회피) 가능할 것을 요구하는 새로운 타협안은 BPL 서비스의 관리 복잡성을 증가시켰다. BPL 소비자 서비스를 배치하려는 수 차례의 시도가 포기되었다.

[0022] 엠브렐러 네임(umbrella name) 전력선 통신 또는 PLC 하에서, 특히 유럽(및 유럽 스타일 그리드 아키텍처를 수반한 기타의 지역)에서 스마트 그리드 애플리케이션에 대한 성공과 함께 일부 중간-주파수 전력선 프로토콜이 이용되었고, 여기서, 서비스 변압기당 소비자수는 미국의 경우보다 훨씬 많다. 2개의 가장 흔히 이용되는 중간-주파수 PLC 계획은 PRIME 및 G3으로서, 양쪽 모두 유럽에 기초한 상업 동맹에 의해 홍보되고 있다. PRIME은, 512개의 DPSK(differential phase-shift keyed) 채널과 함께, 물리층에서의 직교 주파수-분할 멀티플렉싱(OFDM)을 이용한다. PRIME은 128.6 kbps 정도의 높은 데이터 레이트를 달성하지만, 21.4 kbps에서 가장 신뢰성이 있다. 그 주파수 범위는 42~89 kHz이다. G3은 OFDM 및 DPSK의 유사한 물리층 조합을 이용하며, 33.4 kbps의 데이터 레이트와 함께 35 kHz와 91 kHz 사이의 256개 채널을 제공한다. G3과 PRIME 양쪽 모두는 변압기에 의해 여전히 급격히 감쇠되지만, 대부분의 경우 서비스 변압기의 중간-전압측에 위치한 수신기는, 수신기가 서비스 변압기에 충분히 가까이 위치해 있다고 가정하면, 그 변압기에 의해 서빙되는 저전압 사이트로부터 계측기 전송을 성공적으로 관통할 수 있다. 이들 이유로 인해, 이들 프로토콜에 기반한 스마트 그리드 기술은 유럽과 아시아에서 흔하다. PLC 프로토콜도 역시 전기차의 충전을 조정하는 등의 단거리 전력선 응용에 매우 적합하다.

[0023] 스펙트럼의 다른 끝에는, 데이터-베어링 용량을 거의 갖지 않아서 주로 제어 시스템에 이용되는 초저주파 시스템이 있다. 오디오 주파수 리플 제어(AFRC; Audio Frequency Ripple Control) 시스템은, 부하 관리를 위해: 피크 부하 시간 동안에 전기 허터 및 에어컨 등의 고-소비 장치를 턴 오프하거나, 자동화된 농장 관개 시스템 등의 다른 제약받는 자원의 이용을 제어하기 위해 주로 지방에서 이용된다. AFRC 전송기는 서비스레이션 또는 전송 변압기의 고전압측에 놓이며 복수의 서비스레이션을 서비스할 수 있다. AFRC 데이터 레이트는 초당 2 내지 10비트로 변하며, 최대 메시지 길이는 약 100 비트이다. 이러한 전송 이후에, 전송기는, 10% 정도의 최대 듀티 사이클과 함께, 다시 전송을 할 수 있기 이전에 긴 유휴 기간을 요구한다. AFRC 시스템들은 명백한 깜빡임을 야기하지만, 위험한 주파수에서는 그렇지 않다. 이들은 통상적으로 낮은 인구밀도의 지역에서 이용되고 전송이 빈번하지 않기 때문에, 부작용이 용인된다. AFRC는 고전압으로부터 저전압까지 동작가능한 브로드캐스트 기술이므로, 저전압에서 더 높은 전압까지의 전송을 요구하는 계측기 데이터나 엣지 상태에 대한 기타의 데이터를 수집하는데 이용될 수 없다.

[0024] Aclara®의 TWACS® 기술은 기본 전력 캐리어가 제로 지점을 교차할 때, 즉, 50 Hz 또는 60Hz 사이클당 2번, 전력선 상에 펄스를 주입함으로써 동작한다. 이 방법은 서비스레이션으로부터 엣지까지 또는 엣지로부터 서비스레이션까지 동작하며, 한 엣지 전송이 다른 것과 간섭하는 것을 피하기 위해 폴링(polling) 프로토콜을 이용한다. 이것은, 기본에 결속되어 있기 때문에, 및 폴링 아키텍처 때문에, 느린다. 이것은 그리드에 도입하는 임펄스 및 광대역 노이즈의 양 때문에 소비자 그룹에 의해 비판받았다.

[0025] Landis+Gyr는, 원래 Hunt technologies에 의해 개발되었고, AFRC와 연계하여 동작해 그리드 상에서 장거리의 양방향 통신을 제공하도록 의도된, 저비용, 저주파 엣지 전송기를 채용한다. 이 전송기를 이용한 데이터 전송 방법은 깊싸고 신뢰성 있지만, 제한적이다. 이것은 가변 임피던스를 전력선에 접속함으로써 공진 전류 진동(sympathetic current oscillations)을 유도한다. 전송기가 전력 캐리어에 관한 전압에 의존하므로 데이터 레이트가 낮아서, 50 Hz 또는 60 Hz 사이클마다 몇 개 펄스만이 주입될 수 있다. 수신기에서의 검출을 위한 충분한 리턴신호를 달성하기 위해, 수 개의 사이클 동안 동일한 신호가 반복되어야 하므로, 결과적으로 데이터 레이트는 사이클당 비트가 아니라 비트당 사이클의 관점에서 측정가능하다. 이 방법은 또한, 각각의 펄스가 넓은 주파수 대역에 걸쳐 공진한다는 점에서, 매우 노이즈가 많다.

[0026] 그들의 제약에도 불구하고, Aclara 및 Landis+Gyr로부터의 시스템들과 같은 저주파 시스템은 무선 시스템이 엄두도 못 낼 정도로 비용이 비싼 지방에서 시장 침투를 달성했다.

[0027] 앞서 논의된 고, 중간, 저주파 PLC 방법들의 문제 및 제약은 21세기에 미국에서 AMI 데이터 수집을 위한 맞춤형 구축된 무선 네트워크의 신속한 개발로 이어졌다. 고주파 온-그리드 방법은, 상업적으로 이용하기에 너무 비싸고, 충분히 신뢰성이 있지 않으며, 오류와 불확실성이 너무 많은 것으로 드러났다. 저주파 방법은 저비용의 엣지-대-서비스레이션 전송기로 구현될 수 있지만, 이들은 현대의 AMI에 의해 요구되는 데이터-베어링 용량이 부

족하고, AFRC와 같은 온-그리드 저주파 서비스테이션-대-엣지 전송기들은 너무 크고, 비싸며, 도시 설정에서의 그들의 이용을 제한하는 바람직하지 않은 부작용을 가진다. 하나의 가능한 옵션은 저주파 엣지-대-서비스테이션 전송기와 연계하여 고주파 서비스테이션-대-엣지 전송기를 이용하는 것일 것이다. 그러나, 미국에서 시장의 힘은 특히 도시와 교외 지역에서 무선 AMI 시스템의 신속한 침투를 야기했다.

[0028] 비용 제약 및 규제되지 않은 스펙트럼의 가용성은, 계측기로부터 데이터를 수집하고 백홀에서 데이터 센터까지 전통적인 인프라스트럭처(섬유 또는 셀룰러)를 이용하는 이웃 집중화기(neighborhood concentrator)와 함께, AMI 네트워크의 엣지에서 메시 아키텍처의 이용을 지시했다. 메시 아키텍처는, 이용된 RF 트랜시버들이 개별적으로 높은 데이터 레이트를 갖더라도, 엣지 네트워크가 쉽게 포화된다는 것을 의미한다. 이들 네트워크에서 이용가능한 데이터 베이징 용량의 대부분은, 펌웨어 업데이트 및 수요 관리 등의 응용에 대한 제어 패킷을 위해 예약된 제한된 용량과 함께, 계측기 인터벌 데이터를 보고하는데만 이용된다.

[0029] 2개의 주요 인자가 기존의 AMI 인프라스트럭처의 유틸리티를 제한한다. 첫째는, 물론, 메시의 용량 제한이다. 둘째는, 더욱 중요하며, AMI 네트워크가 전기 그리드에 적합하지 않다는 사실이다. 이것은 그리드의 동작 상태에 대한 정보를 거의 제공할 수 없다. 이것은 계측기 판독에 불필요하지만, 에너지 절약, 자산 보호, 부하 밸런싱, 고장 격리, 및 복구 관리를 위한 보다 정교한 스마트 그리드 응용은, 그리드 자산의 도식적 관계, 그리드의 수 개의 세그먼트 상의 부하와 상태, 및 바이-모달(bi-modal) 및 멀티-모달(multi-modal) 자산의 현재 상태에 대한 정확한 정보를 요구한다. 이 정보는, 동일한 자산의 지리공간적 위치와 함께, 그리드 맵(Grid Map)이라 불린다.

[0030] 유틸리티는 전형적으로 그리드의 2개의 맵 또는 모델을 유지한다. 물리적 네트워크 모델(PNM; Physical Network Model)은 그리드 상의 자산들의 지리공간적 위치를 집계한다. PNM은, 현대의 GPS 기술 덕택에, 서비스테이션, 커뮤니티 뱅크, 변압기, 및 심지어 개별 계측기 등의 포인트 자산에 관해 상당히 정확하다. 부정확성은 수리나 변경이 이루어질 때 맵 업데이트의 실패로부터 비롯된다. 예를 들어, 서비스 변압기는, 거리 확장의 결과, 거리의 한 측으로부터 다른 측으로 이동할 수 있다. 종적 자산(longitudinal assets), 특히 매립된 케이블은 PNM에서 그렇게 잘 표현되지 않는다. PNM은 설계된 그대로의 데이터를 포함할 수 있지만, 많은 장소에서 케이블은 글로벌 위치파악 기술이 성숙되기 이전에 매립되었기 때문에, 설계는 지상-레벨 관측에 기초하였고, 원래의 맵은 변경을 반영하도록 업데이트되거나 업데이트되지 못했을 수도 있다. 후속된 표면 변경은 중간-전압 배전 라인에 의해 취해진 지리적 경로를 확인하는 문제를 복잡하게 한다.

[0031] 두 번째 모델은 논리적 네트워크 모델(LNM; Logical Network Model)이다. LNM은, 그리드 컴포넌트들이 어떻게 접속되어 있는지를, 그들의 지리공간적 장소를 참조하지 않고 기술한다. LNM은 빈번하게 변한다. 수리 과정 동안에, 변압기들이 텁크 및 래터럴에 부착하고, 계측기들이 변압기들에 부착되는 방식이 변경될 수 있다. 이러한 변경은 LNM과 PNM 양쪽 모두에 영향을 준다. 많은 유틸리티에서, 이러한 변경은 현장 대리인(field agent)에 의해 수동으로 기록된다. 수동 보고는 LNM 및 PNM에서 업데이트되거나 업데이트되지 못할 수도 있고, 업데이트가 이루어질 때 유지보수 발생과 그 기록간의 시간 지연은 가변적이다. 추가로, 많은 그리드 컴포넌트들은, 특히, 조정기, 스위치 및 재폐로차단기는 자동으로 상태를 바꾼다. 이들 컴포넌트들이 간단히 로컬 제어 시스템에 종속되는 것이 아니라 데이터 센터로의 통신을 수반하여 구현되지 않는 한, 이러한 동적 변경은 LNM에서 반영되지 않는다. 그러나, 이들은, 전력 경로, 배전 그리드의 다른 컴포넌트들에 미치는 부하 및 환경 스트레스, 및 소비자에 대한 서비스 수준에 영향을 미친다.

[0032] (실제의) 그리드 맵의 중요하지만 신뢰성있지 않게 알려진 양태들의 예로서는, 각각의 계측기가 현재 전력공급 받는 피더와 페이즈, 특히 그리드의 종속 브랜치(래터럴) 상의 각 피더의 각 페이즈 상의 상대적 부하, 각 계측기에 공급되는 실제 전압, 그리드의 엣지를 따른 역률, 변압기가 이끌어 오는 모든 전력이 계측되는지의 여부, 및 특히 정전을 야기한 기상 이벤트 이후의 스위치 세트의 상태가 있다. 이 정보가 신뢰성있게 알려진다면, 유틸리티들은 에너지를 절약할 수 있고, 이로부터의 많은 절약분이 소비자에게 전달될 것이며, 유지보수 비용을 절약하고, 현장의 장비 수명을 연장시키며, 유틸리티 및 소비자 장비의 효율과 수명을 향상시키고, 정전을 피하며, 피할 수 없는 정전 이후의 회복 시간을 단축시킨다.

[0033] 자동화된, 동적 그리드 맵핑의 문제는 무선 스마트 계측기에 의해 해결되지 않는다. 스마트 계측기들은 계측기에서의 전류, 전압, 및 역률(또는 위상각)을 측정 및 기록할 수 있지만, 이들은 저장할 수 있는 데이터의 양, 및 전송을 위해 이용가능한 데이터 용량에 관한 제한을 갖기 때문에, 유틸리티들은 이들 데이터를 보고하기 위해 계측기를 프로그램하지 않을 것을 선택할 수 있다. 설명된 기타의 데이터 요소들은 대부분의 현대의 AMI 시스템에 의해 검출되지 못한다. Coolidge 등의 미국 특히 제7,948,255호는 위상 검출을 위한 도구를 개시하고

있다. 그러나, Coolidge의 도구는 스마트 계측기에 포함되는 것이 아니라 현장 엔지니어에 의해 이용되도록 의도되었다.

[0034] 유털리티들간의 일치된 의견은, LNM의 가변성으로 인해 현장 엔지니어를 이용해 그리드 맵의 변하는 속성을 측정 및 모니터링하는 것은 비용 효율적이거나 쓸만한 해결책이 아니라는 것이다. 예를 들어, 정적 측정에 기초하여 1990년대에 전압 절약 규제(conservation voltage regulation) 노력이 취해졌지만, 후속해서, 측정이 너무 빨리 구식이 되기 때문에 폐기되었다. 오늘날, 유털리티들은 소비자들에게 상습적으로 과공급하며, 부하 변동, 가정 배선에서의 전력 손실 등으로 인해, 일부 소비자 서비스가, 건물 내의 개별 콘센트에서, 가정용 기구 등에 일반적으로 최적인 실효 110vAC 아래로 떨어지지 않도록 보장하기 위해, 주택 내의 15 또는 20 암페어-정격의 회로에 122vAC의 평균 실효 전압을 전달한다. 잘-설계된 미세-입도의 전압 절약 규제 시스템(well-instrumented fine-grained conservation voltage regulation system)의 목적은 단상 계측기에서의 전형적인 실효 전압을, 전형적인 240vAC 서비스의 한 레그(leg)로부터 접지(neutral)까지 측정할 때, 114vAC로 감소시키는 것일 것이다. 계측기에서의 실효 114vAC는 가정이나 사무실 내부에서 전형적인 추가 손실로 인한 건물 내의 일부 콘센트를 불충분한 전력공급의 위험 없이(즉, 임의의 콘센트에서 110vAC보다 작지 않게) 진행하기에 합리적인 수준으로 낮다.

[0035] 전기 장치들은 그들의 정격 범위의 높은 단에서 전력공급될 때 더 많은 에너지를 소비하므로, 과전달의 이러한 관행은 소비자의 전기 요금에 직접 영향을 줄 뿐만 아니라, 발전-불량 유털리티들이 전력을 구매하도록 강제하여, 그들의 비용을 증가시킨다. 궁극적으로, 이 관행은 더 많은 화석 연료가 필요 이상으로 소비되게 한다.

[0036] 비용 제약으로 인해, SCADA 기기를 모든 중간-전압 현장 자산에 배치하는 것이 비실용적이게 된다. 배전 그리드 상의 "터치 포인트"는, 좋은 나쁘든, 주로 옛지의 계측기와 서브스테이션 내의 기기이다. 이로 인해, 전력선 상에서 이동하는 신호는 무선 AMI에 의해 검출가능하지 않은 그리드 맵핑 정보를 유추하고 보고하는데 이용될 수 있기 때문에, 전력선 통신을 위한 기술이 다시 논의된다. 계측기 데이터를 보고하기 위한 무선 AMI의 도처의 존재는, 저주파 온-그리드 전송 방법의 제한된 데이터-베어링 용량을 자유롭게 하여 대신에 그리드 맵핑 시스템을 지원하게 한다는 점에서, 효과적인 그리드-맵핑 기술의 탐색에 있어서 혜택으로서 간주될 수 있다. 그러나, 옛지에서 비용이 낮고, AMR 또는 AMI와 공존하며, 온-그리드 전송의 상기-언급된 위험들: 옛지와 서브스테이션 사이의 리피터 등의 중간 장치에 대한 요건; 허용불가능한 깜빡임; RF 간섭; 임펄스 노이즈 등 중에서 어느 것도 촉발하지 않는 전송 방법을 식별할 필요가 있다. 마지막으로, 전송기의 에너지 소비형 구동은 얻어진 에너지 절약 혜택을 감소시키기 때문에, 전송은 매우 적은 전력을 요구해야 한다.

[0037] 앞서 논의된 바와 같이, 일부 기존의 PLC 방법들은, 무선 변조 기술 및 채널 액세스 방법을 배전 그리드의 매체에 적용시켰다. 예를 들어, PRIME은 FDMA와 DPSK를 이용한다.

[0038] 또한, 코드 분할 다중 액세스(CDMA)는 셀룰러 전화 표준 cdmaOne, WCDMA, 및 CDMA2000 등에서 가장 유명하게 이용되는 채널 액세스 방법이다. CDMA는, 다른 유사한 기술들처럼, 그 신호를 소정 범위 또는 대역의 주파수들에 걸쳐 확산시킨다; 따라서, 광대역이라 일컫는다. 다중 액세스란, 한 전송기로부터의 신호가 또 다른 전송기의 신호와 파괴적으로 간섭하지 않고 하나보다 많은 전송기가 동일한 채널(여기서는, 전력선)을 이용할 수 있다는 것을 의미한다. CDMA에서, 동일한 대역을 이용하는 각 전송기는 별개의 기준 코드 또는 칩을 할당받는다. 전송된 신호는, 데이터 신호와 칩의 배타적 논리합(XOR; exclusive OR)과 같다. (2진 벡터로서 취급되는) 칩이 수학적으로 직교한다면, 수신기는 수 개의 데이터 신호들을 칩가성 수신된 파형으로부터 분리해 낼 수 있다. 무선 응용에서 이용되는 표준 CDMA의 요건은, 상이한 전송기들로부터 수신된 수 개의 신호들의 전력이 수신기에서 동일하거나 거의 동일할 것을 보장하기 위해 수신기로부터 전송기로의 동적 피드백 루프가 있다는 것이다. 피드백 루프는 전송기들이 그들의 전송 전력을 신속하고 동적으로 조절하여 벨런스를 유지하는 것을 허용한다.

[0039] 주파수 분할 다중 액세스(FDMA)란, 상이한 전송기들이 상이한 주파수들(또는 상이한 주파수 대역들)을 이용하게 함으로써 매체 내에 복수의 채널들이 생성된다는 것을 의미한다. 전력선 상에 주입된 신호는 상이한 진폭의 고조파 신호들을 생성한다. 주파수-분할 대역들이 잘못 선택된다면, 상이한 대역들로부터의 고조파들이 일치하여 의도된 신호를 파괴적으로 간섭하는 잘못된 신호를 생성할 수 있다. 이러한 효과를 제거하는 분명한 수단은 주파수 스펙트럼 상에서 채널들을 멀리 떨어트려 배치하는 것이다. 그러나, 이것은 스펙트럼을 "낭비"함으로써 매체의 전반적 데이터 베어링 능력을 감소시킨다.

[0040] 제3 채널 액세스 방법은 시간 분할 다중 액세스, 즉, TDMA이다. TDMA에서, 채널은 시간에 관해 주기적으로 분할되고, 채널을 공유하는 각각의 전송기는, 그 전송기가 고유하게 전송을 허용받는 사이클 내의 특정한 타임 슬롯을 할당받는다. TDMA는, 하나의 채널 액세서가 또 다른 채널 액세서의 전송과 그 전송을 중첩하지 않는 가까

스로 충분한 허용공차(close enough tolerance) 내에서 서로 동기화된 시스템 클록을 가질 것을 요구한다.

발명의 내용

[0041] 본 발명은, 원격 허브 엣지 전송기(Remote Hub Edge Transmitter)라 불리는 적어도 하나의 지능형 엣지 전송기를 포함하는 시스템을 포함하고, 각각의 전송기는 스마트 계측기 내에 존재하기에 충분히 작다. 원격 허브 엣지 전송기를 포함하는 스마트 계측기는 원격 허브 GLA 스마트 계측기 또는 간단히 원격 허브라 불린다. 원격 허브는 전기 계측기를 공급하는 전력 메인(power main) 내에 변조된 전류를 주입함으로써 전송한다. 시스템은 또한, 지능형 전송기로부터의 전송을 수신하도록 동작가능한 적어도 하나의 배전 서브스테이션에 위치한 적어도 하나의 수신기를 포함한다. 수신기가 엣지 전송기로부터의 전송을 신뢰성있게 검출 및 디코딩하는 것을 허용하기 위해 스마트 계측기와 서브스테이션 사이의 배전 그리드에 어떠한 추가나 변경도 요구되지 않는다. 이 시스템은 적어도 하나의 수신기를 포함하는 각각의 서브스테이션에 대한 하나의 컴퓨팅 플랫폼을 더 포함하고, 컴퓨팅 플랫폼은, 적어도 하나의 수신기로부터 취득된 데이터를, LNM 및 PNM 등의 그러나 이것으로 제한되지 않는 다른 유트리티 시스템을 업데이트하기 위해 집중형 컴퓨터 시스템(Concentrating Computer System) 또는 집중화기(Concentrator)에 의해 수신된 데이터가 이용되는 데이터 센터에 전송하기 위한 인터넷 등의 종래의 고속 네트워크에 액세스한다. 일부 마이크로그리드 배치에서, 컴퓨팅 플랫폼 및 집중화기는 동일한 서버일 수 있고, 데이터 센터는 마이크로그리드의 서비스 영역 내부에 위치한다. 이 시스템은 추가적으로, 스마트 계측기 또는, 적어도 하나의 원격 허브와 통신하기 위해 G3 또는 PRIME 등의 공지된 프로토콜을 이용한 단거리 PLC 전송을 채용하도록 동작가능한 지능형 플랫폼에 의해 강화된, 원격 허브가 아닌, 현장-배치된 스위치와 전압 조정기 등의 기타의 장치를 포함할 수 있다. 원격 허브가 아닌 이러한 강화된 장치들은 종속 원격장치들(Subordinate Remotes)로서 지정되고, 임의의 강화된 장치는, 종속 원격장치 또는 원격 허브인지에 관계없이, 일반적으로 원격장치(Remote)라 불릴 수 있다. 각각의 원격 허브는 원격 허브와 동일한 서비스 변압기에 의해 전력공급받는 원격장치들만을 관리한다. 적어도 하나의 원격 허브와 제로 또는 그 이상의 종속 원격장치를 포함하는 원격장치들의 집합으로 구성된 단거리 온-그리드 네트워크는 변압기 영역 네트워크 또는 TAN이라 불린다.

[0042] 종속 원격장치, 원격 허브, 서브스테이션 수신기, 및 연관된 컴퓨팅 플랫폼과 집중화기 모두는 그리드 위치 인식™(GLA) 네트워크를 동작시키기 위한 명령어들이 저장된 비휘발성 컴퓨터-판독가능한 메모리 상에 저장된 프로그램을 포함한다. 종속 원격장치들, 원격 허브들, 서브스테이션 수신기, 및 연관된 컴퓨팅 플랫폼과 집중화기들은 또한, 네트워크 내의 각 노드가, 온-그리드 네트워크를 조직하고 저장된 프로그램으로서 구현되고 적어도 하나의 서브스테이션 수신기, 컴퓨팅 플랫폼 및 집중화기 상에서 실행되는 다른 방법들이 네트워크의 개략적 그리드 위치 속성들을 검출하고 유추하는 것을 허용하며 검출 및 유추된 속성들을 논리적 및 물리적 네트워크 모델을 유지하는 지리공간적 정보 시스템을 포함한 다른 애플리케이션 시스템에 퍼블리싱(publish)하는 것을 허용하기 위하여 네트워크 상에서 메시지를 송수신하기 위한 방법을 구현할 수 있게 하는 저장된 명령어들을 실행하는 처리 유닛(CPU)들을 포함한다.

[0043] 원격 허브들 및 서브스테이션 수신기에 의해 구현된 한 방법은, 배전 서브스테이션의 서비스 영역 내의 적어도 하나의 원격 허브로부터 전송된 전류 신호를 채널화 및 변조하고, 그에 따라서 신호들이 서브스테이션 수신기에서 수신되고 서브스테이션 수신기가 신호가 전송된 특정한 피더의 전기적 위상을 유추할 수 있게끔 하는 것을 제공한다. 신호는 채널이라 불리는 주파수 스펙트럼의 넓은 대역 상에서 전송되지만, 채널의 주파수 대역은, 주파수가 엣지 전송기에 전력을 공급하는 서비스 변압기의 지역-통과 임계치보다 낮도록 선택된다. 이 링크에서, 주파수 확산 변조, 2진 위상-이동 키잉(BPSK; Binary Phase-Shift Keying), 및 직교 위상-이동 키잉(QPSK; Quadrature Phase-Shift Keying)을 포함한 수 개의 변조 기술들이 이용되었다. 고차 모드의 위상-이동 키잉(mPSK)이 이용될 수도 있다. 그러나, 주파수 확산과 함께 BPSK 및 QPSK가 선호되는 실시예일 수 있으며, 그 이유는 고차 PSK는 수신기에서 동일한 신호 강도를 달성하기 위하여 전송기에서 더 많은 전력을 요구하기 때문이다. 방법들의 일부 실시예에 따르면, 엣지 전송기는, 신호가, 중간 변압기, 커페시터, 긴 라인, 지하 배선 등에 의해 상당히 감쇠되어 서브스테이션 수신기에 의한 수신을 방지하지 않도록 낮지만 충분한 전류에서 버스트 전송 내의 포스트-FEC(포워드 에러 정정) 데이터의 초당 적어도 80 비트를 인코딩할 수 있다. 다른 실시예들에서, 엣지 전송기는 더 낮은 비트 레이트에서 인코딩할 수 있다. 더 낮은 비트 레이트에서의 인코딩은 신뢰성을 개선시키지만, 전송되는 데이터량을 제한한다. 적어도 80 bps를 전송하면서 동일한 포스트-FEC 메시지 성공률을 얻기 위하여, 상이한 변조 유형들은 상이한 포워드 에러 정정률을 요구할 수 있다. 이 방법은 신호를 주입하기 위해 거의 전력을 요구하지 않아서, 변조되는 신호는 RF 스펙트럼에서 에너지를 복사하지 않거나 전송 부근의 장치에 깜빡임이나 웅웅거림을 야기하지 않거나 온-그리드 메시징(on-grid messaging)의 종래 기술의 방법들의 다른 바람직하지 않은 임의의 특성을 나타내지 않는다. 이 방법은 상기에서 설명된 모든 그리드 토플로지

에서 동작하며, 심지어 가장 큰 서브스테이션도 결과적인 그리드 위치 인식™ 네트워크에 의해 완전히 커버될 수 있는 서브스테이션 변압기당 충분한 개수의 원격 허브를 지원할 수 있다.

[0044] 서브스테이션 수신기는 또한, 전력선 상의 다수의 주파수 대역에서 주변 파형들을 샘플링하고, 기본 전력 파(fundamental power wave)의 고에너지 고조파를 필터링 아웃하며, (주어진 서브스테이션 변압기의 각 버스로부터 나오는 각각의 피더의 3개의 페이즈 라인들 각각을 포함한) 복수의 전력선 중 하나 이상에서의 신호를 검출하고, 전력선들 각각의 비교 분석에 기초하여 신호가 전송된 페이즈 및 피더 조합을 유추하며, 신호 품질, 에러 성능, 및/또는 관심대상의 스펙트럼 전체에 걸쳐 다수의 지점들에서의 진폭 대 주파수에 기초하여 이들을 등급화하는 다양한 방법을 구현할 수 있다. 서브스테이션 수신기가 전송을 완전히 처리했을 때, 이것은, 디코딩된 전송을, 메시지가 전송된 페이즈 및 피더, 메시지가 전송된 채널, 및 그 전송에 이용된 변조 방법의 파라미터들의 표시 등의, 수신기 로직에 의해 유추된 메시지에 대한 임의의 추가적인 정보와 함께 팩키징한다. 서브스테이션 수신기는, 전체의 메시지 팩키지를, HTTP 등의 보통의 TCP/IP-기반의 프로토콜을 이용하여 서브스테이션 컴퓨팅 플랫폼에 포워딩한다.

[0045] 본 발명의 또 다른 양태는, 각각의 서브스테이션 변압기에서 어느 주파수 대역이 최상의 데이터 캐리어인지를 식별하고, 후보 주파수 대역들 상의 적어도 하나의 데이터-베어링 채널을 정의하며, 선택사항으로서, 엣지 장치들이 전송할 수 있는 각각의 채널 상의 일련의 타임 슬롯들을 정의하고, 변조 기술을 선택하고, 주파수 확산이 선택된 변조 기술이라면, 전송을 변조하는데 이용될 채널당 한 세트의 적어도 하나의 직교 코드 또는 "칩"을 정의하는 방법이다. 그 다음, 원격 허브들 및 종속 원격장치 모두를 포함하고 서브스테이션에 의해 전력을 공급 받는 GLA 스마트 계측기 집합을 제공하는 방법에 의해 결합된 채널화 모델이 채용되어, 원격 허브가 어느 주파수-기반의 데이터-베어링 채널(들) 상에서 전송할 수 있는지 및 원격 허브가 어떤 상황에서 전송해야 하는지를 기술하는 정책을 적어도 하나의 원격 허브들 각각에 할당한다. 이 정책은, 변조 방법, 주파수 대역, 칩이 이용되는 경우 칩 선택 알고리즘, 및 메시지 프리앰프를 패턴을 포함한, 채널들의 복수의 양태를 기술한다. 주파수-기반의 채널들 및 칩들은, 그리드의 세그먼트들이, 예를 들어, 한 서브스테이션 변압기로부터 또 다른 변압기로 전환될 때 전송이 파괴적이지 않도록 할당되어야 한다. 이 프로비저닝 방식은, 크로스토크의 문제를 예상하고 최소화하며, 서브스테이션 수신기, 서브스테이션 컴퓨팅 플랫폼, 및 집중화기 상의 로직이 각각의 원격 허브로부터 수신된 메시지를 계층적으로 처리하고 이를 이용해 전력선 내의 스위치, 재폐로차단기, 및 브레이크 등의 그리드의 상태추적가능한 비-엣지 피쳐들(stateful non-edge features)의 상태를 유추하기 위한 수단을 제공한다. 전송의 다른 특성은 원격 허브 상의 펌웨어 및 기구에 의해 동적으로 판정된다. 예를 들어, 전송시 이용되는 전력을 전송 직전에 측정된 라인의 임피던스와 관련될 수 있다.

[0046] 본 발명의 일부 실시예에서, AMI, AMR, 및/또는 무선 브로드캐스트 전송기 등의, 인접 네트워크로부터의 서브스테이션-대-엣지 브로드캐스트 능력의 가용성에 따라, 채널 품질을 관리하기 위한 다수의 기술들이 채용될 수 있다. 서브스테이션 수신기 및 컴퓨팅 플랫폼 상의 소프트웨어는 채널 품질의 양태를 모니터링할 수 있고 원격 허브로부터의 메시지들이 허용가능하게 높은 성공률을 경험하는 것을 보장하기 위한 조치를 취할 수 있다. 본 발명의 한 양태에 따르면, 적어도 하나의 비구조화된 채널은 회전되지 않고 프로비저닝 및 경고에 전용되도록 남아 있다는 것을 제외하고, 수 개의 채널들의 책임을 교대로 함으로써 허용가능하게 높은 성공률이 보장될 수 있다. 예를 들어, 2개의 데이터 베어링 채널이 식별되었고 하나의 데이터 베어링 채널은 다른 것보다 더 높은 성공률을 보인다면, 네트워크는, 원격 허브를 더 양호한 채널과 다른 채널 사이에서의 전송간에 교대시키도록 프로비저닝될 수 있다. 이것은 소정의 원격 허브가 허용불가능하게 높은 메시지 실패율을 겪을 전체 확률을 감소시킨다.

[0047] 채널 관리를 위한 다른 옵션들은, 채널이 더 넓은 주파수 확산을 갖거나, 및/또는 버스트당 더 많은 FEC 비트를 이용하도록, 채널의 정의를 변경하는 것일 수 있다. 역시 또 다른 옵션은, 임피던스, 임펄스 노이즈, 또는 메시지 성공률과 관련된 채널의 일부 다른 특성에서의 관찰된 사이클에 기초하여, 채널을, 영구적으로, 또는 하루 중의 상이한 시간들에서, 스펙트럼 내의 상이한 장소로 이동시키는 것이다. 이들 메커니즘들 중 어느 것도, CDMA 등의 소정 변조 기술에서의 규칙에서와 같이, 엣지 전송기와 서브스테이션 사이의 빠른 피드백 루프를 요구하지 않는다. 오히려, 서브스테이션의 장치는 네트워크의 거동의 시간-지속기간 분석(time-duration analysis)을 수행한 다음, 이 분석에 기초해 새로운 프로비저닝 정책을 브로드캐스팅한다. 정책 변경을 행할 때, 관찰된 크로스토크 패턴, 임피던스 변화, 고조파 혼합 등의, 네트워크의 많은 특성이 고려될 수 있다. 정책 변경은, 스위칭 시스템 또는 기타 형태의 리던던시에 의해 상호접속될 수 있는 복수의 서브스테이션에 영향을 줄 수 있다.

[0048] 본 발명의 역시 또 다른 양태는, 엣지-대-서브스테이션 GLA 네트워크를 (AMI 아키텍처에 관계없이) AMI 및 더

상위 주파수 PLC 기반의 변압기 영역 네트워크 등의 인접한 네트워크와, 뿐만 아니라 스마트 계측기 플랫폼 자체의 네이티브 지능과 통합하기 위해 적어도 하나의 원격 허브들 각각에서의 저장된 프로그램에 의해 채용되는 방법이다. 이 방법에서, 고주파 PLC 프로토콜 스택(예를 들어, PRIME)이 TAN 내의 마스타 노드로서 작용할 수 있게 하는 원격 허브는 TAN-관리 활동을 실행한다. TAN 관리 활동은 새로이 발견된 종속 원격장치를 검출하기 위해 PLC 프로토콜 스택을 폴링하는 것을 포함하지만 이것으로 제한되지 않는다. 원격 허브는 또한, 전류, 전압, 및 위상각 등의 로컬 데이터를 얻기 위해 로컬 네이티브 스마트 계측기 지능을 폴링하며, 종속 원격장치에서의 네이티브 스마트 계측기 지능으로부터 유사한 데이터를 얻기 위해 도달 가능한 종속 원격장치 집단(reachable population of Subordinate Remotes)을 폴링한다. 원격 허브는, 동작 가능한 정책에 따라, 수집된 데이터 및/또는 수집된 데이터의 도출된 결과가 원격 허브의 엣지 전송기 모듈에 의해 서브스테이션 수신기에 전송될 수 있을 때까지, 원격 허브 상의 정책 및 애플리케이션 알고리즘에 따라 수집된 데이터를 저장, 압축, 및/또는 처리한다. 원격 허브는 또한, 그 프로비저닝된 정책 및 발견된 TAN 구성 데이터를 이용하여 엣지-대-서브스테이션 채널 상에서 경고 메시지를 언제 포맷, 인코딩, 및 전송하는 것이 적절한지를 판정하는 책임을 진다. 이러한 메시지들은, 새로운 종속 원격장치의 발견을 보고하는 페어링(pairing) 메시지; 알려진 종속 원격장치와의 통신 소실을 보고하는 페어링 경고; (전원 써지(surges), 새그(sags), 및 스파이크(spikes) 등의) TAN 또는 계측기에서의 변경을 보고하는 기타의 경고; 및 TAN 내의 네이티브 스마트 계측기 기능으로부터 수집된 데이터를 서브스테이션의 장치에 전송하는 스케줄링된 데이터 보고를 포함할 수 있다. 본 발명의 일부 실시예에서, 채널은 시간-슬롯화(time-slotted)되지 않고, 원격 허브는, 원하는 속도로 적어도 하나의 성공적인 전송을 달성하는 허용 가능한 확률을 제공하기 위해 충분한 수의 전송이 수행되는 무작위화된 포스팅 스케줄(randomized posting schedule)로 예외 보고 또는 컴퓨팅된 데이터 보고만을 전송할 수 있다.

[0049] 슬롯화된 채널 및/또는 시간-스케줄링된 전송 정책이 이용된다면, 원격 허브는 그 시스템 블록을 알려진 허용공차까지 동일한 서비스 영역 내의 다른 원격 허브와 동기화하는 방법을 요구할 수 있다. 각각의 원격 허브는 로컬 계측기 또는 AMI 네트워크를 폴링하여, 원격 허브가 스케줄링된 전송이 발생해야 하는 때를 판정하고 원격 허브 상의 또는 종속 허브상의 그리드 위치 인식™ 지능에 대해 의도된 AMI를 통해 수신된 데이터 블록을 얻는 데 이용하는 AMI 네트워크 시간을 얻는다. 이러한 데이터 블록은 펌웨어 업데이트 및 종속 원격장치의 후속 거동에 영향을 미칠 네트워크 정책이나 프로비저닝에서의 변경을 포함할 수 있다. 원격 허브는 펌웨어 업데이트 및 정책 변경을 필요하다면 TAN의 로컬 PLC 채널을 통해 종속 원격장치에 배포한다. 추가로, 원격 허브는 무선 브로드캐스트 신호에 기초하여 동기화될 수 있다. 어떠한 동기화 방법도 이용 가능하지 않다면, 채널 액세스는 결코 타임 슬롯에 기초하지 못할 수도 있다. 이것은 네트워크의 데이터-베어링 능력을 감소시키지만, 그리드-위치 데이터를 제공하는 시스템의 능력에 영향을 주지 않는다. 일부 실시예에서, 원격 허브 및/또는 종속 원격장치들은 GPS(Global Positioning System) 수신기를 포함할 수 있다. GPS 신호는 논리적 네트워크 모델을 물리적 네트워크 모델과 연관시키는 수단을 제공하는 것 외에도 원격 허브들을 동기화시키는데 이용될 수 있다.

[0050] 본 발명의 역시 또 다른 양태에서, 컴퓨팅 플랫폼과 집중화기는 유털리티의 PNM 및/또는 LNM으로부터 초기에 추출될 수 있거나, 완전히 원격 허브들로부터의 보고로부터 누적될 수 있는 2개의 마스타 데이터 테이블을 유지한다. 이를 데이터 테이블들은, 검출된 모든 원격 허브 및 종속 원격장치의 테이블인 인벤토리(Inventory)와, LNM과 유사한, 그리드의 토폴로지 및 상태의 도시적 표현인 그리드 맵(Grid Map)이다. 서브스테이션 컴퓨팅 플랫폼의 그리드 맵과 인벤토리는 부분적이어서, 적어도 소정 시간에 서브스테이션에 액세스 가능한 그리드의 일부만을 나타낸다. 집중화기의 그리드 맵과 인벤토리는 일반적으로 전체의 유털리티 서비스 영역을 나타내지만, 원격 허브 및 종속 원격장치에 의한 서비스 영역의 계기화(instoration)가 불완전하다면 그리드 맵에 겹들이 존재할 수 있다. 서브스테이션에서의 컴퓨팅 플랫폼이 종속 원격장치로부터 임의의 메시지를 수신할 때, 컴퓨팅 플랫폼은 메시지 내의 데이터와 서브스테이션 수신기에 의해 유추된 메시지 강화(enhancement)를 인벤토리 및 그리드 맵 내의 데이터와 비교한다. 컴퓨팅 플랫폼 상의 논리와 정책은 그리드 맵과 인벤토리의 로컬 사본이 업데이트될 필요가 있는지, 및 업데이트가 집중화기에 전송되어 마스타 그리드 맵과 인벤토리를 반드시 업데이트해야 하는지를 판정하는데 이용된다. 컴퓨팅 플랫폼에서 시행중인 정책이 그렇게 지시한다면, 엣지로부터 수집된 데이터도 역시 집중화기에 포워딩된다. 이어서, 집중화기는 어느 이벤트들과 스케줄링된 보고들이 다른 데이터 센터 애플리케이션에 퍼블리싱되어야 하는지 지시하는 정책을 실행한다.

도면의 간단한 설명

[0051] 본 명세서에 포함되어 그 일부를 형성하는 첨부된 도면들은 본 발명의 실시예를 나타내며, 상세한 설명과 함께, 본 발명의 원리를 설명하는 역할을 한다.

도 1은 발전 지점으로부터 배전 서브스테이션으로 및 소비자로의 전력 경로의 간소화된 예시로서, 배전 그리드의 고전압, 중간 전압, 및 저전압 영역을 도시하며 배전 그리드의 주요 피쳐들 중 일부를 도시하고 있다.

도 2a는 그리드 토폴로지에서 사이클 결핍을 도시하는 방사형-아키텍처 배전 그리드의 간소화된 단편이다.

도 2b는, 각각이 도시된 주택 그룹에 저전압 전력을 전달하는 서비스 변압기에 전력을 전달할 수 있는 2개의 서브스테이션을 도시하는 루프형-아키텍처 배전 그리드의 간소화된 단편이다. 좌측의 서브스테이션은 현재 주택 그룹에 전력을 공급하고 있다.

도 2c는 네트워킹형 아키텍처 배전 그리드의 간소화된 단편이다. 도시된 4개의 피더는 단일의 서브스테이션(전형적임)에서 또는 복수의 서브스테이션에서 시작될 수 있다. 직사각형 그리드는 저전압측상의 서비스 변압기들을 피어-투-피어로 접속하여 모든 피더들이 서브스테이션들 아래의 부하들에게 동시에 전력을 전달하게 한다.

도 2d는 캠퍼스 네트워크의 예시적인 간소화된 단편이다. 3-페이즈 변압기는 480 볼트 버스에 전력을 공급하고, 개별 전기 콘센트에 전력을 공급하는 캠퍼스를 통해 이어지는 다수의 3-페이즈 래터럴들이 이 버스에 의존한다. 저전압 생성 지점을 버스에 추가하고 버스를 배전 라인으로부터 격리하는 수단을 제공하는 것은 캠퍼스 네트워크를 자체-충분 마이크로그리드(self-sufficient microgrid)로 변환한다.

도 3은, 백오피스 피쳐(back office features), 서브스테이션 장치, 및 원격 허브와 종속 원격장치에서의 지능을 포함하는 변압기 영역 네트워크(1레벨 확장됨(one expanded))를 포함하는 그리드 위치 인식™ 네트워크의 고수준 소프트웨어 배치 모델이다.

도 4는 그리드 위치 인식™ 네트워크 내의 서브스테이션 장치의 간소화된 블록도로서, 그리드 위치 인식™ 네트워크 장치가 서브스테이션에서 기존의 SCADA 라인에 어떻게 결합하는지 및 서브스테이션 수신기로부터의 데이터가 데이터 센터에 어떻게 백홀되는지를 예시한다.

도 5는 서브스테이션 수신기에서의 멀티-쓰레디드 소프트웨어 아키텍처의 블록도로서, 엣지-대-서브스테이션 신호가, 처리와 백홀을 위해, 어떻게 취득되고, 채널화되며, 검출되고, 복조되며, 디코딩되고, 저장되는지를 도시한다.

도 6은 원격 허브 GLA 스마트 계측기의 입면도이다.

도 7a는 품 2S 주택용 계측기에 대한 원격 허브 GLA 스마트 계측기의 엣지 전송기 모듈의 한 실시예의 정확한 3차원 모델의 상부도이다.

도 7b는 엣지 전송기 모듈의 동일한 모델의 하부도이다.

도 7c는 원격 허브 GLA의 엣지 전송기 모듈의 전자 컴포넌트들의 개략적 블록도이다.

도 7d는 원격 허브의 격리 회로의 상세사항이다.

도 8은 종속 원격 GLA 스마트 계측기의 입면도이다.

도 9는 종속 원격장치의 PLC 통신 모듈의 전자 컴포넌트들의 개략적 블록도이다.

도 10a는 계측기 접속 지점에서의 배전 그리드 상의 AC 파형의 스냅샷의 그래프(스케일링되지 않음)이다. 전력 기본(power fundamental) 및 그 훨씬 고조파들이 강조되고, 3개의 CDMA-형 광대역 주파수-분할된 엣지-대-서브스테이션 채널들이 도시되어 있으며, 한 채널이 시간 분할을 나타내기 위해 시간에 관해 연장되어 있다.

도 10b는 2개의 스케줄링된 채널과 하나의 미스케줄링된(unscheduled) 채널을 도시하는 3개의 엣지-대-서브스테이션 채널의 시간-영역 뷰를 제공한다.

도 10c는 본 발명의 한 실시예에서 단일의 엣지-대-서브스테이션 메시지 버스트의 전형적인 구조를 나타낸다.

도 10d는 본 발명의 또 다른 실시예에서 엣지-대-서브스테이션 메시지 버스트의 대안적인 구조를 나타낸다.

도 10e는 동일한 주파수 대역 상의 복수의 칩을 이용하는 것이 어떻게 충돌을 방지할 수 있는지를 나타낸다.

도 11은 변압기 영역 네트워크에 국지적이고, 양쪽 모두 GLA 스마트 계측기 내에서 원격 허브와 종속 허브 사이에 있는 통신 경로들을 나타낸다. 도 11에서 원격장치들의 입면도는 2차 통신 모듈이 채용되지 않은 실시예를 도시한다는 점에 유의한다.

도 12a는 3개의 TAN에서의 3-페이즈 서비스 변압기를 나타낸다.

도 12b는 하나의 TAN과 프록시 원격장치에서 3-페이즈 서비스 변압기를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0052]

본 발명은 온-그리드 데이터 수집 네트워크를, 배전 그리드 네트워크의 옛지, 서브스테이션, 및 피쳐들에 존재하는 다른 인접 네트워크 및 장치와 통합하는 방식으로 온-그리드 데이터 수집 네트워크를 구성 및 동작시키기 위한 시스템 및 방법을 포함하며, 여기서, 다른 네트워크 및 장치는 스마트 계측기 및 AMI와 인터넷 등의 종래의 네트워크를 포함할 수 있다. 시스템 및 방법은 또한, 데이터 센터에서 온-그리드 데이터 수집 네트워크에 의해 수집된 데이터를 통합하며 수집된 데이터를 다른 애플리케이션에 퍼블리싱할 수 있다. 이 시스템과 방법은 또한, 배전 그리드의 기타의 알려지지 않은 정적 및 일시적 속성들을 유추하고 스마트 그리드의 물리적 및 논리적 네트워크 모델을 개선시키기 위한 목적으로 이들을 통합된 네트워크를 통해 보고하기 위해 통합된 네트워크의 능력을 채용할 수 있다. 이것은 전압 저감 절약(conservation voltage reduction), volt/Var 최적화, 부하 밸런싱, 고장 격리, 및 복구 관리 등의 스마트 그리드 애플리케이션을 지원하는 모델들의 능력으로 이어진다.

[0053]

도 3은, 인터넷, AMI(Advanced Metering Infrastructure), 중간 전압 배전 그리드, 및 적어도 하나의 서비스 변압기를 통해 중간 전압 배전 그리드의 옛지에 접속된 적어도 하나의 변압기 영역 네트워크 등의 종래의 광역 네트워크를 포함하는 수렴형 네트워크(converged network)에 관해 상이한 지능이 존재하는 것을 보여주는 본 발명의 한 실시예의 지능형 플랫폼의 논리적 블록도이다. 도 3은 시스템이 3개의 영역 또는 계층으로 분할될 수 있다는 것을 보여준다. 옛지 계층(301)은 적어도 하나의 변압기 영역 네트워크(TAN; Transformer Area Network)(302)를 포함한다. 각각의 TAN은, 서비스 변압기(303), 적어도 하나의 원격 허브(304), 및 제로 또는 그 이상의 종속 허브(305)를 포함한다. 종속 허브(305)가 존재할 때, 원격 허브는 PRIME 등의 표준의 단거리 PLC 프로토콜을 통해 종속 허브들과 통신한다. 원격 허브(305)는 전류-변조된 신호를 전송하도록 동작할 수 있다. 복수의 원격 허브가 TAN에 부주의로 설치되는 것을 피하기 위해, 설치 절차는 어느 한 유형의 세로이 설치된 원격장치가 로컬 TAN에 이미 원격 허브가 존재하는지를 검출하는 것을 허용하는 메커니즘을 제공할 수 있다. 본 발명은 옛지 계층과 서브스테이션 계층 사이에 통신 장치의 설치나 기타의 수정을 요구하지 않는다. 그러나, 커페시터 맹크 등의 중간-전압 그리드의 피쳐로부터 데이터를 수집하는 것이 바람직하다면, 원격 허브 장치의 변형이 그 곳에 설치될 수 있다. 이러한 원격 허브는, 그리드 피쳐가 설치되는 중간-전압 라인(들)으로부터 직접 전력 공급되는 것이 아니라 피쳐에 위치한 저전압 콘센트에 의해 전력 공급되므로, 기술적으로 여전히 옛지 계층에 있다.

[0054]

여전히 도 3을 참조하면, 서브스테이션 계층(306)은, 배전 그리드의 중간 전압 인프라스트럭쳐에 설치된 임의의 신호 증폭기, 바이패스 메커니즘, 또는 브릿지에 의존하지 않고 옛지 계층의 원격 허브들로부터 전송을 수신하도록 동작할 수 있는 적어도 하나의 서브스테이션 수신기(307)를 포함한다. 서브스테이션 수신기(들)는, 근거리 통신망을 통해, 인벤토리 및 그리드 맵 데이터베이스를 유지하고 수렴형 데이터 네트워크를 프로비저닝 및 관리하는 작업을 실행하는 소프트웨어(309)를 저장하고 실행하기 위한 비휘발성 컴퓨터-판독가능한 메모리와 CPU를 포함하는 컴퓨팅 플랫폼(308)에 접속된다. 추가로 컴퓨팅 플랫폼은, 서브스테이션 수신기(307)로부터 수신된 메시지와 조합하여 인벤토리 및 그리드 맵 데이터를 처리하여 서브스테이션 수신기 단독이 인입 전송에만 기초하여 검출할 수 있는 것 이상으로 그리드의 상태에 대한 정보를 유추하는 소프트웨어(310)를 저장 및 실행한다. 본 발명의 일부 실시예에서, 서브스테이션 수신기의 컴퓨터-기반의 컴퓨트트들 및 컴퓨팅 플랫폼 컴퓨트들은 동일한 서버에 호스팅된다. 이러한 실시예에서, 서브스테이션 수신기와 컴퓨팅 플랫폼 소프트웨어 컴퓨트 사이에서 데이터를 전송하는데 이용되는 (HTTP 등의) 통신 프로토콜은, 어떠한 물리적 근거리 통신망도 요구되지 않더라도, 변할 필요가 없다. 컴퓨팅 플랫폼(308)은, 데이터 센터 계층(313)의 집중화기(312)와의 통신을 목적으로, 인터넷 등의, 종래의 광역 네트워크(311)에 접속한다. 본 발명의 일부 실시예에서, 및 컴퓨팅 플랫폼과 서브스테이션 수신기가 동일한 서버이든 별개의 서버이든 관계없이, 서버들은 시스템의 연속적 동작을 보장하기 위해 리던던트 클러스터(redundant cluster)로 구성될 수 있다.

[0055]

다시 도 3을 참조하면, 집중화기(312)는, 그리드 위치 인식(Grid Location Awareness)을 위한 하나 이상의 애플리케이션(315)에 소프트웨어 서비스를 제공하는 네트워크 및 데이터 관리 컴퓨트트(314)를 포함하는 서브스테이션(들) 내의 소프트웨어와 유사한 아키텍처를 갖는 소프트웨어를 호스팅한다. 애플리케이션은, 정보를 지리공간적 정보 시스템(Geospatial Information System)(316) 등의 가입자 애플리케이션에 퍼블리싱하기 위해, JMS, SOAP, 및 REST 등의 그러나 이것으로 제한되지 않는 종래의 네트워크-기반의 메시징 프로토콜을 이용한다. 데이터 및 네트워크 관리 컴퓨트트(314)는 AMI 네트워크로 하여금 옛지 계층(301) 내의 원격 허브들에 데이터 블

록들을 브로드캐스팅하게 할 목적으로 AMI 헤드엔드(317)와 통합될 수 있다. 데이터 및 네트워크 관리 컴포넌트(314)는 AMI 벤더에 의해 정의된 표준 프로토콜 및/또는 전용 인터페이스를 이용하여 AMI 헤드엔드(317)와 통합될 수 있다.

[0056] 본 발명의 다른 실시예들은 대안적 보조 네트워크 컴포넌트들의 수렴(convergence)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 서브스테이션-대-엣지 브로드캐스트 능력 및/또는 서브스테이션으로부터 원격 허브로의 시간 동기화는, 이 목적을 위해 AMI를 이용하기보다는 서브스테이션의 피더(feeder)들에 부착된 중간-전압 PLC 전송기들에 의해 제공될 수 있다. 마찬가지로, 서브스테이션에서 발생하는 별개의 무선 전송기 브로드캐스팅 메시지가 채용될 수도 있다. 무선 전송기는, 서브스테이션의 컴퓨팅 플랫폼으로부터 전송기까지의 낮은-레이턴시 네트워크 접속이 존재하는 한 서브스테이션에 물리적으로 위치할 필요가 없다. 동일한 무선 전송기는 많은 서브스테이션들에 대한 서브스테이션-대-엣지 채널로서 역할할 수 있다. 서브스테이션-대-엣지 채널이 AMI가 아닐 때, 원격 허브 클록들의 동기화는, 참조에 의해 본 명세서에 포함되는, 발명의 명칭이 "System and Methods for Synchronizing Edge Devices on Channels without Carrier Sense"인 미국 특허 출원 제13/566,481호에서 설명된 바와 같이 제공될 수 있다. 채널들이 슬롯화되지 않은 본 발명의 실시예들에서, 클록 동기화는 불필요하다.

[0057] 도 4는, 한 실시예에서, 여기서는 컴퓨팅 플랫폼의 다른 소프트웨어 컴포넌트들과 더불어 단일의 서버에 함께 호스팅된 것으로 도시된 서브스테이션 수신기(401)가 2차 전류 센서(404)를 이미 제위치의(in place) SCADA 루프(405)에 부착시킴으로써 서브스테이션 변압기(403)의 저전압측 상의 피더 라인(402)을 어떻게 모니터링하는지를 상세히 도시한다. 2차 전류 센서는 서브스테이션 수신기에 입력을 제공한다. 이 결합 방법은 서브스테이션 수신기가 서브스테이션의 동작을 방해하지 않고 서브스테이션 변압기에 설치되는 것을 허용한다. 핫-스틱 클램프-온 전류 변압기 등의 다른 결합 방법들이 본 분야에 공지되어 있고, 여기서 설명된 SCADA 루프로의 2차 결합 방법을 대신해 동등하게 채용될 수 있다. 일부 서브스테이션은 SCADA 루프가 없거나, 물리적 배치나 유일리티 규제로 인해 액세스가능하지 않을 수도 있다.

[0058] 도 5는, 서브스테이션 수신기와 연관된 서브스테이션 변압기에 의해 공급되는 배전 그리드의 일부의 엣지에서의 원격 허브들로부터 수신되고 있는 많은 신호를 포착, 검출, 구분, 및 디코딩하기 위해 서브스테이션 수신기 로직(501)의 한 실시예에 의해 이용되는 소프트웨어 아키텍처 및 방법을 상세히 보여준다. GLA CT 라인(504)으로부터의 입력은 실시간으로 원시 디지털화된 신호로서 데이터 취득 모듈(DAQ; data acquisition module)(502)에 도달하고, 그 다음 그 곳에서 램디스크(503) 상에서 버퍼링 및 기록된다. DAQ 프로세스와 별별 동작으로, 채널화기(505)는 원시 신호를 판독하여 이들을 관심 주파수 대역별로 램디스크(506) 상에 저장된 채널화된 신호들로 재구성한다. 채널화기와 별별 동작으로, 프리앰블 검출기(507)는, 모든 전송에 진행하는 하나 이상의 프리앰블 패턴을 인식하려고 시도하는 모든 피더-페이즈 상에서 수신된 채널화된 신호들을 샘플링한다. 한 실시예에서, 프리앰블 검출기는 모든 적법한 프리앰블을 찾아봄으로써, 할당된 타임 슬롯 외부에 있거나 비-슬롯화된 채널 상에서 전송된 전송의 수신을 허용한다. 프리앰블 검출기는 또한, 자신이 샘플링해야 하는 채널화된 기록의 양을 최소화하기 위하여 채널 타임 슬롯에 대한 자신의 지식을 이용할 수 있다. 한 실시예에서, 프리앰블 검출기는 프리앰블을 찾을 때, 복조기(509)가 처리를 시작해야 하는 데이터 스트림 내의 지점 또는 지점들을 판정하고 마킹한다. 크로스토크로 인해 동일한 메시지의 복수의 사본들이 검출될 수 있다. 모든 사본들은 복조를 위해 유지된다. 프리앰블 검출기(507)는 마커 정보와 채널화된 신호 데이터를 램디스크(508)를 통해 복조기에 제공한다. 프리앰블 검출기와 별별 동작으로, 복조기(509)는 램디스크(506)로부터 메시지들의 모든 사본을 판독하고, 메시지를 디코딩할 방법을 결정하기 위해 메시지들이 발견된 주파수 대역 및 아마도 타임 슬롯들과 원격 허브들의 알려진 정책을 이용한다. 정책 요소들은, 채널 상에서의 이용시에 변조 기술, 이용시 시간 기반의 액세스 정책, 및 주파수-확산 변조가 이용되는 경우, 어느 칩들이 변조에 이용되었는지를 포함할 수 있다. 때때로 하나보다 많은 가능한 칩의 선택이 존재할 수 있다. 복조기가 잘못된 칩을 적용하려 한다면, 이것은 복조 에러 및/또는 FEC 실패에 의해 표시될 것이다. 수신기 로직의 이러한 별별화된 실시예는, 데이터 흐름의 초반의 모듈들은 나중의 전송에 관해 동작하는 반면 데이터 흐름의 나중의 모듈들은 초반의 전송에 관해 동작하면서, 복수의 프로세서 코어가 각각의 메시지 스트림에 대해 동작하는 것을 허용한다.

[0059] 여전히 도 5를 참조하면, 데이터 관리자(514)는, 램디스크(503, 506, 508, 및 510) 상에 저장된 데이터로의 수개의 프로세스들의 액세스를 동기화하여 주어진 시간에서의 각각의 프로세스가 오래되거나 휘발성 버퍼에 액세스를 시도하는 것이 아니라 그 진행 프로세스에 의해 출력된 완료된 데이터에 관해 동작하게 하는 것을 책임질 수 있다. 데이터 관리자는 또한, 나중의 연구 및 후처리를 위해 데이터를 램디스크로부터 큰 아카이브 디스크(513)로 복사할 수 있다. 메시지들이 복조되어 램디스크(510)에 기입될 때에, 이들은, 이하에서 더 상세히 명되는 바와 같이, 전송기를 식별하고 메시지가 전송된 피더와 페이즈를 유추하기에 충분한 정보로 강화되었을

것이다. 메시지가 수신된 각각의 피더-페이즈에 대한 메시지 번들(message bundle)은, 주파수 대역 내의 특성 주파수들에서의 신호 진폭, 복조기 성능 지수 측정(Demodulator figure of merit measurement)에 의해 판정되는 신호 품질, 신호가 수신된 시간, 및 있다면, 메시지가 인코딩된 칩을 포함할 수 있지만, 이것으로 제한되는 것은 아니다. 이들 메시지 번들은 인터페이스(511)를 통해 네트워크 관리 및 그리드 위치 인식 소프트웨어에 전달된다. 도 5에는 도시되지 않지만 도 3에서 각각 309와 310으로서 도시된 이들 소프트웨어 컴포넌트는, 어느 원격 허브 옛지 전송기가 메시지를 전송했는지를 판정하기 위해 메시지 속성 및 메시지 내용과 함께 옛지 전송기의 프로비저닝 정책을 이용하고, 어느 피더와 페이즈 상에서 메시지가 실제로 전송되었는지를 확립하기 위하여 검출가능한 경우 각각의 상이한 피더-페이즈 입력 상에서 수신된 메시지의 사본들의 신호 특성들을 비교한다. 이러한 결론은 그리드 맵 내의 정보와 비교되어 그리드 토플로지 또는 상태에서의 변화가 발생했는지를 판정한다. 이것은 그리드 위치 인식 알고리즘이 페이즈가 이전에 알려지지 않았던 계측기의 페이즈 뿐만 아니라, 수리 및 유지보수로부터 생기는 임의 유형의 그리드에서의 루프 또는 네트워킹된 구성 및 도식적 변경에서의 스위치 상태 변경을 유추하는 것을 허용한다.

[0060] 다시 도 3을 참조하면, 컴퓨팅 플랫폼(308) 상의 소프트웨어 컴포넌트(309 및 310)는, 서브스테이션 수신기로부터 수신된 복조된, 애러-보정된 메시지를 의미론적 수준에서 디코딩한다. 의미론적 디코딩(semantic decoding)은 암호해독 및 암호해독된 메시지에 관한 CRC 검사를 포함할 수 있다. 이것은, 예를 들어, 원격 허브상의 펌웨어 변경, 또는 악의적 목적의 네트워크 상의 상이한 서비스 영역으로부터의 계측기의 설치에 기인한 잘못된 데이터의 도입을 배제하는 것을 돋는다. 일단 메시지가 이러한 디코딩 레벨을 통과하고 나면, 메시지 내의 데이터 페이로드는 추가적인 그리드 인식 정보를 생성할 수 있다. 페어링 메시지는 새로운 계측기가 성공적으로 설치되었다는 것을 나타내거나, 알려진 계측기가 이제 상이한 서비스 변압기 또는 멀티-페이즈 변압기의 상이한 페이즈에 접속된다는 것을 나타낸다. 스케줄링된 데이터 메시지는, 옛지에서의 전압 레벨, 수요, 및 역률(power factor)에 대한 정보 뿐만 아니라, 채널들의 데이터-베이킹 용량에 의해서만 제한되는, 원격장치들에서의 계기들로부터 이용가능한 데이터로부터 계산된 기타 임의의 데이터나 결과를 제공할 수 있다. 스케줄링된 메시지의 도달 실패차도, 정전이 있을 수 있다는 것을 나타내므로, 정보를 제공한다. 메시지가 전송된 것으로 판정된 피더 및 페이즈로부터의 사본 뿐만 아니라, 메시지의 임의의 사본이 데이터를 추출하는데 이용될 수 있다. 때때로 메인 사본은 비트 애러를 포함할 수 있는 반면 크로스오버 사본은 그렇지 않을 수 있다.

[0061] 모든 정보가 서브스테이션에서의 메시지 번들로부터 추출되었을 때, 컴퓨팅 플랫폼 상의 소프트웨어 컴포넌트는 정책을 적용하여 추가의 처리와 퍼블리케이션(publication)을 위해 종래의 네트워크(311)를 통해 어떤 데이터를 집중화기(312)에 포워딩할지를 판정한다. 데이터 관리 정책을 실행하는 것 외에도, 컴퓨팅 플랫폼(308)은 채널 관리에서의 유익한 변경이 이루어져야 하는지를 판정하기 위하여 아카이브된 원시 및 개선된 신호 품질 데이터를 분석할 수 있다. 이러한 변경이 식별되면, 컴퓨팅 플랫폼(308)은 집중화기에 권고를 포워딩하여 정책이 시행되기 이전에 영향을 받을 수 있는 모든 서브스테이션에서 모든 고려된 정책 변경의 영향이 이해되고 있다는 것을 보장할 수 있다.

[0062] 이제 네트워크 옛지에서의 장치들을 고려해 보면, 도 6은 그리드 위치 인식(Grid Location Aware) 네트워크에서 원격 허브로서 작용하도록 동작할 수 있는 단일-페이즈 품 2s GLA 스마트 계측기(601)의 입면도(elevation)를 도시하고 있다. 품 2s는 미국에서 주택용 단일-페이즈 계측기에 대한 표준 포맷이다. 원격 허브 장치의 다른 실시예는 3-페이즈 계측기와 통합되거나 계측기와 전혀 연관되지 않을 수도 있지만, 특히 네트워크의 옛지가 전형적인 유틸리티 서비스 영역에서보다 높은 해상도로 정의된 마이크로그리드 설정에서, 건물에 위치한 120V 또는 240V 또는 기타의 전압 콘센트에 플러깅될 수 있다. 역시 다른 실시예에서, 원격 허브 장치는, 전압 조정기, 커피시터 뱅크, 스텝-다운 변압기 등의, 배전 그리드 상의 다른 장치 및 기구와 통합될 수 있다.

[0063] 전형적인 스마트 계측기는 유리나 투명 합성수지로 구성된 원통형 투명 돔(cylindrical transparent dome) 등의, 계측기 하우징에 등각인(conformal) 계층화된 회로 기판 설계를 가진다. 도시된 실시예에서, 돔은 옛지 전송기 모듈(604)의 높이를 수용하기 위해 일반적인 것보다 약 1.5" 더 를 수 있다. 그러나, 계측기 하우징의 높이는 제조사 및 모델마다 서로 다르지만 계측기를 품 표준을 벗어나게 하지는 않는다. 하우징 상부에 가장 가까이, 모든 스마트 계측기의 일부인, 계산 및 디스플레이 보드(Calculation and Display Board)(602)가 있다. 통상적으로, 표시등 및 디지털 판독 등의 계산 및 디스플레이 보드 상의 디스플레이 피쳐는 인터페이스(606)를 통해 하우징 내의 다른 컴포넌트에 의해 액세스될 수 있다. 통신 모듈(603)은 AMI 트랜시버 회로와 지능을 포함한다. 일부 스마트 계측기에서, 통신 모듈(603)의 컴포넌트들은 계산 및 디스플레이 보드에 포함되지만, 다른 스마트 계측기들은 도시된 별개의 보드 상에 통신 컴포넌트를 배치함으로써 복수 유형의 통신 모듈을 수용할 수 있다. 양쪽 구성은 공통된다. 별개의 보드 상에 있다면, 통신 모듈(603)은 인터페이스 및 케이블

(606)을 통해 계산 및 디스플레이 보드(602) 상의 로직과 통신한다. 스마트 계측기에 내부적인 다른 유형의 컴포넌트-대-컴포넌트 인터페이스가 가능하다. 옛지 전송기 모듈(604)은 장거리 GLA 옛지 전송기를 포함하고, 또한 TAN 통신을 위한 단거리 PLC 트랜시버도 포함한다. 모듈(604)은 또한, 원격 허브 제어 로직의 저장된 프로그램을 호스팅 및 실행하는 비휘발성 메모리를 갖추고, 옛지 전송기 및 PLC 트랜시버와, 다른 로직 보드(602 및 603)에 대한 인터페이스(606)를 제어하는 CPU/마이크로제어기를 가진다.

[0064] 도 7a, 7b, 및 7c는 옛지 전송기 모듈의 한 실시예의 상부도, 하부도, 및 개략도를 도시한다. 주로 도 7c를 참조하면, 옛지 전송기 모듈은 UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)(712)를 통해 계측기(701)의 다른 컴포넌트와 통신한다. AC 메인(702)으로부터 전원(703)으로 전력이 전달된다. 전원(703)은 적절한 저전압 DC 전력을 컴퓨팅 유닛(717), 증폭기 회로(705), 및 클래스 D 증폭기(707)에 제공한다. 컴퓨팅 유닛(717)은 온보드 휘발성 및 비휘발성 메모리를 갖춘 마이크로제어기 처리 유닛이며, 단거리 및 장거리 디지털 신호 처리 및 프로토콜(704), 스케일링 및 필터링(713), 및 증폭기(707 및 705)를 구동하는데 이용된다. PLC 증폭기 회로(705) 및 PLC 결합 회로(706)는, 이하에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 이 주파수에서의 서비스 변압기의 필터링 특성에 따라, 방출된 중간-주파수 신호가 TAN 외부로 전파하지 않도록 조절된다. 장거리 전송을 위한 결합 회로(708)는 훨씬 더 강력하며, 원격 허브가 장거리 채널에서 전송하고 있지 않을 때, 결합 회로(708)가 민감한 주파수의 다른 장거리 전송 및 그리드 노이즈와 공진하지 못하게 하는 특별한 격리 회로(711)를 요구한다. 결합 회로(708)의 메인 컴포넌트는 변압기(709)와 커뮤니케이터(710)이다. 일부 실시예에 따르면, 옛지 전송기 모듈은, 도 7c에 도시된 GPS 수신기(718) 등의, GPS 수신기를 포함할 수 있다. 대안으로서, 옛지 전송기 모듈은, 계산 및 디스플레이 보드 등의, 원격 허브의 또 다른 컴포넌트 상에, 또는 설치자에 의해 이용되는 모바일 컴퓨팅 장치 상에 위치한 GPS 수신기로부터의 GPS 신호에 액세스할 수도 있다. 원격 허브는 그 지리공간적 좌표를 기록하기 위해, 및/또는 다른 원격 허브들로부터의 전송과 충돌하지 않도록 슬롯화된 채널 상에서의 전송을 동기화하기 위해, GPS 신호를 이용할 수 있다. 추가로, 원격 허브는 그 지리공간적 좌표, 또는 그 지리공간적 좌표의 함수를 옛지-대-서브스테이션 채널 상에서 보고하거나 이들이 모바일 컴퓨팅 장치에 의해 판독되는 것을 허용하도록 프로그램될 수 있다.

[0065] 도 7a 및 도 7b는 도 7a의 컴포넌트들이 어떻게 품 2S 전기 계측기의 형상에 따르도록 배열될 수 있는지를 나타낸다. 도 7b로부터 명백한 바와 같이, 변압기(709)와 커뮤니케이터(710)는 큰 컴포넌트일 수 있다. 여기서는 어셈블리로부터 제거되어 변압기를 드러내고 있는 것으로 도시되어 있지만, 자속 차폐(flux shield)(715)는 통상 변압기(709)를 덮어 큰 변압기로부터의 자속이 그 아래의 계측 유닛을 간섭하는 것을 방지한다. 도 7a를 참조하면, 전원(Power Supply)(703)의 컴포넌트들은 좌측상부에서 원격 허브 모듈의 영역을 점유하고, 클래스 D 증폭기(707)의 컴포넌트들은 우측상부에 도시되어 있다. 이 실시예에서, 단일 마이크로제어기(717)는, 회로, 프로세서, 및 (도 7c로부터의) 펌웨어 프로토콜 스택과 네트워크 관리 로직(704, 705, 및 713)을 위한 비휘발성 메모리를 포함한다. 우측하부의 큰 컴포넌트들은, PLC 결합 회로(706), 격리 회로(711), 및 장거리 옛지 전송기를 위한 증폭기 커뮤니케이터(716)이다. 커넥터(712)는 계측기 하우징 내의 다른 로직 보드와 인터페이싱하기 위한 커넥터이다.

[0066] 도 7d는 격리 회로(711)를 상세히 도시하고 있다. 이 회로는 옛지-대-서브스테이션 전송기의 결합 회로를 전원선으로부터 접속해제하는 능력을 제공한다. 원격 허브는 전송중에 있을 때를 제외하고 전원선으로부터 격리되는 것이 바람직하다. 이것은 결합 회로는 전원선에 접속되어 있을 때 상당한 부하를 나타내기 때문이다. 격리 회로는 트라이악(triac)(718) 및 릴레이(relay)(719)로 구성된다. 트라이악의 목적은 라인 전압의 제로 교차(zero crossing) 시에 전원선으로의 접속을 허용하는 것이다. 이것은 원격 허브 내의 컴포넌트들에 손상을 줄 수 있는 큰 과도전기(transients)의 생성을 방지한다. 추가로, 트라이악과 접속하는 것은 릴레이의 수명을 감소시키는 릴레이 접촉시 아크발생(arcing)의 우려를 제거한다. 원격 허브가 전원선과 상호작용할 때의 이벤트들의 시퀀스는 다음과 같다:

[0067] a. 전원선의 제로 교차시에 트라이악이 닫힌다.

[0068] b. 릴레이가 닫힌다.

[0069] c. 원하는 동작(일반적으로 전송)이 수행된다.

[0070] d. 릴레이가 개방된다.

[0071] e. 전원선의 제로 교차시에 트라이악이 개방된다.

[0072] 도 8은 표준 계산 및 디스플레이 보드(802)와 표준 계측 유닛(804)을 갖춘 표준 스마트 계측기(801)의 입면도이

다. 계측기(801)는 통신 모듈(803) 상의 PLC 통신 능력의 추가에 의해 종속 원격 GLA 스마트 계측기가 된다. PLC 통신 컴포넌트들은, 바람직하다면 모듈(803) 상의 공간을 AMI 통신 회로와 공유할 수 있기에 충분히 작다. (3개가 존재한다면) 3개 모두의 모듈은 인터페이스, 여기서는 직렬 인터페이스 또는 UART(805)를 통해 통신한다. 다른 실시예들은, 상이한, 기능적으로 균등한 내부의 컴포넌트간 인터페이스를 채용할 수 있다.

[0073] 도 9는 종속 원격장치의 한 실시예의 통신 모듈 상의 PLC 통신 컴포넌트들의 개략도이다. 도 7c의 엣지 전송기 모델 상의 유사한 컴포넌트들에서 유추하여, 종속 원격장치의 통신 모듈은, 기본 계측기(901), AC 메인으로부터 전력 입력(902), 기본 계측기에 대한 인터페이스(907), 전원(903), 마이크로제어기 유닛(904), 증폭기 회로(905), 및 PLC 결합 회로(906)를 포함한다. 전송기는, 신호가 서비스 변압기 위에서 또는 인접한 서비스 변압기 아래에서 수신되지 않도록 서비스 변압기에 의해 충분히 감쇠되게끔 보장하도록 튜닝될 수 있다. 종속 원격장치는 또한 GPS 수신기를 포함할 수 있다. 대안으로서, 종속 원격장치는 설치자에 의해 이용되는 모바일 장치 내의 GPS 수신기에 의해 그 지리공간적 좌표로 프로그램될 수 있다. 그 지리공간적 좌표를 아는 종속 원격장치는 이것을 변압기 영역 네트워크를 통해 원격 허브에 보고할 수 있다. 이것은 원격 허브가 TAN의 영역 및 범위 등의 확장된 지리공간적 정보를 계산하는 것을 허용한다. 원격 허브는 이 확장된 지리공간적 정보를 엣지-대-서브스테이션 채널 상에서 보고할 수 있고, 또는 이 정보는 설치자 또는 기타의 현장 엔지니어에 의해 이용되는 모바일 장치에 의해 원격 허브로부터 판독될 수도 있다.

[0074] 도 10a는, 전형적인 배전 그리드의 피더-페이즈 라인 상의 주파수 스펙트럼의 하위단의 특성과, 온-그리드 전송의 종래 기술의 방법에서 관찰되었던 상기에서 설명된 임의의 곤란점을 생성하지 않고, 하나의 서브스테이션 변압기에 의해 서빙되는 모든 TAN들이 스케줄링된 그리드 위치 인식 보고를 각 24시간에 적어도 2번 전송할 수 있게 허용하고 필요하다면 추가로 경고를 전송할 수 있게 허용하는 방식으로, 그리드 상으로 전류 변조된 신호를 주입하기 위해 원격 허브의 엣지 전송기에 의해 채용되는 방법 양쪽 모두를 나타낸다. 스펙트럼의 중요한 특성은, 50 Hz 또는 60 Hz 기본 전력(power fundamental)(1001), 그 고조파(1002), 및 노이즈 플로어(1003)이다. 때때로 임펄스 노이즈의 스파이크가 보통의 노이즈 플로어를 초과할 수도 있다는 점에 유의해야 한다. 엣지 전송기에 의해 전송된 변조된 신호에 대한 정의된 채널 또는 채널들은, 50 또는 60 Hz 기본 전력과 호스트 전력 그리드 상의 서비스 전송기들의 저역-통과 임계치 사이에 놓인 넓은 후보 스펙트럼을 점유한다. 특정한 서브스테이션에 대한 후보 스펙트럼은 측정에 의해 판정되고 정책에 의해 설정되며 규제 제약을 따른다. 측정은 후보 스펙트럼의 어느 대역 또는 대역들이 각각의 서브스테이션 변압기에서 신뢰성있게 수신되는지를 결정한다. 이 용가능한 대역이 신뢰성있는 전송을 위해 필요한 대역폭보다 넓다면, 채널 대역은 가변적인 것으로 정의될 수 있다. 이러한 경우에, 원격 허브는, 더 넓은 채널의 어느 부분이 전송을 위해 현재 가장 우호적인지를 현재의 조건에서 판정하기 위해 전송에 앞서, 이하에서 설명되는 바와 같은 측정을 수행한다. 역으로, 서브스테이션 수신기에서, 프리앰블 검출기는 전체의 넓은 가용 대역을 샘플링하여, 프리앰블이 검출된 곳에 기초하여 전송기에 의해 이용되는 실제의 대역을 판정한다.

[0075] 도 10a는 장거리 엣지 전송기에 대한 채널로서 정의된 3개의 주파수 대역(1004, 1005, 및 1006)을 도시한다. 채널로서 이용되는 대역의 수는 3개로 제한되지 않으며, 항상 3개의 채널이 요구되는 것도 아니다. 각 채널 상의 전송은, 상기에서 식별된 것들과 같은 광대역 변조 기술을 이용하여 도시된 바와 같이 정의된 주파수 대역에 걸쳐 확산된다. 추가로, 전송 버스트는 1007 등의 타임 슬롯에서 발생하도록 제약될 수 있다. 슬롯팅 프로토콜의 상세사항은 이하에서 설명된다.

[0076] 여전히 도 10a를 참조하면, 본 발명의 전형적인 주파수 기반의 채널은 기본 전력의 수 개의 고조파들이 채널 내에서 발생하는 스펙트럼의 충분히 넓은 영역에까지 걸쳐 있을 수 있다. 주입된 변조된 전류의 진폭을 노이즈 플로어에 가능한 가깝게 유지하고 전송에 이용되는 전력량을 최소화하는 것이 중요하기 때문에, 본 발명의 일부 실시예에서는 기본 전력의 고조파들에서 스펙트럼에 어떠한 신호도 추가되지 않는다. 고조파에 관한 주입 전류를 피하기 위해 엣지 전송기에 의해 성형 필터(shaping filter)가 유익하게 적용될 수 있다. 이 기술은, 프리앰블 검출기 및 복조기가 고조파에 관해 신호를 처리할 것이 요구되지 않도록 콤 필터링(comb filtering)을 적용할 수 있는, 서브스테이션 수신기에서도 유익하다. 이것은 계산-집약적 복조 프로세스에서 귀중한 프로세서 용량을 절감한다.

[0077] 사용되는 변조 기술이 주파수 확산일 때, 채널로서 이용되는 (1004, 1005, 및 1006 등의) 각각의 주파수 대역은 적어도 하나의 패터닝된 코드, 또는 칩을 할당받는다. 칩의 주파수 변화율은 데이터 신호의 변화율보다 훨씬 높다. 채널 상에서 전류로서 주입된 실제의 주파수-확산 전송은 채널의 칩과 데이터 신호의 배타적 논리합(XOR)이다. 인접하는 및 근처의 채널들은 수학적으로 직교하는 칩들을 할당받는다. 주파수 확산 전류 신호의 진폭은 전원선의 노이즈 플로어에 가능한 한 가깝다. 이것은 종래기술의 PLC 방법들과 연관된 문제를 제거하는

데 도움이 된다. 예를 들어, 한 채널 상의 전송이 크로스토크로 인해 또 다른 채널 내에 "폴드 오버(fold over)"된다면, 이용된 상이한 인코딩 칩들은 수신기가 "스트레이(stray)" 신호를 노이즈로서 해석하게 하여, 수신기가 여전히 올바른 신호를 추출하는 것을 허용한다. 추가로, 및 변조 기술에 관계없이, 한 채널로부터 인접 채널로 확장되는 임의의 고조파도 역시 노이즈로서 해석될 것이다. 채널 액세스 제약 및 변조 기술의 이러한 조합의 결과는, 임펄스 노이즈로 인한 관련된 비트들의 소실 확률을 최소화시키도록 데이터 비트 및 FEC 비트를 분산시키는 인터리빙 기술을 이용하여, 초당 120 비트 이상의 원시 데이터 레이트, 예를 들어, 포워드 에러 정정 이후 80 bps를 (개별 버스트에서) 유지할 수 있는 하나 이상의 저주파, 고품질 전류-변조된 채널이다. 서브스테이션으로부터 평균 3.5 마일의 시선 거리를 전송하는 방사형 배전 그리드 상에서의 시간-지속기간 테스팅 (time-duration testing)은 주파수 확산 변조와 함께 FEC 레이트 2/3을 이용하여 프레임 에러율 1.6e-6을 생성했다. 설명된 방법 및 장치는 추가적으로 기재된 것보다 낮은 데이터 레이트에서 동작될 수도 있다고 인정된다.

[0078] 도 10b는 그리드 맵핑을 지원하도록 3개의 신뢰성 있는 채널 그룹을 구성하는 한 방법을 나타낸다. 3개 채널 모두는 타임 슬롯(1007)들로 구성되고, 타임 슬롯 내에서 원격 허브는, 버스트 이전의 약 1초의 침묵(silence)과 버스트 이후의 약 1초의 침묵을 수반한 약 5초의 버스트(1008)를 전송하도록 준비된다. 이것은 평균 2초 길이의 버스트간 간격(1009)을 생성한다. 상이한 시간 간격도 역시 이용될 수 있다. 예시된 실시예에서 긴 버스트간 간격에 대한 이유는, 전송기 클록들을 동기화하기 위한 메커니즘은 AMI 네트워크이고, 전형적으로 메시 또는 셀룰러 무선 아키텍처에 기초하는 AMI 동기화 메커니즘은 플러스 또는 마이너스 1초보다 더 정확하지 않다는 것이다. 동일한 채널 상의 충돌(중첩되는 전송)은, 이들이 위상-이동 키잉 또는 동일한 칩을 이용하여 변조되었다면 서로 파괴적으로 간섭하기 때문에, 방지되어야 한다. 본 발명의 한 실시예에서, 각각의 데이터-베어링 주파수-확산 채널은 하나가 아니라 복수의 칩을 할당받는다. 예를 들어, 채널당 칩수가 2이면, 짹수-번호의 타임 슬롯 상에서의 전송은 하나의 칩을 이용하고, 홀수-번호의 타임 슬롯 상에서의 전송은 또 다른, 수학적으로 직교하는 칩을 이용한다. 복수의 칩을 이용하는 것은, 인접 전송의 중첩이 여전히 디코딩될 수 있으면서 버스트간 간격을 감소시킴으로써 채널의 데이터-베어링 용량이 증가되는 것을 허용할 수 있다. 타임 슬롯의 서수는, 매일의 로컬 시간 자정에서 시작하는 것으로 정의될 수 있는 마스터 프레임 원점(Master Frame Origin)에 관하여 결정되거나, 본 명세서에서 이미 참조되고 포함된 미국 특허 출원 제13/566,481호에서 기술된 다양한 방법에 의해 설정될 수 있다.

[0079] 도 10b의 채널(1011)들 중 2개는 스케줄링된 구성을 가진다. 이것은, 각각의 원격 허브가 채널 상에서 전송할 수 있는 고유의 시간 슬롯을 할당받는다는 것을 의미한다. 제3 채널(1012)은 여전히 슬롯들로 구성되지만, 보고에 대한 예외 조건을 갖는 임의의 원격 허브는 최근에 경고받지 않았다는 가정하에, 임의의 타임 슬롯에서 전송을 시도할 수 있다. 구체적으로는, 채널(1012)은 슬롯화된 알로하(slotted aloha)라고 알려진 방법에 의해 구성된다. 경고는, 서브스테이션에서 수신될 때, 전형적으로 무선 AMI 네트워크 등의 서브스테이션-대-엣지 채널을 통해 접수확인된다. 이용 가능하다면, 경고를 접수확인하기 위한 다른 방법들이 채용될 수도 있다. 경고를 접수확인하기 위한 어떠한 메커니즘도 이용 가능하지 않다면, 각각의 경고가 단순히 복수회 전송될 수 있고, 전송들 간에는 무작위로 선택된 슬롯수가 경과된다. 그러나, 이것은, 표준 슬롯화된 알로하에서, 경고는 접수확인되지 않는 경우에만 재전송되기 때문에, 경고 채널(1012)의 데이터 베어링 용량을 감소시킨다. 메시지 실패율은 (이미 매우 낮은 것으로 드러난) 채널의 프레임 에러율 + 충돌률일 것이다. 결국 충돌률은 제공된 부하에 의존하고, 이것은, 하나보다 많은 원격 허브가 주어진 슬롯에서 전송을 시도할 확률에 기초한다. 메시지 성공률을 최대화하기 위한 접수확인되지 않은 재전송의 최적의 횟수는 2 또는 3 등의 작은 수일 가능성이 높은데, 그 이유는 더 높은 전송 레이트에 의해서는 채널 포화가 발생할 수 있기 때문이다.

[0080] 미스케줄링된 채널의 구성은 또한 순수 알로하와 유사한 슬롯화되지 않은 프로토콜을 이용할 수 있고, 여기서, 채널은 타임 슬롯들로 분할되지 않지만, 전송기는, 미리정의된 최근의 구간 내에서 이미 전송하지 않았다고 가정하면, 임의의 시간에 전송을 시도할 수 있다. 이러한 구성에서, 경고는 바람직하게는, 미리결정된 기간의 경과 기간 내에서 접수확인되지 않는 경우에만 재전송될 수 있거나, 경고를 접수확인하는 것이 불가능하거나 바람직하지 않을 경우 정기적으로 복수회 전송될 수 있다.

[0081] 설명된 채널들의 수와 구성은 단지 예시일 뿐이다. 일부 서브스테이션에서, 단 하나의 신뢰성 있는 채널이 이용 가능할 수 있다. 단 하나의 채널이 이용될 때, 조건이나 설계상의 이유로, 복수의 타임 슬롯이 경고를 위해 예약될 수 있는 반면, 다른 타임 슬롯들은 스케줄링될 수 있다. 일부 서브스테이션에서, 복수의 신뢰성 있는 채널이 식별 가능할 수 있다. 필요한 스케줄링된 채널의 수는, 원격 허브의 수와, 각각의 원격 허브가 24시간 내에 전송해야 하는 스케줄링된 메시지의 수에 의존한다. 한 실시예에서, 12000개의 허브가 매일 2회 전송하는

것을 허용하기 위해 2개의 채널이면 충분하다. (일반적인 바와 같이) 서브스테이션 변압기가 12000개 보다 적은 수의 허브를 공급한다면, 이용가능한 것보다 적은 수의 채널이 스케줄링된 메시지에 대해 요구되고, 경고 임계치가 저하되며, 더 높은 제공된 부하를 수용하기 위해 하나보다 많은 채널이 경고에 전용될 수 있다. 도 10b는 도시된 시간 간격에서 전송되는 4개의 경고를 도시한다. 경고(1010)들 중 2개는 서브스테이션 수신기에서 겹출될 가능성이 높다. 경고(1013)는 도 10b에서 충돌되었고 올바르게 수신되지 않을 것이다. 도 10e는, 역으로서, 시간 슬롯의 모듈러스에 의해 선택된 칩들의 이용이 어떻게 일부 충돌을 방지하는지를 나타낸다. 여기서, 클록의 불량한 동기화 때문에, 무작위 슬롯화된 채널(1012)의 짹수 번호의 슬롯에서 전송된 메시지(1014)는 동일한 채널 상에서 후속하는 홀수 번호의 슬롯에서 전송된 메시지(1015)와 중첩하였다. 양쪽 메시지는 직교하는 칩들을 이용하여 인코딩되었기 때문에 서브스테이션에서 해독가능하다. 이것은 도 10b의 상황과 대조적이며, 여기서, 2개의 전송기의 메시지들(1013)의 의도는 분명히 동일한 슬롯에서 전송을 시도하는 것이었다. 이들 메시지는 다수의 칩이 사용되고 있었더라도 여전히 충돌할 것이다. 본 발명의 역시 또 다른 실시예에서, 미스케줄링된, 슬롯화되지 않은 채널은 주파수 확산 변조를 이용할 수 있고 복수의 직교하는 칩들을 할당받을 수 있다. 메시지를 제공하는 전송기는 복수의 칩들로부터 무작위로 칩을 선택함으로써, 메시지가 동일한 채널 상의 또 다른 전송과 중첩된 시간에서 충돌할 확률을 감소시킬 것이다.

[0082] 도 10c는, 한 실시예에 따른, 전형적인 단일 전송 버스트가 스케줄링된 채널에서 발생하든 슬롯화된 경고 채널에서 발생하든 관계없이, 전형적인 단일 전송 버스트의 상세한 구성을 나타낸다. 타임 슬롯(1007)과 버스트(1008) 내에서, 메시지는, 프리앰블(1014), 인터리밍된 데이터 비트(1015), 및 FEC 비트(1016)로 구성된다. 프리앰블은 채널 상의 모든 메시지에 대해 동일하다. FEC 레이트는 축척비율대로 그려지지 않았으며, 필요하다면 가용 채널의 품질에 따라 서브스테이션별로 달라질 수 있다. 일부 그리드 위치에서 및/또는 일부 변조에서, FEC는 요구되지 않을 수도 있다. 도 10c는 더 고심하지 않고도 동일한 채널 내의 모든 전송에 대해 대역폭이 동일하며, 프리앰블 겹출에 이용된 패턴이, 신호가 실제로 전송된 라인을 유추하기 위해 상이한 피터들의 상이한 페이즈를 나타내는 수 개의 입력들 상의 신호를 샘플링 및 비교할 때 서브스테이션 수신기에 의한 이용에도 역시 적합하다는 것을 암시하는 것처럼 보일 수 있다. 본 발명의 일부 실시예는, 프리앰블 겹출에 대해, 메시지의 데이터-베어링 세그먼트가 요구하는 것보다 큰 대역폭을 요구할 수 있다. 추가로, 일부 실시예에서, 원격 허브 전송기의 그리드 위치는, 서브스테이션 수신기에 의해 모니터링된 모든 피터의 모든 페이즈에 관해 다시 한번 서브스테이션에서 측정된, 프로브 전송(probe transmission)이라 불리는, 특별한 전송으로부터 더 양호하게 유추될 수 있다. 프로브 전송은 알려진 변조된 신호로 구성되거나, 순수 톤(pure tone)으로 구성될 수 있다. 순수 톤은 단일 톤들의 시퀀스로서 전송되거나, 순수 톤들의 하나 이상의 그룹이 동시에 전송될 수도 있다. 프로브 전송의 주파수 범위는 다른 메시지 섹션들의 주파수 범위와는 상이할 수 있다. 도 10d는 이 대역폭 변화를 나타내며, 프리앰블(1018)에 대한 한 대역폭, 데이터-베어링 메시지(1019)에 대한 또 다른 대역폭, 및 GLA 트레일러(1020)에 대한 제3 대역폭을 도시하고 있다. GLA 트레일러(1020)는 본 발명의 모든 실시예에서 존재하지는 않는데, 그 이유는 프로브 전송이 프리앰블(1018) 내에 존재하기 때문이다. 또 다른 실시예에서, 프로브 전송은 메시지에 후속하는 것이 아니라 프리앰블에 선행할 수 있다. 일반적으로, 메시지의 세그먼트들은, 순서가 수신기에게 알려지는 한, 임의의 순서로 전송될 수 있다.

[0083] 도 11은 원격 허브(1101)와 종속 원격장치(1102)를 도시하며 본 발명의 한 양태에 따른 TAN 내의 로컬 통신 경로를 나타낸다. 이 도면은 통신 모듈이 계산 및 디스플레이 모듈과 분리되지 않은 실시예를 도시한다. 원격 허브(1101)는, 요청 경로(1103)를 이용하여, PRIME 또는 G3 등의 PLC 프로토콜을 통해 각각의 알려진 종속 원격장치를 폴링할 수 있다. (상이한 PLC 프로토콜의 이용을 허용하기 위해, 이들 표준들의 특정한 용어는 여기서는 사용되지 않는다. 예로서, 본 발명의 실시예의 PLC 프로토콜이 PRIME이라면, 원격 허브는 PRIME 베이스 노드일 것이고 다른 모든 노드들은 서비스 노드일 것이다.) 폴링된 종속 원격장치(1102)는 요청된 데이터를 스마트 계측기로부터 회수하고 이것을 응답(1104)으로서 전송되는 응답으로 포맷팅한다. 원격 허브의 엣지 전송기 모듈은, 스마트 계측기 벤더마다 다를 수 있는 간단한 요청/응답 프로토콜(1105)을 이용하여, UART(1107)를 통해, 통신 모듈과 계산 및 디스플레이 보드 컴포넌트들과 통신한다. 데이터 경로(1106)는, 원격 허브와 종속 원격장치 양쪽 모두가 AMI의 멤버이며 TAN-관련된 활동을 수행하는 것 외에도 AMI 헤드엔드에 계측기 데이터를 전송할 것이라는 것을 나타낸다. 원격 허브는, TAN 관리자로서의 그 역할에 있어서, 종속 원격장치들과는 다른 방식으로 AMI 또는 다른 대안적인 통합된 채널을 이용할 수도 있다. 원격 허브만이 엣지-대-서브스테이션 채널 상에서 메시지를 전송할 수 있다. 원격 허브는 또한, AMI 등의 대안적인 통합된 송출 채널 상에서 메시지를 전송할 수 있다. 원격 허브는 추가적으로, 서브스테이션-대-엣지 채널이 AMI에 의해 제공되는지 또는 기타의 수단에 의해 제공되는지에 관계없이, 서브스테이션-대-엣지 채널로부터 데이터 블록을 수신할 수 있다. 이러한 데이터 블록은, 경고 접수확인, 펌웨어 업데이트 브로드캐스트, 및 정책 변경을 포함할 수 있지만, 이것으로 제

한되는 것은 아니다. 계측기 클록 동기화 메시지는 네이티브 AMI 프로토콜의 일부이지만, 원격 허브는 AMI가 존재할 때 계산 및 디스플레이 모듈로부터 동기화된 클록 시간을 얻을 수 있다.

[0084] 원격 허브(1101)는 복수의 동작 모드에서 기능하는 능력을 가진다. 원격 허브는 종속 원격장치로서 기능할 수도 있다. 원격 허브는 또한, 프록시 허브라 불리는, 원격 허브와 종속 원격장치의 하이브리드로서 기능할 수도 있다. 원격 허브(1101)가 먼저 설치될 때, 이것은 또 다른 원격 허브가 이미 존재하는지를 판정하기에 충분한 기간 동안 TAN 상의 PLC 주파수들을 모니터링한다. 대기 시간은, 고정된 기간 + 장치가 파워 온될 때 무작위화 기능에 의해 계산되는 추가 기간으로 구성된다. 고정된 기간은, 마스타 모드에서 동작하는 원격 허브가, 또 다른 원격 허브가 범위 내에서 동작하고 있을 경우 새로이 설치된 원격 허브에 의해 검출되는 발견 알고리즘을 실행 완료하는 것을 보장하기에 충분하다. 전형적으로, "범위 내"란 동일한 서비스 변압기에 의해 전력공급된다는 것을 의미하지만, 예외는 있다. 예외를 처리하는 수단이 이하에서 설명된다.

[0085] 제1 원격 허브가 이미 존재한다면, 원격 허브(1101)는 또 다른 원격 허브가 존재한다는 것을 스마트 계측기의 면상에서 조명(light)이나 디지털 디스플레이로 표시한다. 이 때, 설치자는 리던던트 원격 허브(1101)를 제 위치에 남겨두거나, 종속 원격 유닛으로 교체하기로 선택할 수도 있다. "스페어"로서 제 위치에 남겨진다면, 원격 허브(1101)는 계속 종속 원격장치로서 기능하고, 제1 원격 허브는 TAN에서 원격 허브와 마스타 노드로서 계속 작용한다. 어떠한 다른 원격 허브도 존재하지 않는다면, 원격 허브(1101)는 TAN 상에서 마스타 PLC 노드로서 동작하기 시작하며, 동일한 TAN 내의 임의의 종속 원격장치(1102)의 목록을 발견하고 저장한다.

[0086] 원격 허브는, 이하에서 기술되는 바와 같이 프록시 허브라 불리는 제3 모드에 진입할 수도 있다. 마스타 또는 허브 역할을 취하자마자, 원격 허브(1101)는 이용가능하다면 예를 들어 스마트 계측기 내의 AMI 로직을 조회함으로써 네트워크 시스템 시간을 얻고, 요청과 경고를 프로비저닝하기 위해 예약된 엣지-대-서브스테이션 채널 상에서 프로비저닝 요청을 포맷화, 인코딩, 및 전송한다. 서브스테이션 수신기가 프로비저닝 요청을 검출할 때, 이것은, AMI를 통해, 또는 이용가능한 온-그리드 또는 무선 서브스테이션-대-엣지 채널을 통해, 프로비저닝 응답이 전송되게 할 수 있다. 프로비저닝 데이터는 또한, 설치자에 의해 채용된 핸드헬드 장치 또는 차량식 전송기(drive-by transmitter)에 의해 원격 허브에 공급될 수 있다. 핸드헬드 장치는, 원격 허브를 프로그램하기 위해, Bluetooth, 적외선, USB, 또는 RS232 등의 개인 영역 유선 또는 무선 프로토콜을 이용한다. 서브스테이션-대-엣지 채널이 없거나 매우 제약된 본 발명의 실시예들에서, 원격 허브는 원격 허브의 유추된 그리드 위치에 대한 지식 없이 핸드헬드를 통해 프로비저닝될 수 있다. 핸드헬드 또는 차량 장치에서 동일한 단거리 프로토콜이 이용되어 펌웨어 또는 정책 업데이트를 영구적 서브스테이션-대-엣지 채널이 없는 원격 허브에 배포할 수 있다. 원격 허브 집단에 관해 동시에 정책을 활성화하거나 변경을 프로그램하는 것이 때때로 바람직하다. 원격 허브들이 개인-영역 프로토콜에 의해 업데이트되어야 한다면, 프로그래밍 장치는 원하는 미래의 활성화 시간을 각각의 원격 허브가 프로그램될 때의 상대적 대기 시간으로 변환하여, 원격 허브들이 상이한 시간들에서 프로그램되더라도, 이들이 거의 동일한 미래의 시간에서 업데이트된 프로그래밍을 활성화하도록 할 것이다. 원격 허브는 디폴트 정책으로 제조되거나, 제조 이후로서 설치 이전에 디폴트 정책으로 프리-로딩될 수 있어서, 설치시에 또는 설치에 후속하여 어떠한 정책도 제공되지 않으면, 원격 허브는 동작을 위한 규칙을 여전히 가진다.

[0087] 프로비저닝 데이터는, 원격 허브에게, 엣지-대-서브스테이션 네트워크 상의 다른 채널들의 위치와 구성, 및 이 원격 허브가 전송을 허용받는 스케줄링된 채널 상에서의 순서 또는 시퀀스 번호를 포함한, TAN을 관리하는데 필요한 정보를 제공한다. 원격 허브가 종속 원격장치를 발견할 때, 이것은 페어링 메시지를 엣지-대-서브스테이션 채널 상에서 전송하여 컴퓨팅 플랫폼에게 새로이 발견된 종속 원격장치들과 통신한다는 것을 통보한다. 페어링 메시지는, 네트워크에 의해 설정된 정책에 따라 경고 채널 상에서 또는 스케줄링된 채널 상에서 전송될 수 있다. 마스타 역할로 동작하는 원격 허브가 종속 역할로 동작하는 동일한 변압기와 페이즈 상에서 또 다른 원격 허브를 발견했을 때, 결과 페어링 메시지는 이것을 나타낸다. 그리드 맵 내에 "스페어" 원격 허브들의 존재를 포함하는 것은, 마스타 원격 허브가 고장나더라도, 스페어 원격 허브가 마스타 역할을 취하게 허용함으로써 TAN이 재구성될 수 있다는 점에서, 비용 절감과 더 신속한 복구를 제공할 수 있다. 마스타 원격 허브는, TAN을 재-프로비저닝하지 않고도 장애극복이 발생할 수 있도록 허용하기 위하여, 그 정책 정보를, 존재한다면, 스페어 원격 허브 상에 캐싱할 수 있다.

[0088] 이하에서부터, 원격 장치들을 TAN 그룹화들로 적절히 분할하기 위한 방법이 개시된다. 서비스 변압기를 통하는 신호를 다른 TAN과의 간섭을 피하도록 충분히 낮게 유지하기 위하여 PLC 전송 전력이 제어된다. 구체적으로는, 구성에서의 특별한 조정이 이하에서 설명되는 바와 같이 이루어지지 않는 한, 원격 허브는 원격 허브와 동일한 서비스 변압기의 동일한 페이즈 상의 종속 원격장치들로부터만 데이터를 풀링하고 수집해야 한다. 그러나, 일

부 그리드 상의 소정 장소에서는, PLC 표준 전력 및 주파수에서, 원격장치 내의 PLC 트랜시버는 동일한 서비스 변압기의 다른 페이즈 상의, 또는 심지어 인접하거나 근처의 서비스 변압기 상의 종속 원격장치 및 원격 허브를 발견할 수도 있다는 것이 일어날 수 있다. 본 발명의 이 양태에서, 검출가능한 원격장치들은 가능하다면 분할되어, 각각의 TAN이 정확히 하나의 마스타 원격 허브와 모든 종속 원격장치들, 또는 종속 원격장치로서 동작하는 원격 허브들을, 동일한 서비스 변압기의 동일한 페이즈 상에서 포함하고, 상이한 페이즈 또는 상이한 서비스 변압기 상에 있는 임의 유형의 어떠한 원격장치도 포함하지 않게 할 수 있다.

[0089] 본 발명의 한 실시예에서, 원격 허브의 PLC 프로토콜 스택은, 부근의 다른 노드들이 응답하게 하는 비컨 톤 (beacon tone)이나 메시지의 전송을 포함하는 그 발견 프로세스를 실행한다. 처음 이것이 실행될 때, 표준 초기 전력 레벨이 이용된다. PLC 프로토콜 스택 위에서 동작하는 원격 허브의 TAN 관리층은 임의 유형의 발견된 원격장치들의 목록을 얻는다. 그 다음, 원격 허브의 엣지 전송기를 채용하여, 파일럿 신호가 서비스 변압기의 고전압측 상에서 검출되지 않을 정도로 충분히 낮은 진폭과 높은 주파수에서 파일럿 신호를 전송한다. (이 파일럿 톤은 PLC 발견 비컨과 동일하지 않다.) 파일럿 신호는 전송기가 존재하는 페이즈의 기본 전력의 제로 교차에서 시작한다. 파일럿 신호를 검출하는 (임의 유형의) 다른 원격장치들은 수신된 신호가 수신측 원격장치들이 존재하는 페이즈의 제로 교차에서 시작했는지를 판정하기 위해 테스팅한다. 만일 그렇다면, 수신측 원격장치는 긍정적 응답을 PLC 채널 상에 전송하고 파일럿 톤을 전송한 원격 허브의 신원을 기록한다. 파일럿 전송기와 동일한 페이즈 상의 또 다른 원격 허브는 종속 원격장치 모드로 진입하고 스페어로서 간주될 것이다. 다른 페이즈 상의 종속 원격장치들은 파일럿 톤에 응답하지 않는다. 파일럿 톤을 검출하지만 상이한 페이즈 상에 있는 원격 허브는 부정적 응답을 전송한다. 전송측 원격 허브는 그 응답을 이용하여 PLC 발견 프로세스에 의해 자동으로 발견된 TAN 장치들의 인벤토리를 업데이트하여, 그 흠 페이즈 상의 종속 원격장치와 스페어들의 목록, 및 동일한 서비스 변압기의 다른 페이즈들 상의 원격 허브들의 목록을 기록한다. 부정적 응답도 긍정적 응답도 전송하지 않은 원격 허브들은 또 다른 서비스 변압기 상에 있는 것으로 여겨진다. 이러한 경우가 존재한다면, PLC 발견 비컨에 대한 "초기" 전력 레벨(진폭)의 값은 감소되어, 다음번에 전체 발견 프로세스가 실행될 때, 다른 서비스 변압기 상의 임의의 원격장치가 응답할 가능성이 더 적어지게 할 것이다.

[0090] 그 다음, 파일럿 톤을 전송한 첫 번째 원격 허브는, 부정적 응답자의 목록, 즉, 상이한 페이즈 상의 원격 허브들의 목록을 검사한다. 이것은 하나의 이러한 두 번째 원격 허브를 선택하고 PLC 프로토콜을 통해 그 자신의 파일럿 톤을 전송할 것을 명령한다. 서비스 변압기 상의 적어도 모든 노드들의 여전히 마스타 노드인, 제1 원격 허브는 결과의 긍정 및 부정 응답을 수집하고 그 인벤토리와 분할 테이터를 업데이트한다. 이 때, 제2 원격 허브와 동일한 페이즈 상의 임의의 스페어 원격 허브도 역시 종속 원격장치 모드에 진입했고, 제1 원격 허브는 이제 페이즈에 따라 원격 허브들의 완전한 분할을 가지며, 제3 페이즈 상의 원격 허브들은, 존재한다면, 제1 원격 허브에게 부정적 응답을 전송하는 원격 허브들과 제2 원격 허브에게 부정적 응답을 전송하는 원격 허브의 교차부이다.

[0091] 제3 페이즈가 존재한다면, 제1 원격 허브는 이제 제3 페이즈로부터 제3 원격 허브를 선택하고 PLC 프로토콜을 통해 파일럿 톤을 전송하고 수신한 부정적 및 긍정적 응답의 목록을 반환할 것을 지시한다. 이 때, 긍정적 응답은 서비스 변압기 상의 모든 종속 원격장치로부터 수신되었을 것이고, 서비스 변압기 상의 모든 장치의 페이즈와 모드는 알려지며, 각각의 단일-페이즈 TAN에 대한 잠재적 마스타 원격 허브가 식별되었다. 추가적으로, 변압기 영역 외부로부터 원래의 PLC 발견 프로세스에 응답한 임의의 노드가 식별되었다.

[0092] 이제 제1 원격 허브는 그 PLC 전송 진폭을 매우 낮은 레벨로 설정하고 각각의 원격장치를 폴링한다. 이 제1 진폭은 너무 낮아서 어떠한 원격장치도 응답하지 않아야 한다. 제1 원격 허브는, 이상적으로는, 동일한 페이즈 상의 모든 원격장치가 응답하고 또 다른 페이즈 상의 어떠한 원격장치도 응답하지 않을 때까지, 그 전송 진폭을 증가시킨다. 제1 원격 허브는 이 낮은 임계치 레벨을 기록한 다음, 또 다른 페이즈 상의 원격장치가 응답할 때까지 진폭을 계속 증가시킨다. 제1 원격 허브는 이것을 그 높은 임계치 레벨로서 기록한다.

[0093] 이제 제1 원격 허브는 PLC를 통해 제2 원격 허브에게 그 페이즈에 대한 PLC 마스타 노드의 역할을 맡는 것을 시도하도록 명령하여, 그 명령 내에 낮은 및 높은 임계치 진폭을 전송한다. 이것은 분할 명령(partitioning command)이라 불린다. 제2 원격 허브는 PLC 전송 진폭을 낮은 임계치 진폭으로 설정하고, 그 PLC 스택을 마스타 노드로서 재시작하여, 그 자신의 PLC 발견 프로세스를 수행한다. 제2 원격 허브가 그 자신의 페이즈 상의 모든 종속 원격장치 및 스페어들을 발견하고 임의의 다른 페이즈 상에서는 아무런 노드도 발견하지 않는다면, 단일-페이즈 TAN의 마스타가 되었고 분할 단계는 성공했다. 그렇지 않다면, 이것은 그 PLC 전송 진폭을 높이고 분할 단계가 성공할 때까지 프로세스를 반복한다. 제2 원격 허브가 그 페이즈 상에서 모든 원격장치를 발견하지 않고 높은 임계치 진폭에 도달하거나, 임의의 진폭에서 어떠한 더 낮은 진폭도 동일한 페이즈 상의 모든 원

격장치를 발견하지 않을 때 상이한 페이즈로부터의 원격장치가 발견된다면, 분할 명령은 실패했다. 제1 및 제2 원격 허브들은 PLC를 통해 더 이상 통신할 수 없으므로, 제2 원격 허브는 그 옛지 전송기를 이용해 제1 원격 허브에 의해 검출가능한 상태 비컨을 전송함으로써 제1 원격 허브에 분할 명령의 실패를 시그널링한다.

[0094] 제1 원격 허브가 제2 원격 허브로부터 어떠한 실패 비컨도 검출하지 않고, 제3 페이즈가 존재한다면, 제1 원격 허브는, 분할 명령을, 설명된 바와 같이 분할 단계를 실행하는 제3 원격 허브에 전송한다.

[0095] 제1 원격 허브가 실패 비컨을 수신하지 않고 존재하는 다른 페이즈들을 분할했다면, 스스로 분할 단계를 실행한다. 제1 원격 허브의 분할 단계가 성공적이면, 서비스 변압기는, 도 12a에 도시된 바와 같이, 3개의 단일-페이즈 TAN으로 성공적으로 분할된다. 본 발명의 또 다른 실시예에서, 제2 및 제3 원격 허브는 실패 비컨 및 성공 비컨을 채용할 수 있다. 성공 비컨의 이용은 분할 단계를 완료하는데 요구되는 시간을 단축시킬 수 있다.

[0096] 이제, 3-페이즈 서비스 변압기와 이 변압기가 전력을 공급하는 계측기의 간소화된 개략도인 도 12a를 참조한다. 이 서비스 영역은, 서비스 변압기의 각 페이즈마다 하나씩, 3개의 TAN(1204, 1205, 및 1206)을 포함한다. 각각의 TAN은 원격 허브(1202) 및 제로 또는 그 이상의 종속 원격장치(1203)를 포함한다. 임의의 종속 원격장치는 실제로 스파어 원격 허브일 수 있다. 도 12a는 상기에서 설명된 발견 및 분할 알고리즘을 따르는 3-페이즈 변압기에 의해 전력공급받는 원격장치들의 적절한 분할을 나타낸다.

[0097] 발견 및 분할 알고리즘의 상기 설명으로부터 명백한 바와 같이, 소정의 멀티-페이즈 변압기의 경우 서비스 변압기 상의 원격장치들을 단일-페이즈 TAN들로 깔끔하게 분할하는 어떠한 PLC 전송 주파수 세트도 없는 것이 가능하다. 분할 알고리즘이 임의의 단계에서 실패할 때, 제1 원격 허브는 서비스 변압기의 모든 페이즈 상의 모든 원격장치들을 포함하되, 서비스 변압기 상에 있지 않은 어떠한 원격장치도 포함하지 않는 멀티-페이즈 TAN의 형성을 시도한다. 이제, 멀티-페이즈 TAN을 나타내는 도 12b를 참조한다. 제1 원격 허브는 서비스 변압기의 임의의 페이즈 상의 모든 원격장치의 인벤토리를 이미 가지고 있고, 또한 각 페이즈 상의 노드가 원격 허브들이라는 것을 알고 있다는 점을 상기한다. 이전에 기록된 "초기" PLC 전송 진폭에서 시작하여, 제1 원격 허브는 PLC 발견 프로세스를 개시한다. 상이한 서비스 변압기 상에 있는 임의의 원격장치가 발견된다면, 제1 원격 허브는 PLC 전송 진폭을 낮추어, "초기" 진폭의 오래된 값을 대체하며, 발견 프로세스를 재시작하여, 이것을 서비스 변압기 상에 있는 것으로 알려진 원격장치들 전부만이 발견될 때까지 반복한다. 이전에 결코 검출되지 않았던 새로운 원격장치가 발견된다면, 상기의 파일럿 비컨 방법을 이용하여 새로운 원격장치의 페이즈와 이것이 제1 원격장치와 동일한 서비스 변압기 상에 있는지를 판정한다. 제1 원격 허브와 동일한 서비스 변압기 상의 모든 원격장치들만을 발견하는 어떠한 전송 진폭도 찾을 수 없다면, 제1 원격 허브는 옛지-대-서브스테이션 채널 상에서 곤경 경고(distress alert)를 전송하고, 서비스 변압기 상의 일부 노드들이 무응답이더라도, 서비스 변압기 외부에서 어떠한 노드도 발견하지 않는 가장 높은 진폭에서 TAN을 구성한다.

[0098] 그리드 맵에 의존하는 그리드 위치 인식 및 에너지 관리 애플리케이션이 효과적이기 위해, 프로브 전송은 서비스 변압기의 각 페이즈로부터 발생해야 한다. 이를 달성하기 위해, 도 12b에서는 마스터인 제1 원격 허브(1202)는, 제2 (및 존재한다면, 제3) 원격 허브(1208)들에게 명령을 전송하여, 이들이 프록시 허브로서 동작하게 한다. 프록시 허브는, 원격 허브가 프록시 허브의 옛지 전송기를 제어하는 것을 허용하는 그 마스터 원격 허브로부터의 소정 명령에 응답한다는 점을 제외하고는, TAN 상에서 종속 원격장치처럼 거동한다. 원격 허브(1202)는, 보통은 프록시 허브(1208)에 의해 실행되는 옛지-대-서브스테이션 프로비저닝 정책을 저장한다. 원격 허브(1202)는, 종속 원격장치를 풀링하는 것, 업데이트를 배포하는 것, 및 존재하는 모든 페이즈 상의 프록시 허브를 포함한 원격장치에 대해, 유도된 결과를 계산하는 것과 같은 모든 TAN 관리 활동을 실행한다. 프록시 허브가 옛지-대-서브스테이션 전송을 송신할 시간에, 제1 원격 허브(1202)는 적절한 메시지를 포맷하여 이를 TAN을 통해 프록시 허브에 전송한다. 그 다음 프록시 허브는 메시지를 옛지-대-서브스테이션 채널 상에서 재전송한다. 이런 방식으로, 옛지-대-서브스테이션 전송은, TAN 마스터가 상이한 페이즈 상에 있더라도, 항상 정확한 페이즈 상에서 전송된다.

[0099] 상기에서 개시된 분할 및 발견 방법들은 PRIME 등의 표준-기반의 PLC 프로토콜 스택을 수용하도록 설계된다. 대안적인 단거리 PLC 프로토콜 스택의 이용은 이 방법들에 대한 사소한 수정을 요구할 수 있다. 프로토콜 스택의 하위층들에 대한 맞춤화가 허용가능한 경우 더 직접적인 방법도 역시 이용될 수 있다.

[0100] 원격 허브의 채널 관리 능력의 또 다른 양태는, 원격 허브가 가변 데이터를 포함하지 않고 반복적으로 전송될 수 있는 소정의 메시지를 사전-변조하고 저장할 수 있다는 것이다. 사전-기록가능한 메시지의 예로서는, 프로비저닝 요청 및 세그, 과전압 등의 상태에 관한 표준 경고 등의, 프로비저닝 채널 상에서 전송된 메시지가 포함된다. 이 전략은 원격 허브에서의 계산력(computing power)을 절감한다. 칩, 채널 배치, 보 레이트(baud

rate), FEC 레이트, 및 대역폭에서의 변화 등의 정책 변화가 발생할 때, 사전-변조된 기록이 폐기되고 재계산될 필요가 있을 수 있다. 이것은, 엣지 전송기의 마이크로제어기 CPU가 스캐줄링된 메시지를 준비하느라 분주하지 않은 유휴 기간 동안에 이루어질 수 있다. 이것을 수용하기 위해, 이러한 정책 변경은 즉각적으로 시행되는 것이 아니라 알려진 미래의 시간에 시행되도록 미리 발표될 수 있다.

[0101] 일부 실시예에서, 원격 허브는 GLA 스마트 계측기 내에 통합되지 않고, 대신에, 커뮤니케이션 브로드캐스터, 스텝-다운 변압기, 전압 조정기, 스토리지 배터리, 로컬 제너레이터, 또는 스위치 세트 등의, 중간 전압 배전 그리드의 또 다른 피쳐와 연관될 수 있다. 원격 허브는 이 피쳐와 연관된 로컬 또는 원격 제어되는 SCADA 시스템과 통합될 수 있다. SCADA 시스템은 이런 방식으로 이용되는 원격 허브를 프로비저닝하기 위한 엣지-대-서브스테이션 채널을 제공하거나, 스마트 계측기 내의 원격 허브와 연관된 엣지-대-서브스테이션 채널은 또한 이러한 피쳐-기반의 원격 허브와 통신하도록 동작할 수 있다. 이러한 원격 허브는 서브스테이션 수신기의 소정 버전을 병합하고 그리드 피쳐를 그리드 피쳐에 전기적으로 및 도식적으로 종속된 다른 원격 허브들과 연관시키는 페어링 메시지를 전송하도록 동작할 수 있다. 원격 허브는 또한, 전기 콘센트에 플러깅되는 단독형 장치로서 구현될 수 있다. 한 형태의 서브스테이션 수신기는 추가적으로 이러한 중간 전압 그리드 피쳐들, 또는 중간 전압 배전 그리드 상의 임의의 중간 지점과 연관될 수 있다. 이러한 중간 수신기는, 어느 변압기 영역 네트워크가 연관된 중간-전압 그리드 피쳐에 의해 영향받는지에 관한 정보를 수집할 수 있다. 이러한 2차 수신기와 원격 허브의 조합이 채용되어, 스위치 또는 릴레이를 이용하여 마이크로그리드를 격리하거나 복수의 서브스테이션 상의 부하를 밸런싱하거나, 또는 전압 조정기 상의 세트-포인트를 변경하는 등의, 중간 그리드 피쳐들을 제어할 수 있다.

[0102] 본 발명의 추가 양태에서, 원격 허브는 전송을 위한 국지적으로 최적의 조건을 판정하기 위해 라인 측정을 실행할 수 있다. 원격 허브는 주입된 신호의 진폭을 변화시키는 옵션을 항상 가지며, 추가적으로 전송의 데이터 베어링 세그먼트의 주파수 대역을 변화시키는 옵션을 가질 수 있다.

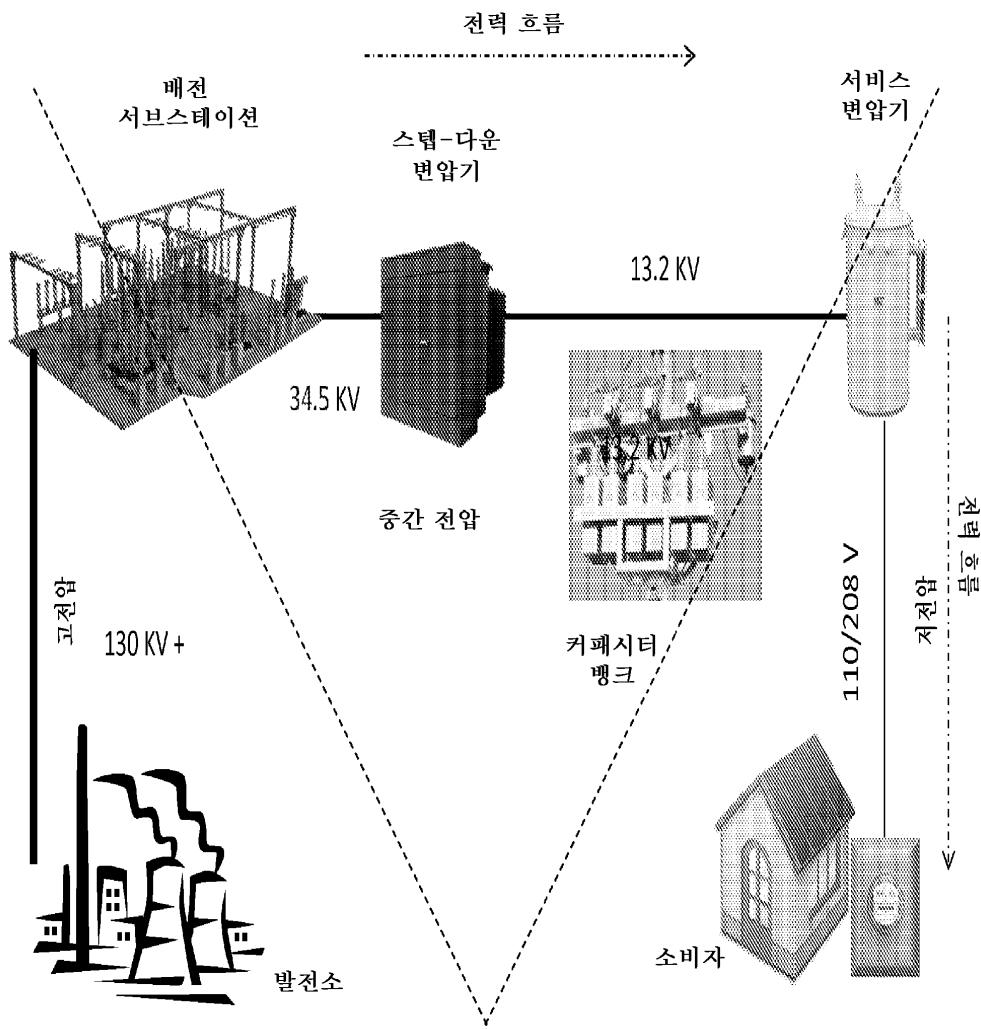
[0103] 측정을 수행하기 위해, 원격 허브는, 순수 톤의 시퀀스 또는 동시 조합을 전송한다. 이들 톤들은 실제의 메시지 전송과는 독립적일 수 있고, 또는 이들은 메시지 프리앰블에 병합될 수도 있다. 프리앰블의 대역폭은 전송의 데이터-베어링 세그먼트의 대역폭과는 상이할 수 있다는 점을 상기한다. 데이터 베어링 세그먼트의 주파수 대역을 선택할 기회가 있다면, 톤들은 전체의 가용 스펙트럼에 이를 수 있어야 한다. 톤들이 전송될 때, 요청된 전압에서 생성된 전류가 측정된다. 요청된 전압과 생성된 전류간의 관계가 각각의 주파수에서 계산된다. 결과는 각각의 주파수에 대한 원격 허브에서의 그리드의 라인 임피던스에 비례할 것이다. 이것은, 원격 허브가, 가용 주파수 대역 내의 각 주파수에서 원하는 전류를 생성하고, 이용할 주파수 대역들의 선택이 있다면, 원하는 전류를 달성하기 위해 최소의 전압을 요구하는 주파수 범위를 선택하기 위해 얼마나 많은 구동 전압이 요구되는지를 결정하는 것을 허용한다. 서브스테이션-대-엣지 채널이 이용가능하고 충분한 용량을 갖는 일부 실시예들에서, 컴퓨팅 플랫폼은 때때로 수신된 메시지에 대한 서브스테이션 수신기로부터의 피드백을 전송할 수 있다. 이것은 원격 허브가 그 측정 프로세스를 개선하고 캘리브레이션하는 것을 허용할 수 있다. 이 피드백의 결과는 메시지 성공률을 개선시키기 위한 개별 원격 허브 및/또는 전체의 채널의 슬롯 할당 및/또는 변조 방법을 변경하는 것을 포함할 수 있다.

[0104] 본 발명의 상기 설명은 예시와 설명의 목적으로 제공되었고, 본 발명을 철저히 빠짐없이 드러내거나 개시된 형태 그대로로 제한하기 위한 것이 아니다. 명백히, 전술된 교시에 비추어 많은 수정과 변형이 가능하다. 본 발명의 원리와 그 실제적 적용을 최상으로 설명함으로써 통상의 기술자가 다양한 실시예의 본 발명을 고려중인 특정한 이용에 적합한 다양한 수정을 가하여 최상으로 이용할 수 있도록 하기 위하여, 실시예들이 선택되고 설명되었다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구범위에 의해 정의되어야 한다.

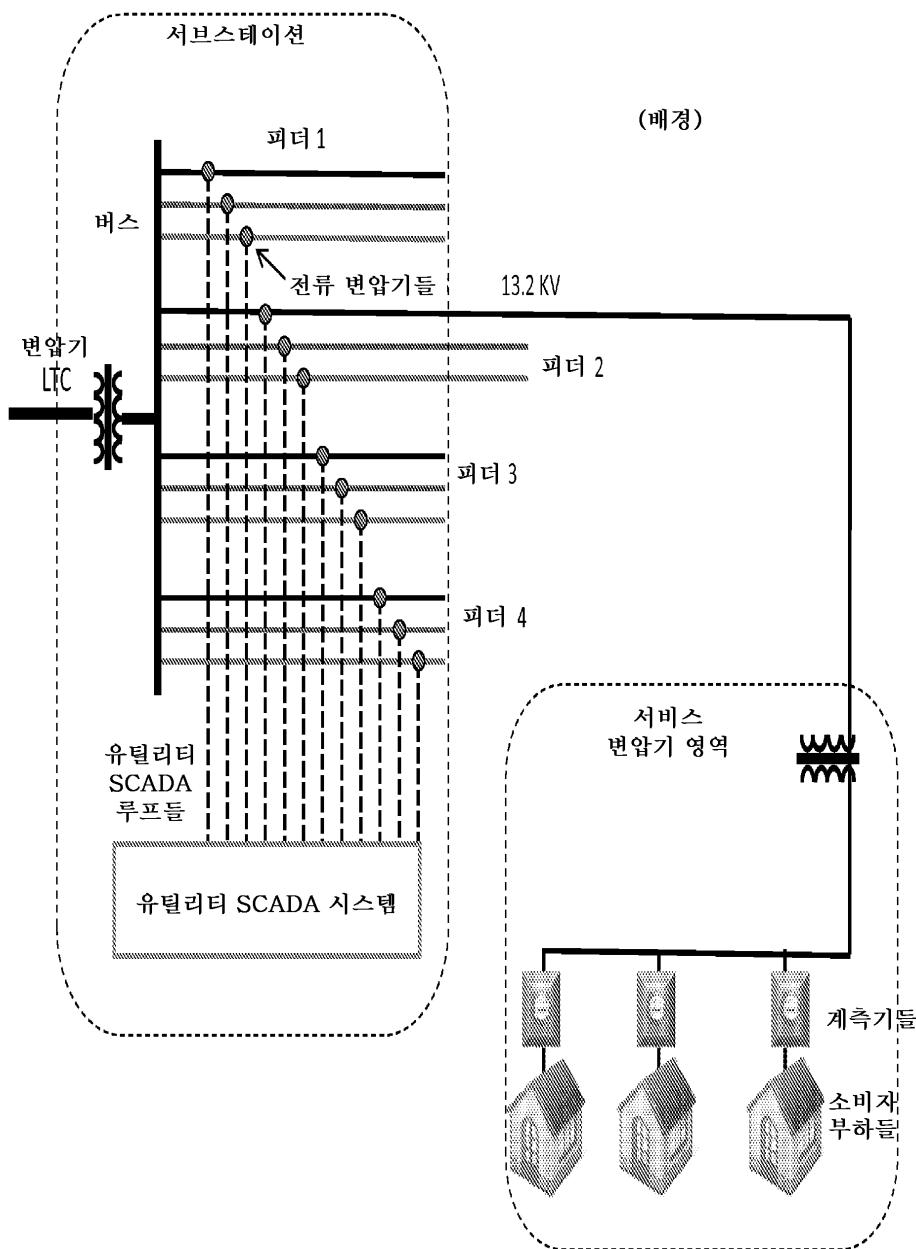
도면

도면1

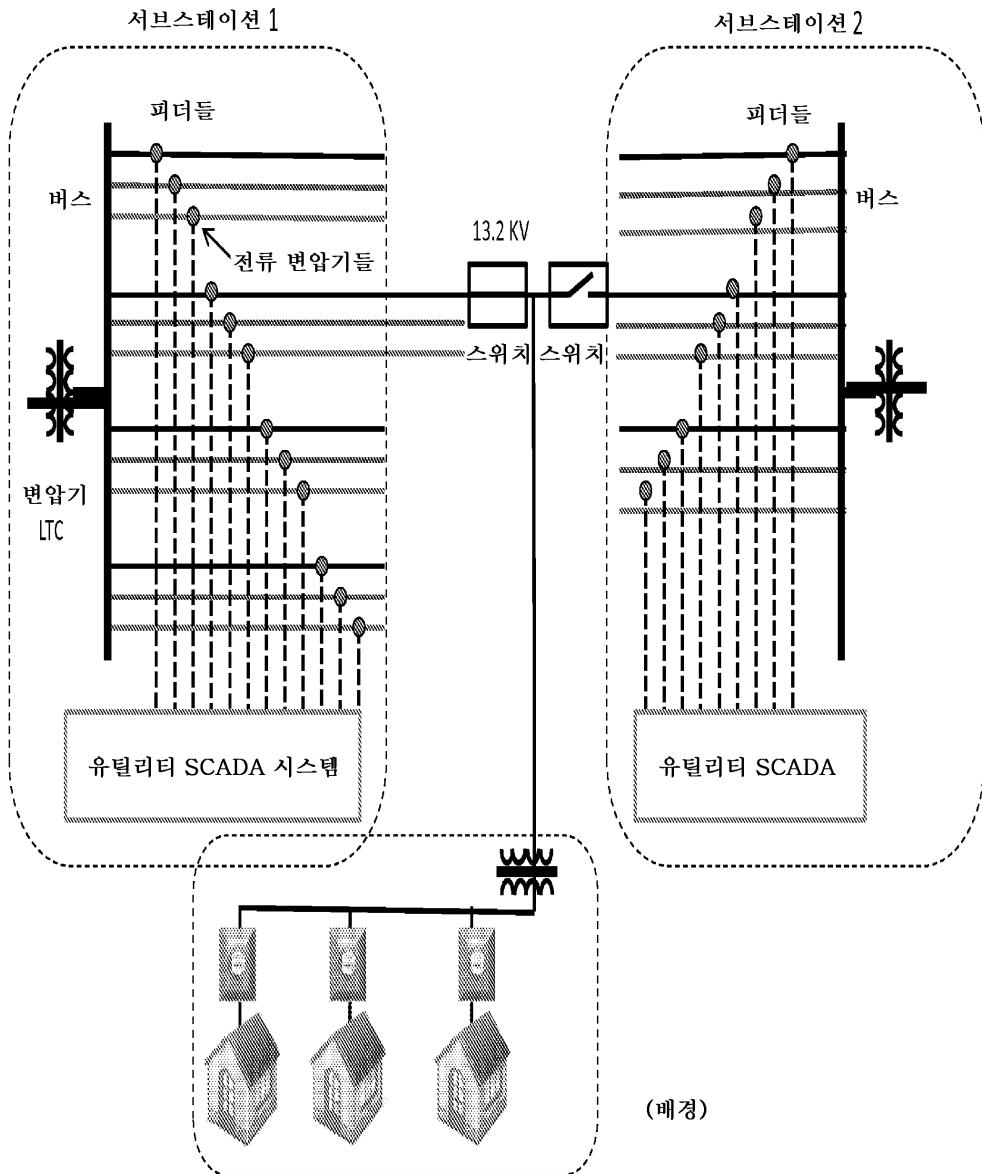
(배경)



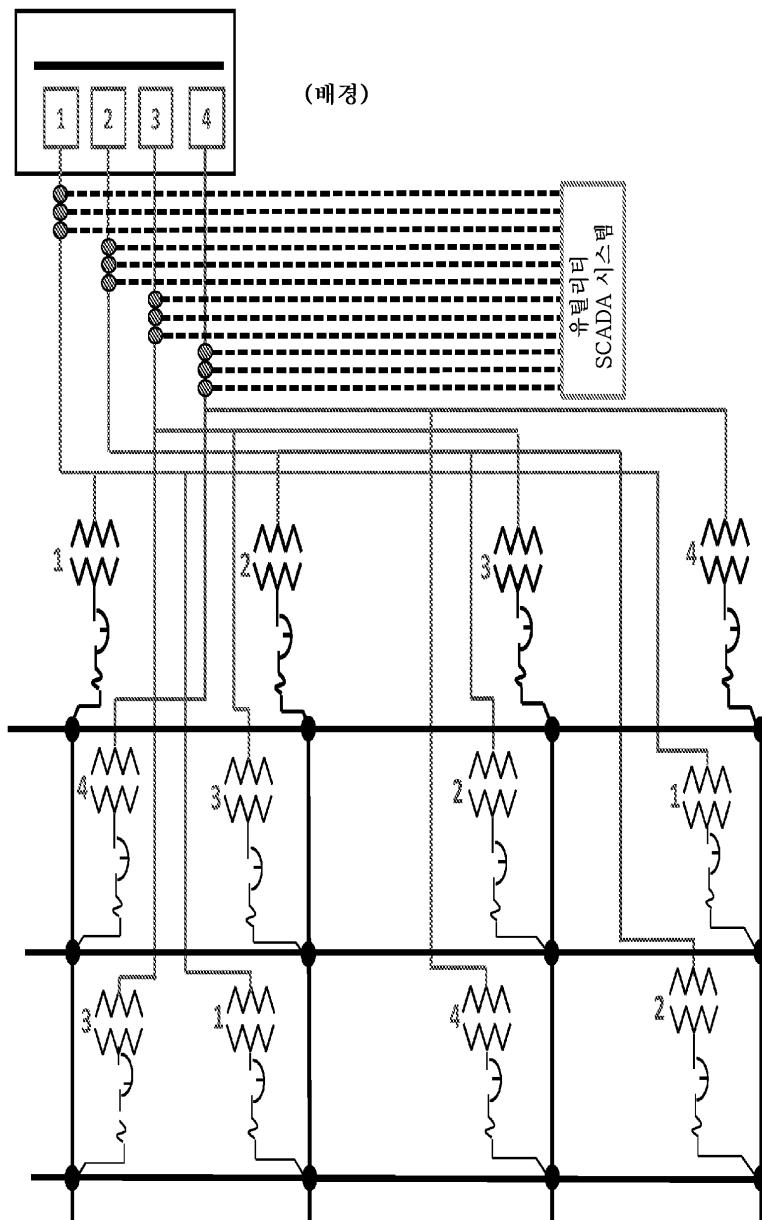
도면2a



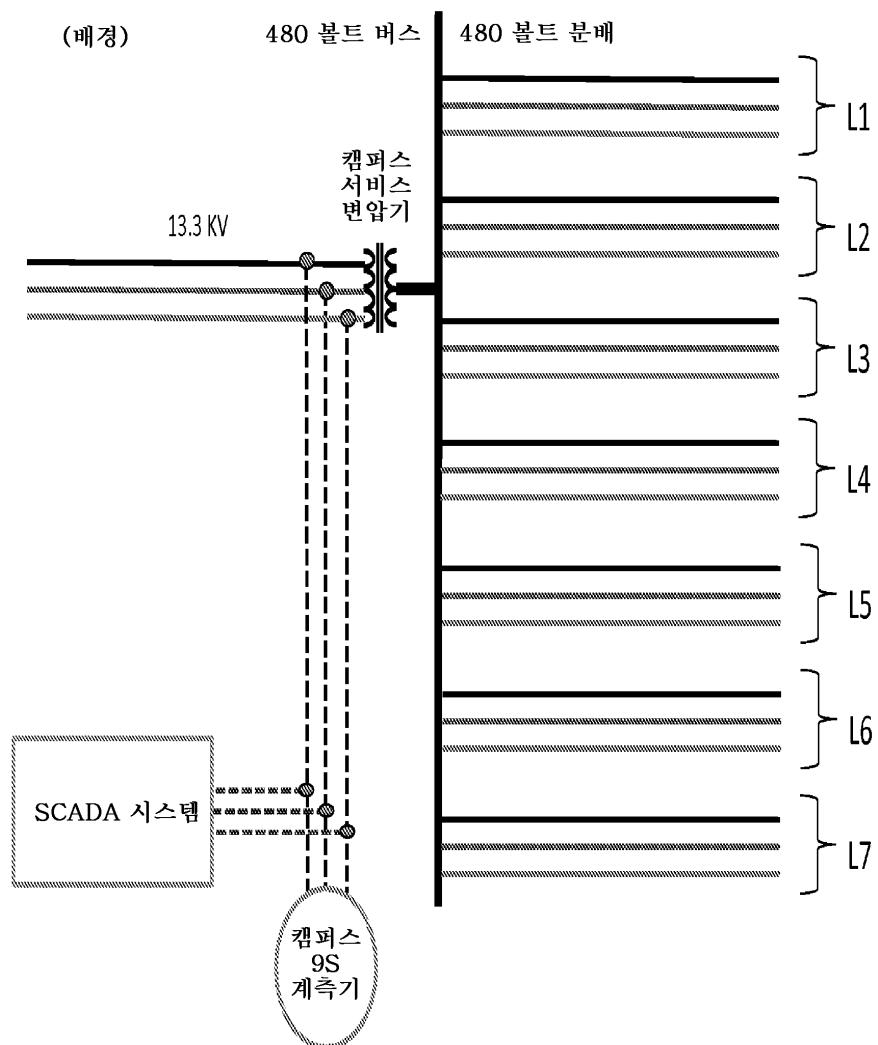
도면2b



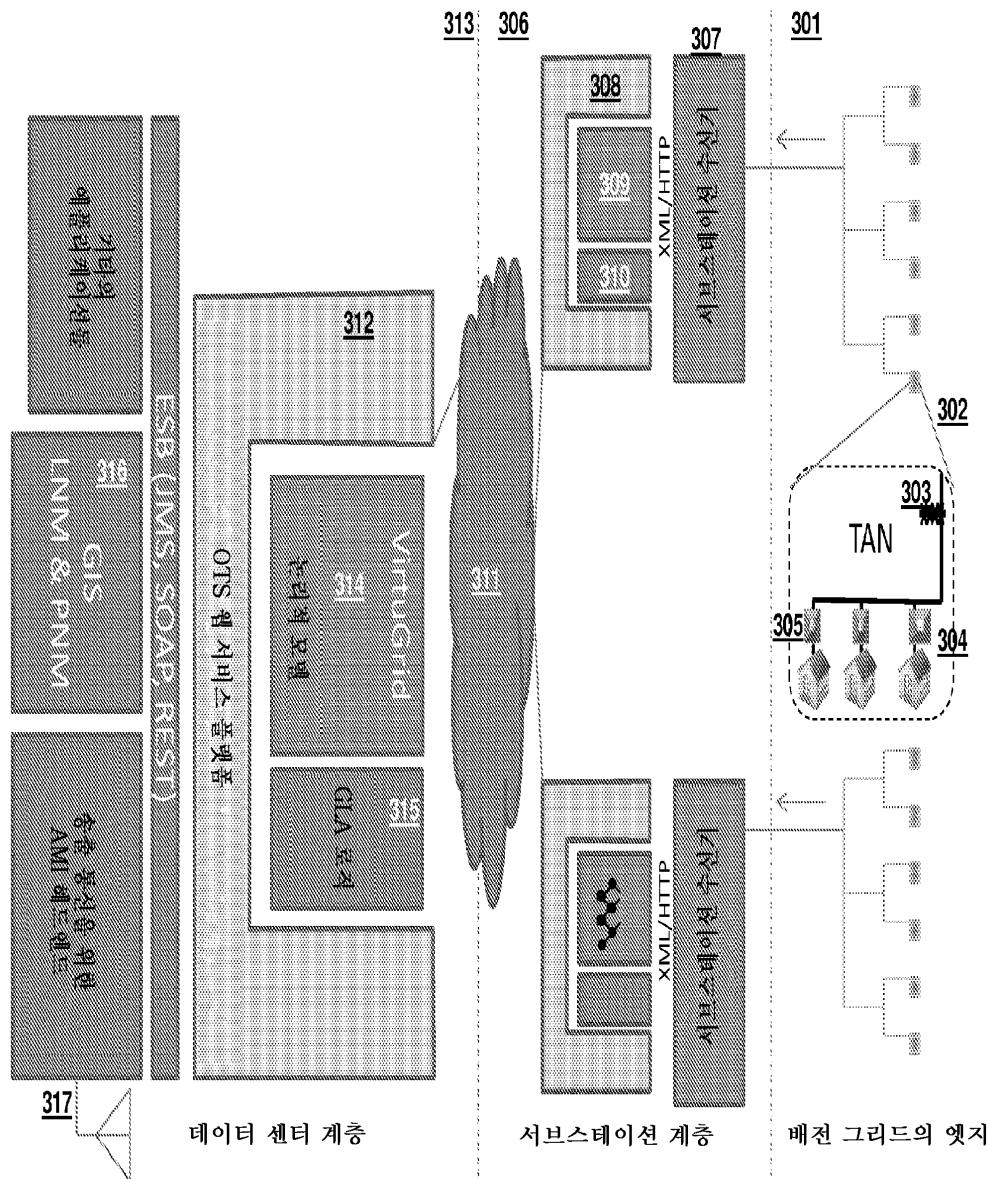
도면2c



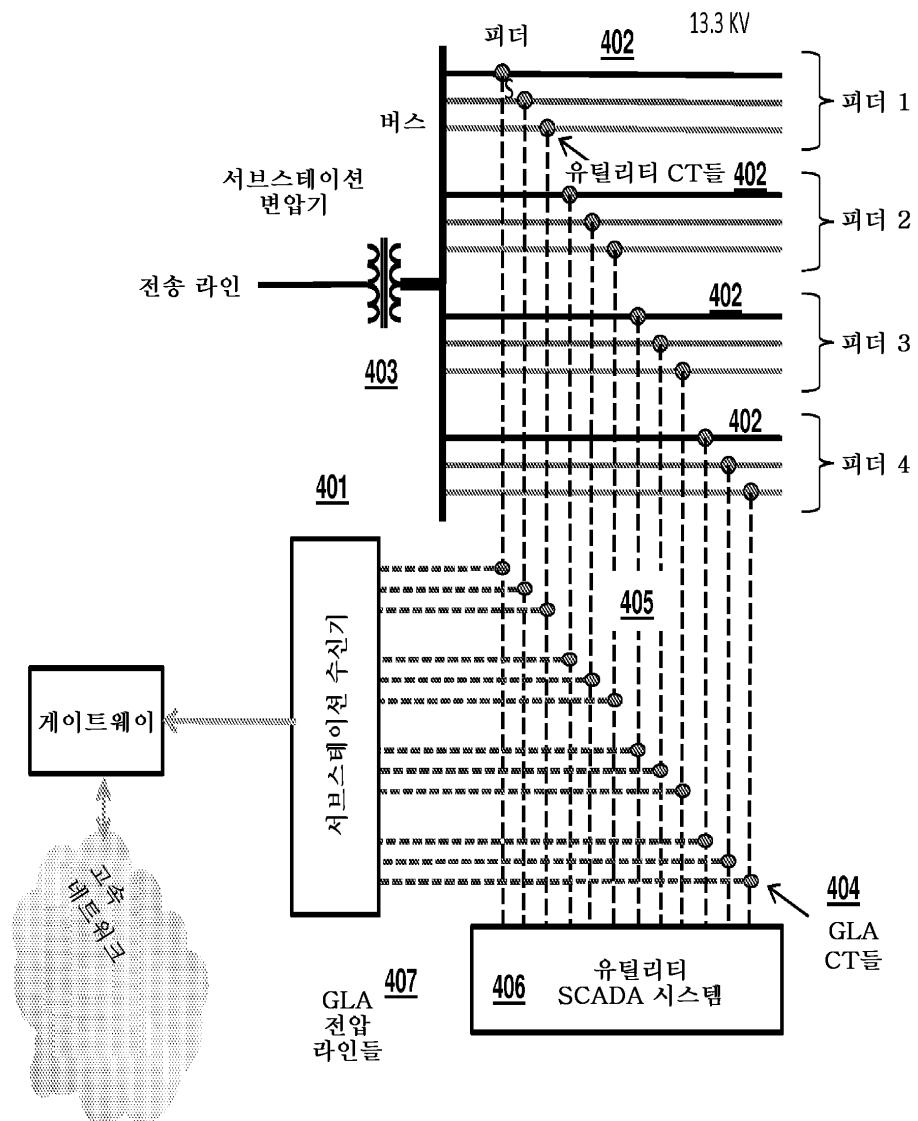
도면2d



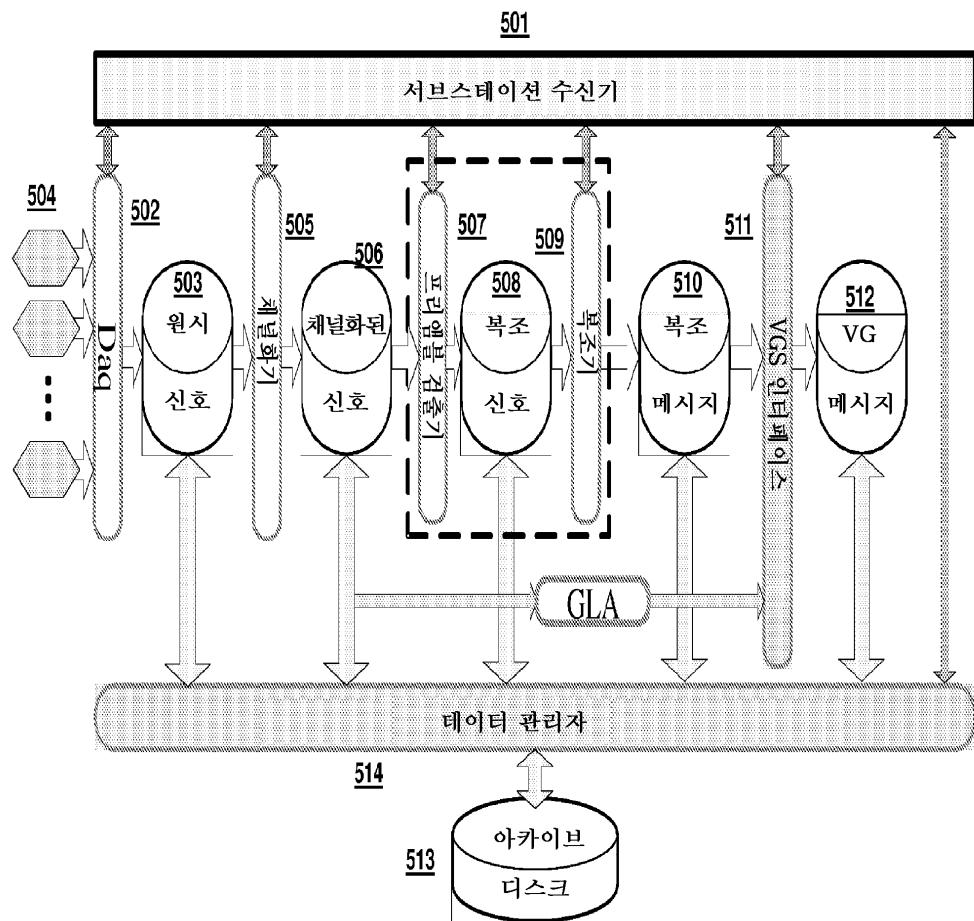
도면3



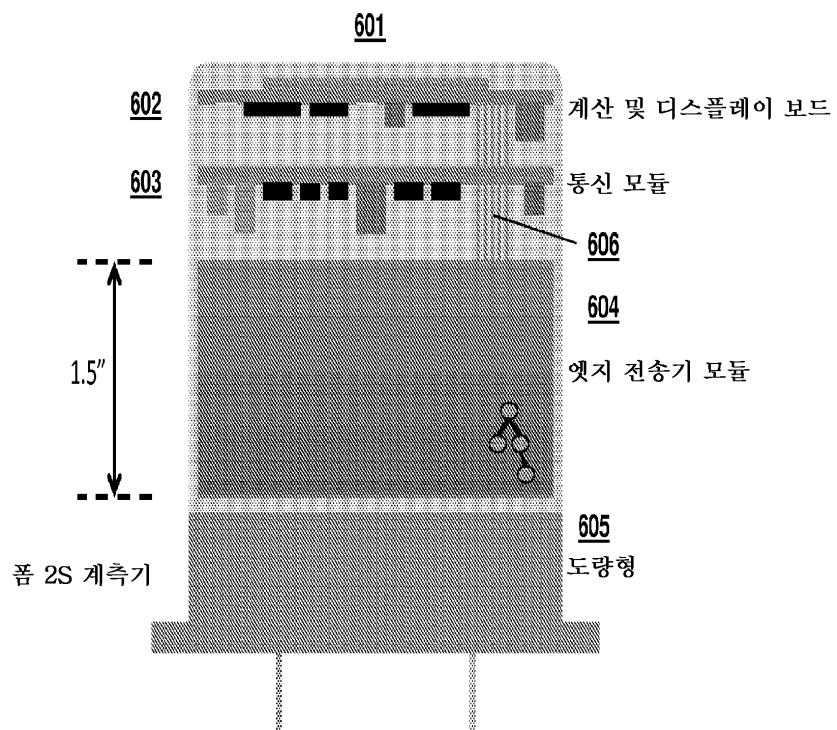
도면4



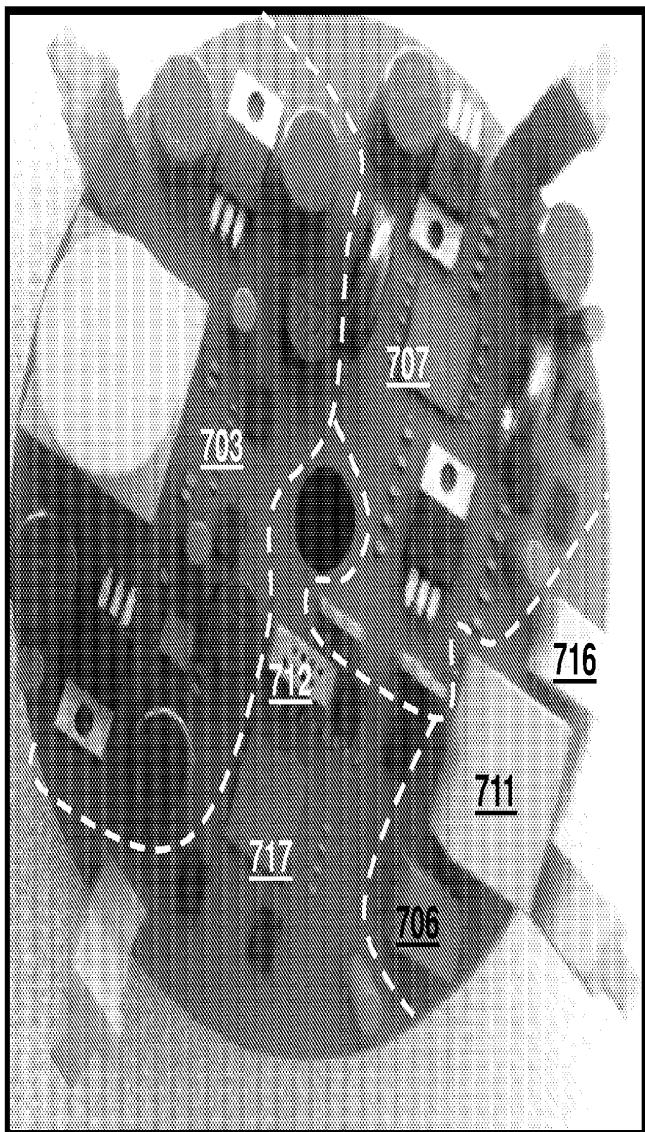
도면5



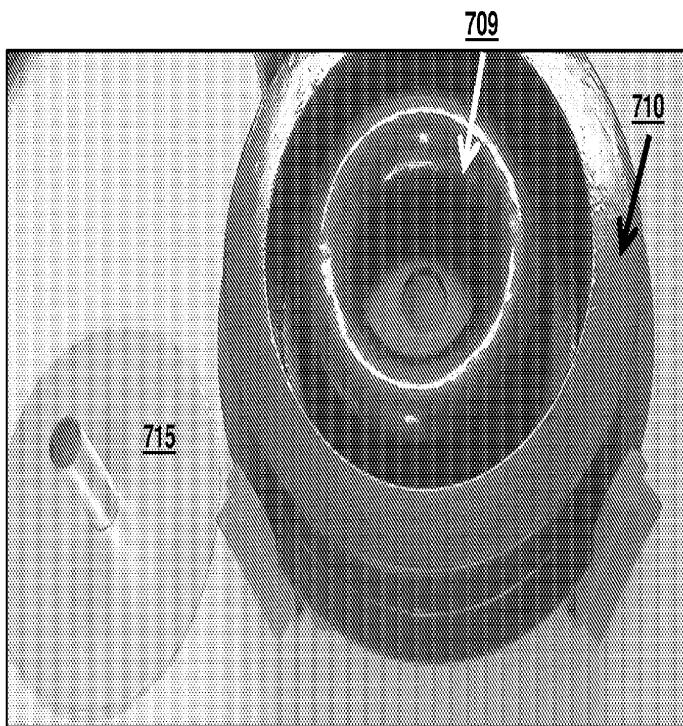
도면6



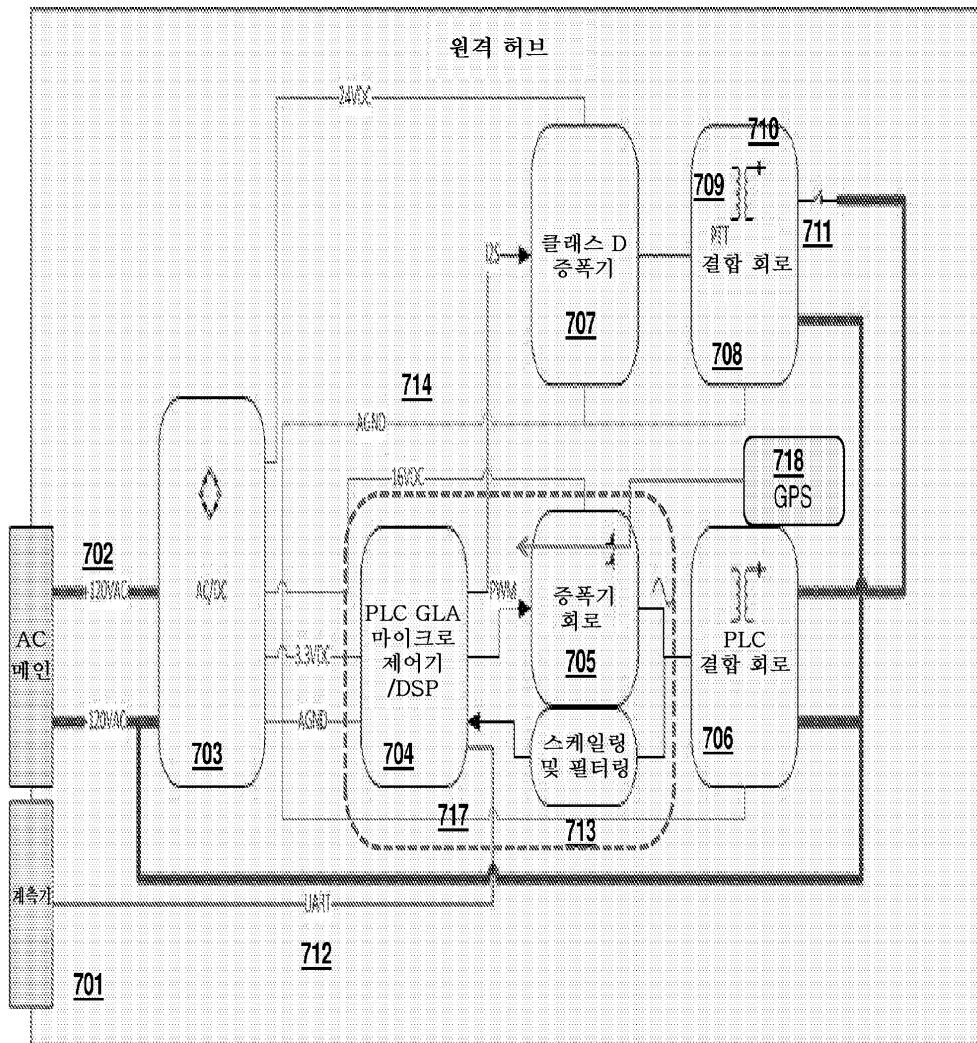
도면7a



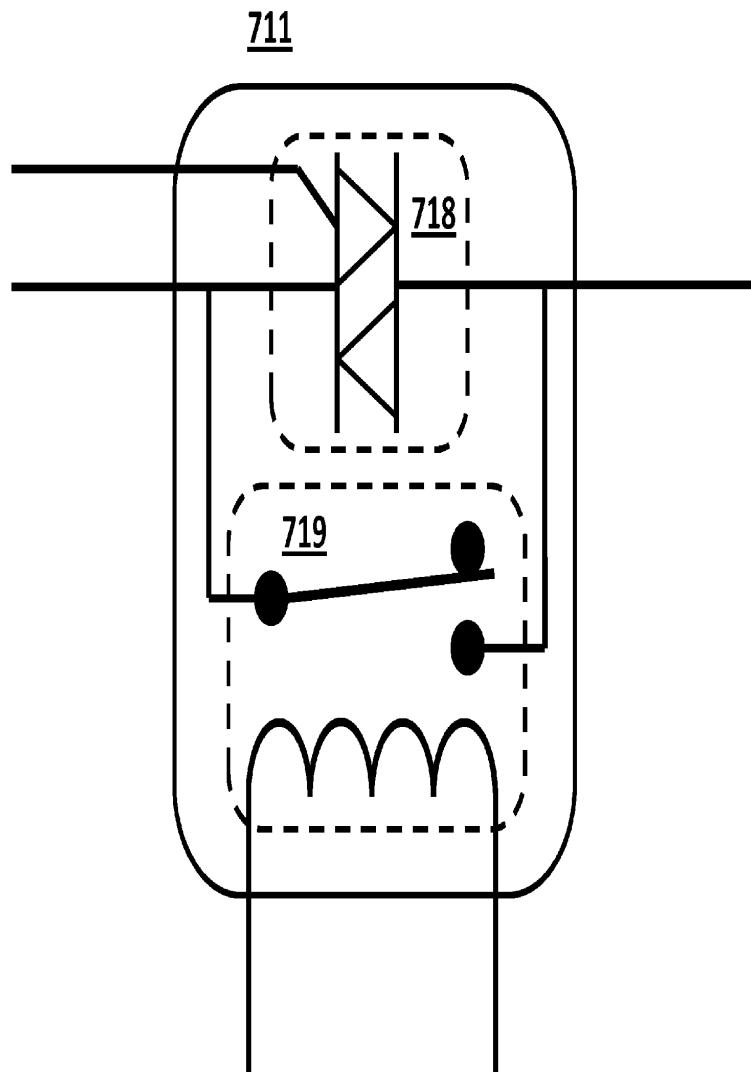
도면7b



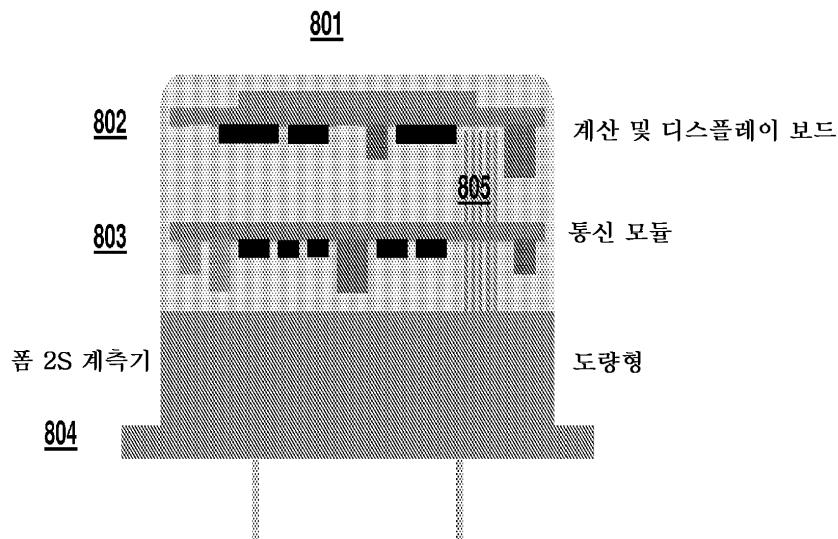
도면7c



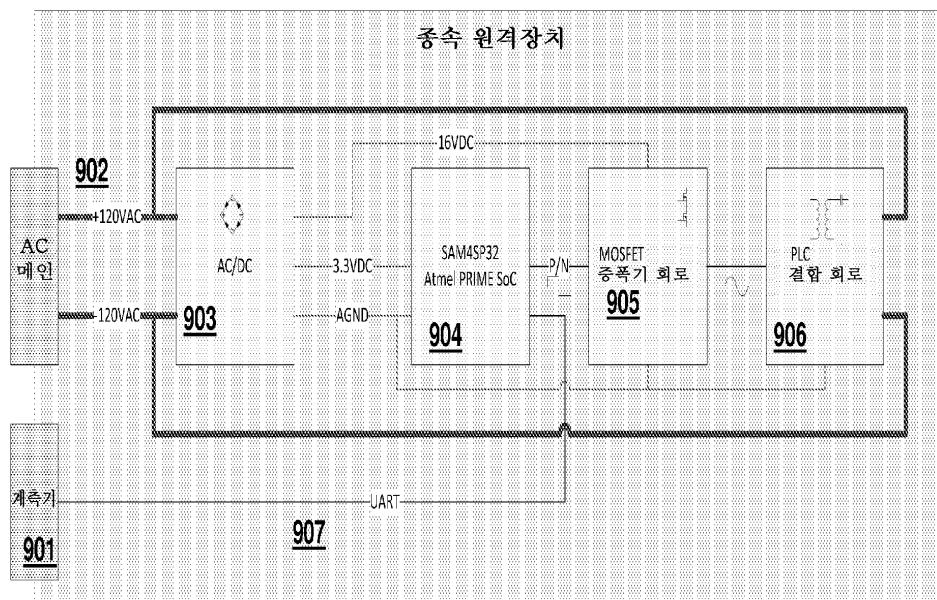
도면7d



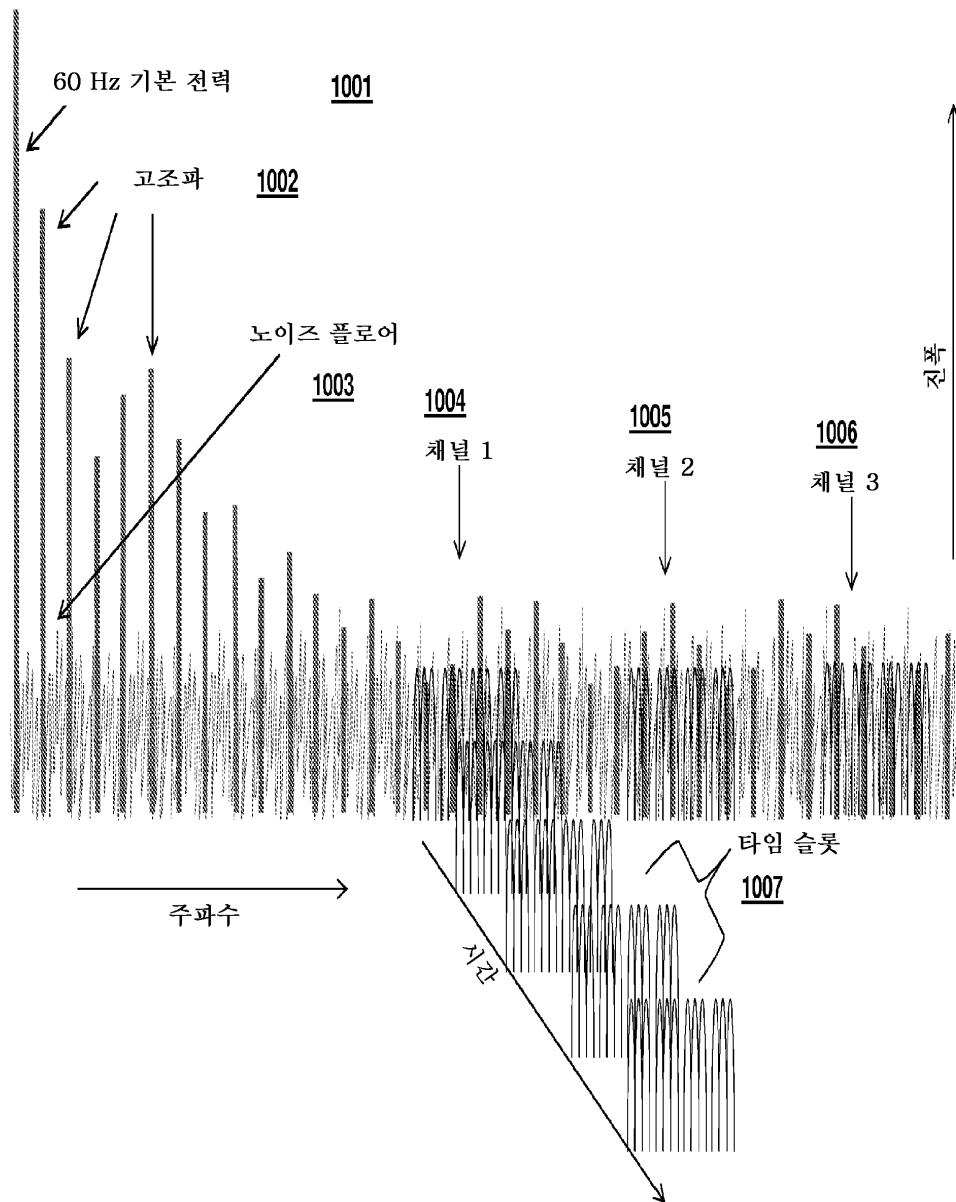
도면8



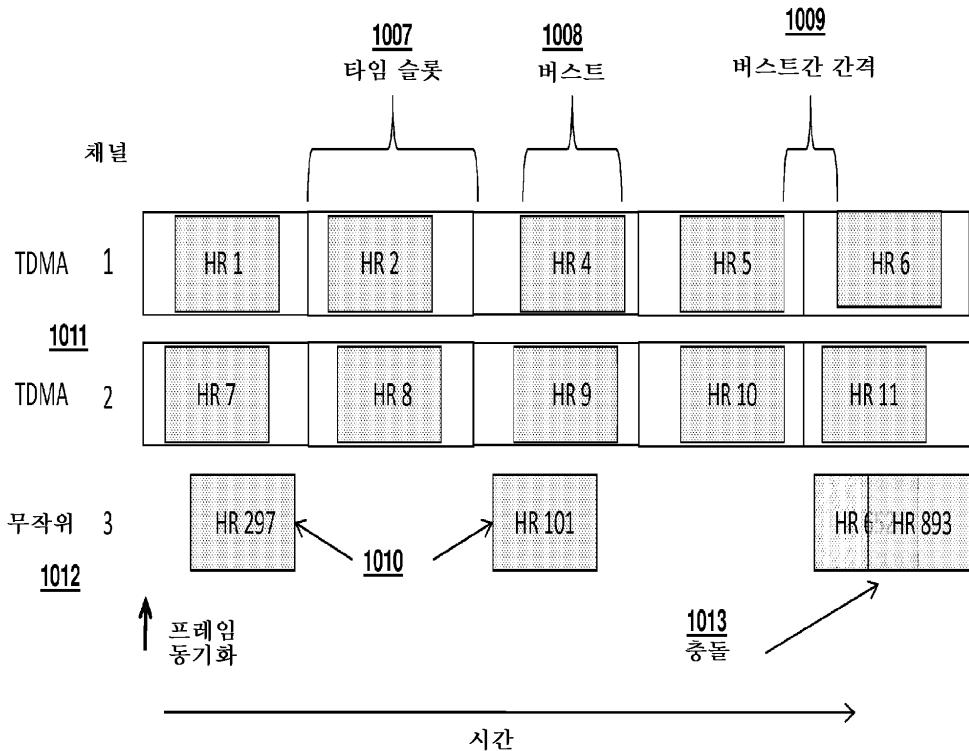
도면9



도면10a



도면 10b

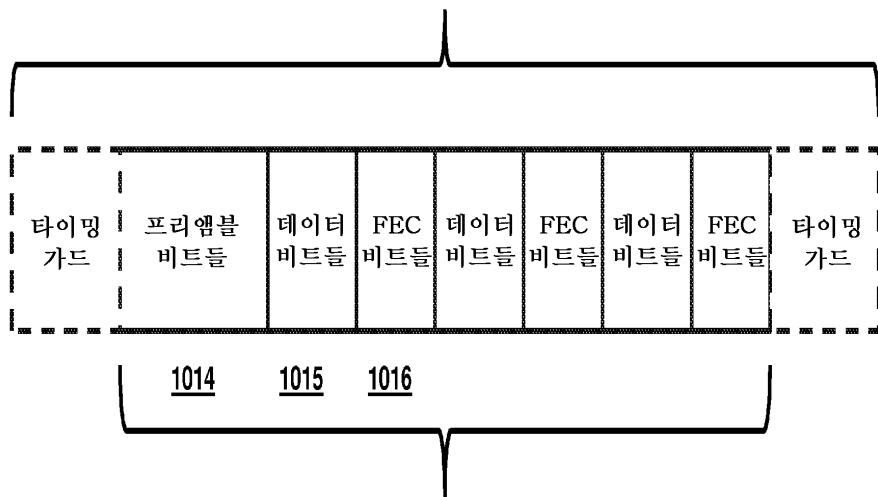


HR n = 원격 허브 "n"으로부터의 메시지

도면10c

1007

슬롯 크기; 예를 들어, 7초

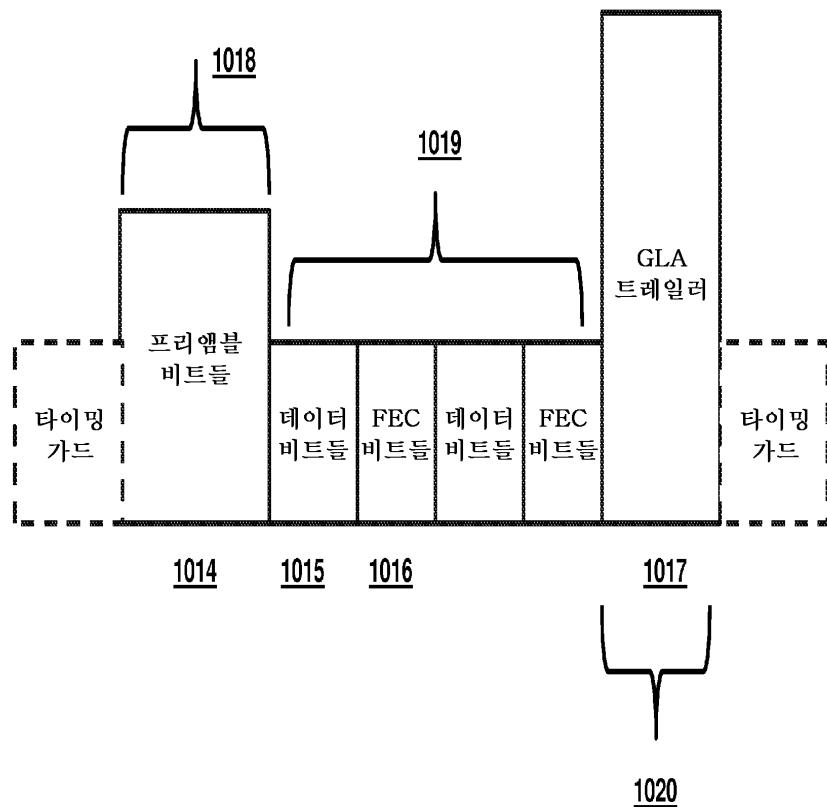


버스트 길이; 예를 들어, 5초

1008

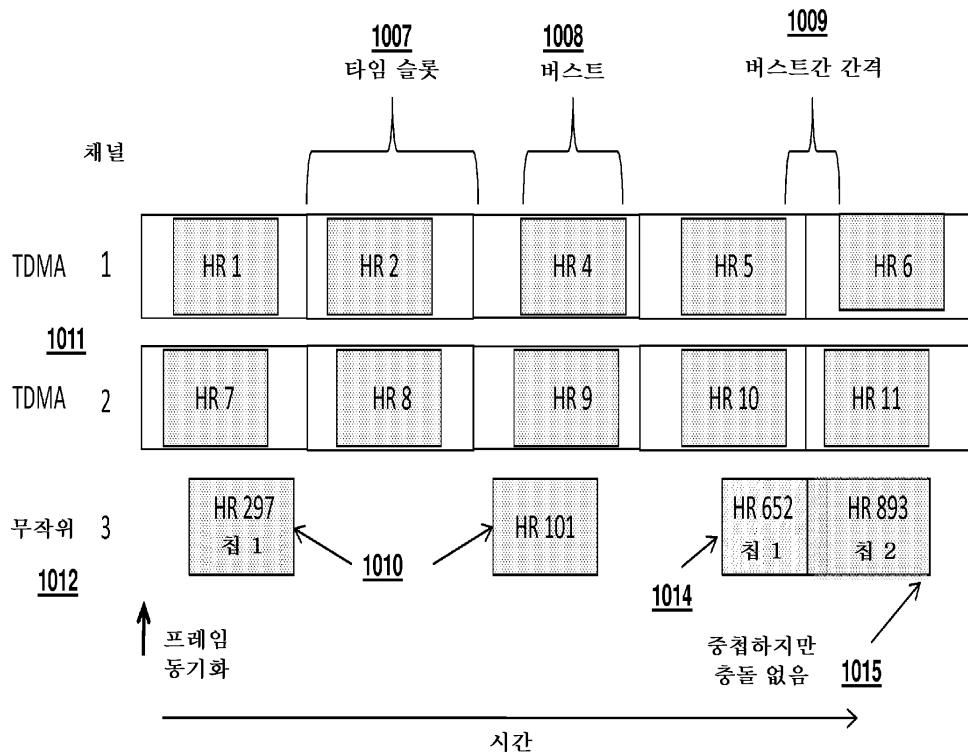
스케일링되지 않음. 필드 길이와 데이터 및 FEC 비트들의 인터리빙은 정확하지 않고 예시의 목적을 의도한 것임

도면10d



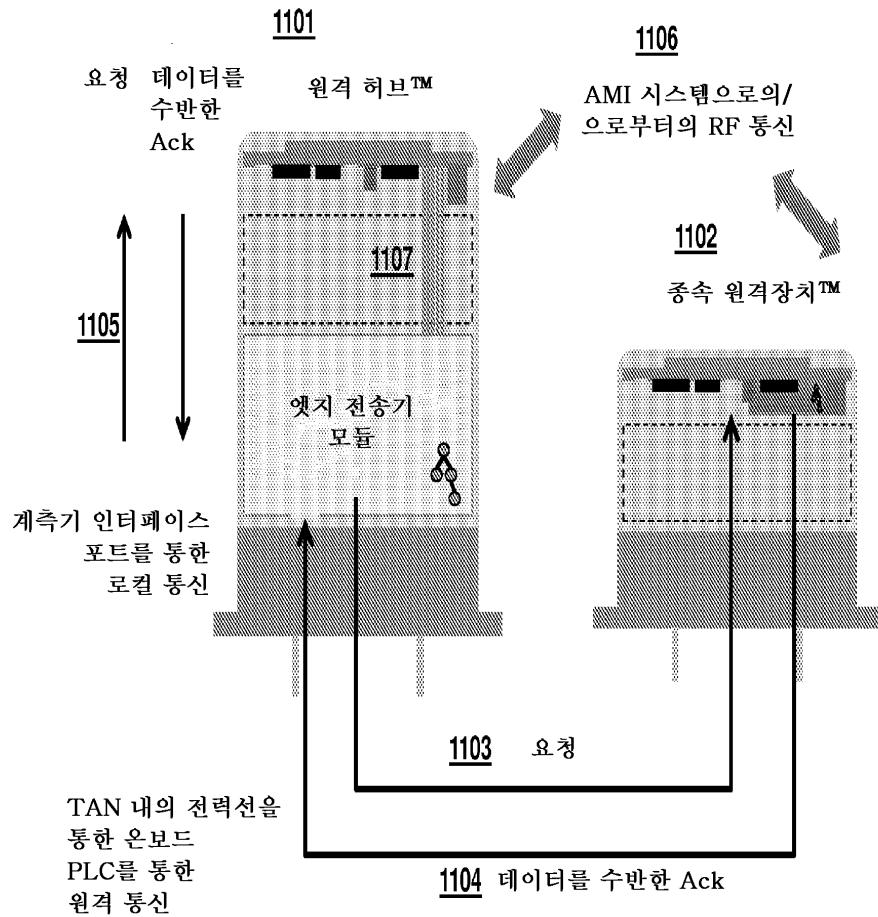
스케일링되지 않음. 필드 길이와 데이터 및 FEC 비트들의
인터리빙은 정확하지 않고 예시의 목적을 의도한 것임

도면10e

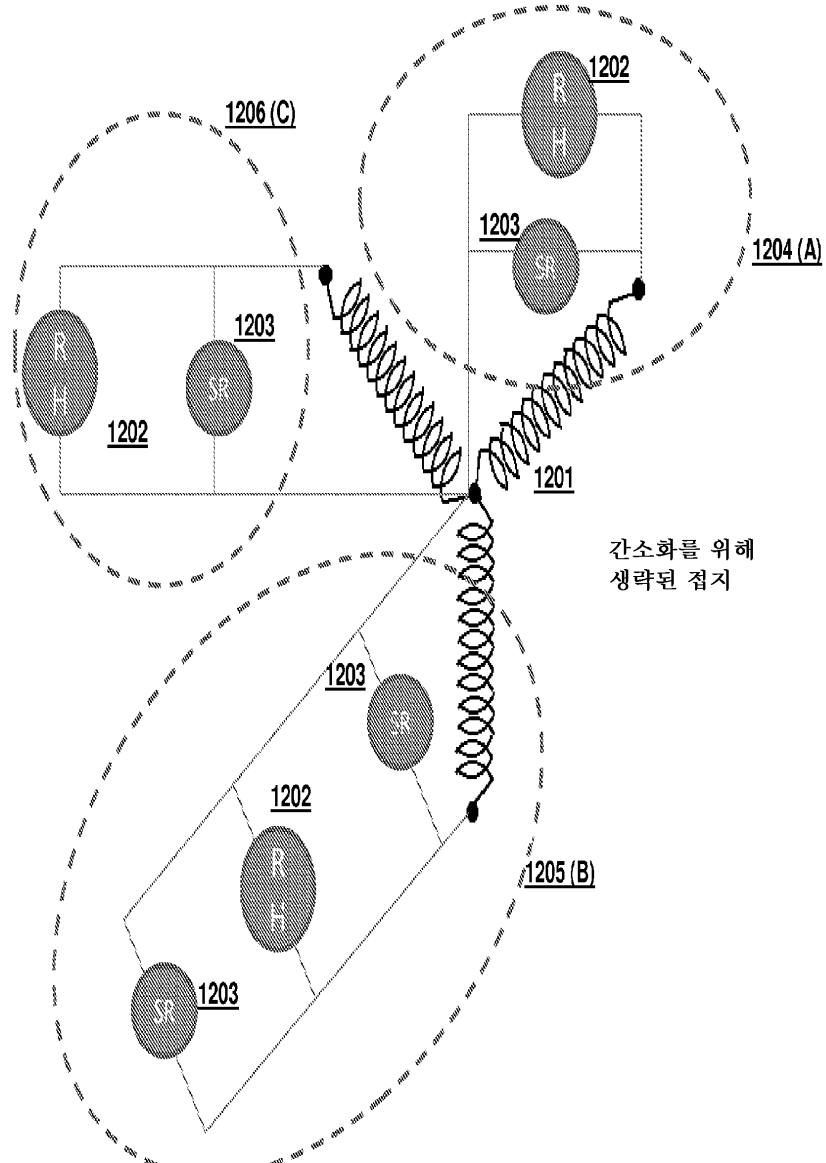


복수 칩을 이용한 경고 채널 상의 충돌 회피
HR n = 원격 허브 "n"으로부터의 메시지

도면11



도면12a



도면12b

