

(52) CPC특허분류

H04W 84/042 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015R1D1A1A01059317

부처명 한국연구재단

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기본연구지원사업

연구과제명 사용자 주거 행동패턴 피드백을 고려한 실시간 결로 탐지·예측 시스템에 관한 연구

기 여 율 1/1

주관기관 인천대학교 산학협력단

연구기간 2015.11.01 ~ 2018.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network)에서 복수의 엔드 디바이스로 방송 메시지를 송신하는 방법으로서,

(a) 상기 복수의 엔드 디바이스 중 하나가 다운링크 이니시에이터(downlink initiator)가 되어 주기적으로 게이트웨이를 통해 네트워크 서버로 다운링크 요청(downlink request)을 전송하는 단계; 및

(b) 상기 네트워크 서버가 상기 게이트웨이를 통해 상기 로라 광역 네트워크에서 사용되는 로라 프로토콜의 클래스 A 엔드 디바이스 슬롯 타이밍 중 제2 수신 윈도우(RX2 Window)를 사용하여 상기 방송 메시지를 송신하는 단계를 포함하는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network)에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 단계 (a) 이전에,

(a-1) 상기 네트워크 서버가 상기 제2 수신 윈도우를 위해 사용될 고정 채널을 결정하는 단계를 더 포함하고,

상기 단계 (b)에서 상기 네트워크 서버는 상기 결정된 고정 채널을 통해 상기 제2 수신 윈도우를 사용하여 상기 방송 메시지를 송신하는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network)에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 단계 (b)에서 상기 네트워크 서버는, 상기 로라 광역 네트워크에서 사용되는 표준 디바이스 어드레스 블록(DevAddr)의 네트워크 어드레스 필드가 분할된 디바이스 어드레스 블록에 기반하여 상기 복수의 엔드 디바이스로 상기 방송 메시지를 송신하며,

상기 분할된 네트워크 어드레스 필드는 센서 유형과 영역 정보를 나타내는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드 및 축소된 네트워크 어드레스(Nwk Addr) 필드를 포함하는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network)에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 센서 유형은 상기 엔드 디바이스에 구비된 센서의 유형을 나타내고,

상기 영역 정보는 상기 엔드 디바이스가 설치된 영역의 정보를 나타내며,

상기 센서 유형과 영역 정보를 나타내는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드는 복수의 비트 중 소정 위치의 비트가 특정 값인 경우 해당 센서의 유형 또는 영역을 나타내는 비트맵으로 표현되는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network)에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 센서 유형과 영역 정보를 나타내는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드의 비트맵 표현은 미리 결정되어 상기 네트워크 서버에 저장되어 있는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network)에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 복수의 엔드 디바이스 중 상기 네트워크 서버에 최초로 상기 로라 광역 네트워크에의 조인(join)을 요청하여 상기 네트워크 서버에 의해 조인이 허용된 엔드 디바이스가 상기 다운링크 이니시에이터(downlink initiator)로서 설정되는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network)에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 네트워크 서버는 현재의 다운링크 이니시에이터의 업링크 횟수와 다운링크 횟수의 합이 소정의 임계값 이상인 경우, 업링크 횟수와 다운링크 횟수의 합이 최소인 엔드 디바이스를 새로운 다운링크 이니시에이터로 설정하는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network)에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 임계값은, 신규 임계값 = 기존 임계값 $\times (1 + 1/2^R)$ 에 의해 동적으로 변경되고, R은 다운링크 이니시에이터의 변경 횟수를 나타내는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network)에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법.

청구항 9

복수의 엔드 디바이스, 상기 복수의 엔드 디바이스와 무선 통신을 수행하는 복수의 게이트웨이, 상기 복수의 게이트웨이와 연결된 네트워크 서버를 포함하는 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템으로서,

상기 복수의 엔드 디바이스 중 하나는 다운링크 이니시에이터(downlink initiator)가 되어 주기적으로 상기 게이트웨이를 통해 상기 네트워크 서버로 다운링크 요청(downlink request)을 전송하고,

상기 네트워크 서버는, 상기 게이트웨이를 통해 상기 로라 광역 네트워크에서 사용되는 로라 프로토콜의 클래스 A 엔드 디바이스 슬롯 타이밍 중 제2 수신 윈도우(RX2 Window)를 사용하여 방송 메시지를 송신하는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 네트워크 서버는 상기 제2 수신 윈도우를 위해 사용될 고정 채널을 결정하고,

상기 네트워크 서버는 상기 결정된 고정 채널을 통해 상기 제2 수신 윈도우를 사용하여 상기 방송 메시지를 송신하는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 네트워크 서버는, 상기 로라 광역 네트워크에서 사용되는 표준 디바이스 어드레스 블록(DevAddr)의 네트워크 어드레스 필드가 분할된 디바이스 어드레스 블록에 기반하여 상기 복수의 엔드 디바이스로 상기 방송 메시지를 송신하며,

상기 분할된 네트워크 어드레스 필드는 센서 유형과 영역 정보를 나타내는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드 및 축소된 네트워크 어드레스(Nwk Addr) 필드를 포함하는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 센서 유형은 상기 엔드 디바이스에 구비된 센서의 유형을 나타내고,

상기 영역 정보는 상기 엔드 디바이스가 설치된 영역의 정보를 나타내며,

상기 센서 유형과 영역 정보를 나타내는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드는 복수의 비트 중 소정 위치의 비트가 특정 값인 경우 해당 센서의 유형 또는 영역을 나타내는 비트맵으로 표현되는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 센서 유형과 영역 정보를 나타내는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드의 비트맵 표현은 미리 결정되어 상기 네트워크 서버에 저장되어 있는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템.

청구항 14

청구항 9에 있어서,

상기 복수의 엔드 디바이스 중 상기 네트워크 서버에 최초로 상기 로라 광역 네트워크에의 연결(join)을 요청하여 상기 네트워크 서버에 의해 연결이 허용된 엔드 디바이스가 상기 다운링크 이니시에이터(downlink initiator)로서 설정되는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 네트워크 서버는 현재의 다운링크 이니시에이터의 업링크 횟수와 다운링크 횟수의 합이 소정의 임계값 이상인 경우, 업링크 횟수와 다운링크 횟수의 합이 최소인 엔드 디바이스를 새로운 다운링크 이니시에이터로 설정하는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템.

청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 임계값은, 신규 임계값 = 기존 임계값 $\times (1 + 1/2^R)$ 에 의해 동적으로 변경되고, R은 다운링크 이니시에이터의 변경 횟수를 나타내는, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network)에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법 및 로라 광역 네트워크 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 지난 수십 년 동안, 저비용 저전력 무선 통신 기술의 급속한 발전은 IoT 애플리케이션 및 서비스의 개발을 가속화했다. 이러한 무선 기술은 일반적으로 저전력 블루투스(BLE: Bluetooth low energy), IEEE 802.15.4, 및 Wi-Fi(IEEE 802.11)와 같은 단거리 통신을 기반으로 한다. 그러나 이러한 통신 기술을 기반으로 하는 IoT 애플리케이션의 범위 제한은 통신 링크를 신뢰할 수 없게 만들어, 통신의 신뢰성이 저하되었다. 따라서 넓은 통신 커버리지에 대한 요구가 증가한다. 마지막으로, 이러한 강력한 요구로 인해 저전력, 광역 네트워크(LPWAN)라고 불리는, 저전력 장거리 무선 통신 시스템이 출현하였다.

[0003] 다양한 연구 그룹은 새로운 표준에 기반한 새로운 LPWAN 시스템을 개발하고 있다. 이들은 로라 얼라이언스(LoRa Alliance)에 의한 장거리 광역 네트워크(LoRaWAN)[1], 3GPP에 의한 기계 대 기계를 위한 롬텀 에볼루션(LTE-m)[2] 및 협대역 IoT(NB-IoT)[3], Sigfox에 의한 초협대역 통신[4] 등을 포함합니다. 이러한 새로운 기술 중에

서 LoRa는 전력 효율성, 저비용 칩셋 및 지역적 ISM 대역의 측면에서 가장 유망한 LPWAN 기술로서 널리 수용되고 있다. LoRa의 핵심 기술 중 하나는 변조를 위해 CSS(chirp spread spectrum)를 사용하는 반면에, 레거시 저전력 통신은 저전력을 달성하기 위해 FSK(frequency shift keying)에 기반한다. 수십 년 동안, CSS 변조는 긴 통신 능력 및 간섭에 대한 견고함을 장점으로 가지고 있기 때문에, 우주 통신이나 군대와 같은 특정 분야에서 사용되어 왔다. 즉, LoRaWAN은 장거리 특성을 유지하면서 간섭에 대한 견고성을 유지한다.

[0004] 그것의 장점으로 인해, 흥미로운 응용[5-7]은 이미 LPWAN을 기반으로 도입되고 있다; LoRaWAN은 또한 많은 연구자들을 끌어들이었다. Adelantado et al.[8]은 LoRaWAN의 능력과 한계를 밝혔다. 특히 그들은 새로운 다중 액세스 메커니즘과 에너지 효율적인 멀티-홉 솔루션이라는 과제를 해결해야 한다고 강조했다. Mikhylov et al.[9]은 업링크 처리량과 데이터 전송 시간 측면에서 LoRaWAN 분석 결과를 제시했다. 결과에 따르면, LoRaWAN 듀티 사이클 기반 MAC(Medium Access Control) 방식은 패킷 충돌 확률 및 지연을 증가시킬 수 있다. 또한 그들은 LoRaWAN이 특히 다운링크 트래픽 측면에서 신뢰성과 지연면에서 중요한 단점이 있음을 보여주었다. Kim et al.[10]은 LoRa 게이트웨이 능력의 문제점을 지적했으며, LoRa 인프라스트럭처와 센서 네트워크를 결합한 하이브리드 접근 방식을 기반으로 하는, 새로운 장거리 센서 네트워크용 데이터 전송 네트워크 아키텍처를 제안하였다. Taneja et al.[11]은 LoRaWAN과 802.11ah의 하이브리드 네트워크 아키텍처를 제안하였고, Schroder et al.[12]은 또한 LoRaWAN을 RF 메시 네트워크(Wi-SUN) 대신 스마트 그리드 네트워크에 사용할 것을 제안했다. Toussaint et al.[13]은 OTAA의 Markov chain 모델을 제안했다. 그들은 교통 상황, 듀티 사이클, 및 채널 가용성에 대한 여러 매개 변수의 영향을 분석했다. Petajajarvi et al.[14]은 건강 및 복지 감시 장비를 기반으로 LoRaWAN의 실내 성능을 연구했다. 저자는 LoRaWAN의 적용 범위에 대해서도 연구했다[15]. 결과에 따르면, 최대 통신 범위는 지상에서 15km 이상이고 물에서 30km에 가깝다. Pham et al.[16]은 많은 기능을 가진 저렴한 DIY LoRa 게이트웨이를 설계했다.

[0005] LoRaWAN은 저전력 및 장거리 기능을 포함한 몇 가지 장점을 가지고 있지만, 여러 문헌[5-7]에서 이미 논의된 바와 같이 몇 가지 제한 사항과 문제점이 있다. 특히, 엔드 디바이스의 저전력 동작을 위한 클래스 A에서 중요한 문제가 발생한다.

[0006] 따라서 LoRa 클래스 A에서의 다운링크 통신의 한계와 문제점을 해결하고, 저전력 특성을 유지하면서 클래스 A의 다운링크 제한 사항을 해결할 수 있는 방법 및 시스템이 요구된다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0007] (비특허문헌 0001) [1] LoRa Alliance, Inc. LoRaWAN™ Specification LoRa Alliance, Inc.: San Ramon, CA, USA, 2015.

(비특허문헌 0002) [2] LTE-M Optimizing LTE for the Internet of Things. White Paper. Available online: <https://novotech.com/docs/default-source/default-document-library/lte-m-optimizing-lte-for-the-internetof-things.pdf?sfvrsn=0> (accessed on 3 February 2016).

(비특허문헌 0003) [3] Cellular System Support for Ultra-Low Complexity and Low Throughput Internet of Things. Available online: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2719> (accessed on 16 August 2016).

(비특허문헌 0004) [4] Sigfox Homepage. Available online: <http://www.sigfox.com> (accessed on 13 January 2016).

(비특허문헌 0005) [5] Fernandez-Garcia, R.; Gil, I. An alternative wearable tracking system based on a low-power wide-area network. *Sensors* 2017, 17, 592. [CrossRef] [PubMed]

(비특허문헌 0006) [6] Trasvina-Moreno, C.A.; Blasco, R.; Marco, A.; Casas, R.; Trasvina-Castro, A. Unmanned aerial vehicle based wireless sensor network for marine-coastal environment monitoring. *Sensors* 2017, 17, 460. [CrossRef][PubMed]

(비특허문헌 0007) [7] Aquino-Santos, R.; Gonzalez-Potes, A.; Edwards-Block, A.; Virgen-Ortiz, R.A. Developing a new wireless sensor network platform and its application in precision agriculture.

Sensors 2011, 11, 1192-1211. [CrossRef][PubMed]

(비특허문헌 0008) [8] Adelantado, F.; Vilajosana, X.; Tuset-Peiro, P.; Martinez, B.; Melia, J. Understanding the limits of LoRaWAN. Available online: <https://arxiv.org/pdf/1607.08011.pdf> (accessed on 27 July 2016).

(비특허문헌 0009) [9] Mikhaylov, K.; Petajajarvi, J.; Haenninen, T. Analysis of capacity and scalability of the LoRa low power wide area network technology. In Proceedings of the European Wireless 2016, 22th European Wireless Conference, Oulu, Finland, 18-20 May 2016; pp. 119-125.

(비특허문헌 0010) [10] Kim, D.Y.; Jung, M. Data transmission and network architecture in long range low power sensor networks for iot. Wirel. Pers. Commun. 2017. [CrossRef]

(비특허문헌 0011) [11] Taneja, M. 802.11 ah-LPWA interworking. In Proceedings of the 2016 IEEE NetSoft Conference and Workshops (NetSoft), Seoul, Korea, 610 June 2016.

(비특허문헌 0012) [12] Schroder Filho, H.G.; Pissolato Filho, J.; Moreli., V.L. The adequacy of LoRaWAN on smart grids: A comparison with RF mesh technology. In Proceeding of the 2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), Trento, Italy, 1215 September 2016.

(비특허문헌 0013) [13] Toussaint, J.; El Rachkidy, N.; Guitton, A. Performance analysis of the on-the-air activation in LoRaWAN. In Proceeding of the 2016 IEEE 7th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON), Vancouver, BC, Canada, 1315 October 2016.

(비특허문헌 0014) [14] Petajajarvi, J.; Mikhaylov, K.; Hamalainen, M.; Iinatti, J. Evaluation of LoRa LPWAN technology for remote health and wellbeing monitoring. In Proceeding of the 10th International Symposium on Medical Information and Communication Technology (ISMICT), Worcester, MA, USA, 2023 March 2016.

(비특허문헌 0015) [15] Petajajarvi, J.; Mikhaylov, K.; Roivainen, A.; Hanninen, T.; Pettissalo, M. On the coverage of LPWANs: Range evaluation and channel attenuation model for LoRa technology. In Proceeding of the 2015 14th International Conference on ITS, Copenhagen, Denmark, 24 December 2015.

(비특허문헌 0016) [16] Pham, C. Building Low-Cost Gateways and Devices for Open LoRa IoT Test-Beds. In Testbeds and Research Infrastructures for the Development of Networks and Communities, Proceeding of the 11th International Conference TRIDENTCOM, Hangzhou, China, 1415 June 2016 Springer: Cham, Switzerland, 2016; pp. 70-80.

(비특허문헌 0017) [17] LoRa Alliance. A Technical Overview of LoRa and LoRaWAN. White Paper. Available online: <https://www.lora-alliance.org/portals/0/documents/whitepapers/LoRaWAN101.pdf> (accessed on 1 November 2015).

(비특허문헌 0018) [18] Multitech Product. Available online: <https://www.multitech.net> (accessed on 1 January 2017).

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 로라(LoRa) 클래스 A에서의 다운링크 통신의 한계와 문제점을 해결하고, 저전력 특성을 유지하면서 클래스 A의 다운링크 제한 사항을 해결할 수 있으며, 네트워크 트래픽을 대폭 감소시킬 수 있고, 네트워크 서버의 과도한 데이터 저장소를 줄일 수 있는, 로라 광역 네트워크에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는 로라(LoRa) 클래스 A에서의 다운링크 통신의 한계와 문제점을 해결하고, 저전력 특성을 유지하면서 클래스 A의 다운링크 제한 사항을 해결할 수 있으며, 네트워크 트래픽을 대폭 감소시킬 수 있고, 네트워크 서버의 과도한 데이터 저장소를 줄일 수 있는, 로라 광역 네트워크 시스템을

제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법은,
- [0011] 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network)에서 복수의 엔드 디바이스로 방송 메시지를 송신하는 방법으로서,
- [0012] (a) 상기 복수의 엔드 디바이스 중 하나가 다운링크 이니시에이터(downlink initiator)가 되어 주기적으로 게이트웨이를 통해 네트워크 서버로 다운링크 요청(downlink request)을 전송하는 단계; 및
- [0013] (b) 상기 네트워크 서버가 상기 게이트웨이를 통해 상기 로라 광역 네트워크에서 사용되는 로라 프로토콜의 클래스 A 엔드 디바이스 슬롯 타이밍 중 제2 수신 윈도우(RX2 Window)를 사용하여 상기 방송 메시지를 송신하는 단계를 포함한다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법은,
- [0015] 상기 단계 (a) 이전에,
- [0016] (a-1) 상기 네트워크 서버가 상기 제2 수신 윈도우를 위해 사용될 고정 채널을 결정하는 단계를 더 포함하고,
- [0017] 상기 단계 (b)에서 상기 네트워크 서버는 상기 결정된 고정 채널을 통해 상기 제2 수신 윈도우를 사용하여 상기 방송 메시지를 송신할 수 있다.
- [0018] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법에 있어서,
- [0019] 상기 단계 (b)에서 상기 네트워크 서버는, 상기 로라 광역 네트워크에서 사용되는 표준 디바이스 어드레스 블록(DevAddr)의 네트워크 어드레스 필드가 분할된 디바이스 어드레스 블록에 기반하여 상기 복수의 엔드 디바이스로 상기 방송 메시지를 송신하며,
- [0020] 상기 분할된 네트워크 어드레스 필드는 센서 유형과 영역 정보를 나타내는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드 및 축소된 네트워크 어드레스(Nwk Addr) 필드를 포함할 수 있다.
- [0021] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법에 있어서, 상기 센서 유형은 상기 엔드 디바이스에 구비된 센서의 유형을 나타내고, 상기 영역 정보는 상기 엔드 디바이스가 설치된 영역의 정보를 나타내며,
- [0022] 상기 센서 유형과 영역 정보를 나타내는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드는 복수의 비트 중 소정 위치의 비트가 특정 값인 경우 해당 센서의 유형 또는 영역을 나타내는 비트맵으로 표현될 수 있다.
- [0023] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법에 있어서, 상기 센서 유형과 영역 정보를 나타내는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드의 비트맵 표현은 미리 결정되어 상기 네트워크 서버에 저장되어 있을 수 있다.
- [0024] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법에 있어서, 상기 복수의 엔드 디바이스 중 상기 네트워크 서버에 최초로 상기 로라 광역 네트워크에의 가입(join)을 요청하여 상기 네트워크 서버에 의해 가입이 허용된 엔드 디바이스가 상기 다운링크 이니시에이터(downlink initiator)로서 설정될 수 있다.
- [0025] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법에 있어서, 상기 네트워크 서버는 현재의 다운링크 이니시에이터의 업링크 횟수와 다운링크 횟수의 합이 소정의 임계값 이상인 경우, 업링크 횟수와 다운링크 횟수의 합이 최소인 엔드 디바이스를 새로운 다운링크 이니시에이터로 설정할 수 있다.
- [0026] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법에 있어서, 상기 임계값은, 신규 임계값 = 기존 임계값 $\times (1+1/2^R)$ 에 의해 동적으로 변경되고, R은

다운링크 이니시에이터의 변경 횟수를 나타낼 수 있다.

- [0027] 상기 다른 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템은, 복수의 엔드 디바이스, 상기 복수의 엔드 디바이스와 무선 통신을 수행하는 복수의 게이트웨이, 상기 복수의 게이트웨이와 연결된 네트워크 서버를 포함하는 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템으로서,
- [0028] 상기 복수의 엔드 디바이스 중 하나는 다운링크 이니시에이터(downlink initiator)가 되어 주기적으로 상기 게이트웨이를 통해 상기 네트워크 서버로 다운링크 요청(downlink request)을 전송하고,
- [0029] 상기 네트워크 서버는, 상기 게이트웨이를 통해 상기 로라 광역 네트워크에서 사용되는 로라 프로토콜의 클래스 A 엔드 디바이스 슬롯 타이밍 중 제2 수신 윈도우(RX2 Window)를 사용하여 방송 메시지를 송신한다.
- [0030] 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템에 있어서, 상기 네트워크 서버는 상기 제2 수신 윈도우를 위해 사용될 고정 채널을 결정하고, 상기 네트워크 서버는 상기 결정된 고정 채널을 통해 상기 제2 수신 윈도우를 사용하여 상기 방송 메시지를 송신할 수 있다.
- [0031] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템에 있어서, 상기 네트워크 서버는, 상기 로라 광역 네트워크에서 사용되는 표준 디바이스 어드레스 블록(DevAddr)의 네트워크 어드레스 필드가 분할된 디바이스 어드레스 블록에 기반하여 상기 복수의 엔드 디바이스로 상기 방송 메시지를 송신하며,
- [0032] 상기 분할된 네트워크 어드레스 필드는 센서 유형과 영역 정보를 나타내는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드 및 축소된 네트워크 어드레스(Nwk Addr) 필드를 포함할 수 있다.
- [0033] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템에 있어서, 상기 센서 유형은 상기 엔드 디바이스에 구비된 센서의 유형을 나타내고, 상기 영역 정보는 상기 엔드 디바이스가 설치된 영역의 정보를 나타내며,
- [0034] 상기 센서 유형과 영역 정보를 나타내는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드는 복수의 비트 중 소정 위치의 비트가 특정 값인 경우 해당 센서의 유형 또는 영역을 나타내는 비트맵으로 표현될 수 있다.
- [0035] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템에 있어서, 상기 센서 유형과 영역 정보를 나타내는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드의 비트맵 표현은 미리 결정되어 상기 네트워크 서버에 저장되어 있을 수 있다.
- [0036] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템에 있어서, 상기 복수의 엔드 디바이스 중 상기 네트워크 서버에 최초로 상기 로라 광역 네트워크에의 연결(join)을 요청하여 상기 네트워크 서버에 의해 연결이 허용된 엔드 디바이스가 상기 다운링크 이니시에이터(downlink initiator)로서 설정될 수 있다.
- [0037] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템에 있어서, 상기 네트워크 서버는 현재의 다운링크 이니시에이터의 업링크 횟수와 다운링크 횟수의 합이 소정의 임계값 이상인 경우, 업링크 횟수와 다운링크 횟수의 합이 최소인 엔드 디바이스를 새로운 다운링크 이니시에이터로 설정할 수 있다.
- [0038] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템에 있어서, 상기 임계값은, 신규 임계값 = 기존 임계값 $\times (1+1/2^R)$ 에 의해 동적으로 변경되고, R은 다운링크 이니시에이터의 변경 횟수를 나타낼 수 있다.

발명의 효과

- [0039] 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법 및 로라 광역 네트워크 시스템에 의하면, 로라(LoRa) 클래스 A에서의 다운링크 통신의 한계와 문제점을 해결하고, 저전력 특성을 유지하면서 클래스 A의 다운링크 제한 사항을 해결할 수 있으며, 네트워크 트래픽을 대폭 감소시킬 수 있고, 네트워크 서버의 과도한 데이터 저장소를 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0040] 도 1은 2016년 로라 얼라이언스의 사양 버전 1.02 지역 파라미터로부터 적응된, 로라(LoRa) 지역 스펙트럼 사용법을 도시한 도면.
- 도 2는 2015년 로라 얼라이언스의 로라 백서로부터 적응된, LoRaWAN 아키텍처를 도시한 도면.
- 도 3은 2016년 로라 얼라이언스의 사양 버전 1.02로부터 적응된, 로라 프로토콜 스택을 도시한 도면.
- 도 4는 2016년 로라 얼라이언스의 사양 버전 1.02로부터 적응된, 클래스 A 엔드 디바이스 슬롯 타이밍을 도시한 도면.
- 도 5는 로라 표준에서의 디바이스 타임 동기를 도시한 도면.
- 도 6은 디바이스 어드레스(DevAddr) 블록 분할을 도시한 도면.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크 시스템을 도시한 도면.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법의 흐름도.
- 도 9는 협력적인 다운링크 리스닝(CDL) 타임 동기화를 도시한 도면.
- 도 10은 임계값 변화를 도시한 도면.
- 도 11은 그룹캐스팅을 설명하기 위한 도면.
- 도 12는 지오캐스팅을 설명하기 위한 도면.
- 도 13은 네트워크 트래픽 관찰을 도시한 그래프.
- 도 14는 통신의 관점에서 본 전력 상태를 도시한 그래프.
- 도 15는 에너지 소비를 도시한 그래프.
- 도 16은 배터리 수명을 도시한 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0041] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다.
- [0042] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.
- [0043] 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다.
- [0044] 또한, "제1", "제2", "일면", "타면" 등의 용어는, 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0045] 이하, 본 발명을 설명함에 있어, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0046] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.
- [0047] 최근 IoT(Internet of Things) 응용 프로그램의 개발이 저전력 광역 네트워크(LPWAN: low-power wide-area network)의 출현으로 활발해지고 있으며, 저전력 광역 네트워크는 저전력 및 긴 통신 거리의 이점을 갖고 있다. 다양한 LPWAN 기술 중에서도 장거리 광역 네트워크(LoRaWAN 또는 LoRa)는 가장 성숙한 기술로 간주된다. 그러나, 로라(LoRa)는 에너지 효율성을 높이기 위하여 업링크 지향 통신을 수행하기 때문에, 네트워크 서버에서 엔드 디바이스로의 다운링크 기능에 제한이 있다. 본 발명에서는 로라(LoRa)의 근본적인 문제를 해결하기 위하여 협력적인 다운링크 리스닝(listening)이 제안된다. 특히, 제안된 방식은 데이터 중심 모델과 결합하여 그룹캐스팅 및 지오캐스팅과 같은 다양한 통신 모델로 확장될 수 있다. 본 발명의 주요 공헌은 LoRa 클래스 A의 가장 심각한 단점으로 여겨지는 다운링크 가용성을 향상시키는 새로운 알고리즘을 제안한다는 것이다. 그럼에도 불구하고 새로운 알고리즘과 프로토콜은 LoRa 표준과 호환되도록 설계되었다. 또한 본 발명은 무선 센서 네트워크

크에 도입된 LPWAN의 데이터 중심 IoT 모델의 새로운 영역을 개설한다. 실험은 또한 제안된 기술이 로라(LoRa) 표준에 비해 네트워크 트래픽을 크게 줄여 줄 수 있을 뿐만 아니라, 로라(LoRa)의 최대 에너지 효율을 보장함을 보여준다.

[0048] **LoRaWAN 개요**

[0049] 로라 광역 네트워크(LoRaWAN)는 LoRa 얼라이언스에 의해 표준화된 극도의 장거리 및 저전력 네트워크를 위한 물리적(PHY) 및 매체 액세스 제어(MAC) 계층 프로토콜을 특징한다. 로라((LoRa)의 주요 장점은 장거리 능력이다. LoRa 백서[17]에 따르면, 전체 도시 또는 반경 수백 킬로미터가 단일 LoRa 기지국 또는 LoRa 게이트웨이에 의해 커버될 수 있다. CSS를 사용하면 LoRa는 간섭에 대한 견고성을 유지하면서 통신 범위를 크게 증가시킬 수 있다. 이러한 특성은 많은 IoT 애플리케이션에서 매력적이며, 많은 지역 및 국가에서는 지역 ISM 대역에서 LoRa 기술을 수용하려고 한다. 도 1은 LoRa 지역 스펙트럼 사용법을 보여준다.

[0050] LoRaWAN의 뛰어난 기능 중 하나는 도 2와 같이 게이트웨이(202)가 엔드 디바이스(200)와 네트워크 서버(204) 간에 메시지를 중계하는 역할을 하는 네트워크 서버(204)에 연결된 스타 토폴로지를 기반으로 한다. 게이트웨이(202)에는 두 개의 독립적인 통신 링크인 LoRa 통신 및 IP 백홀을 가지고 있다. 지원되는 데이터 속도는 0.3-50 kbps이다. 또한 LoRa는 적응형 데이터 전송률(ADR: adaptive data rate) 기능을 제공한다. 참조번호 206은 애플리케이션 서버이다.

[0051] 도 3은 LoRa 프로토콜 스택(PHY 및 MAC)을 보여준다. 지역 ISM 대역에 기반하여, 물리층은 LoRa 변조를 포함하고, 애플리케이션 특성에 따라, MAC는 클래스 A(기준선), 클래스 B 및 C(선택 사항)의 세 가지 클래스를 갖는다. 클래스 A는 저에너지 엔드 디바이스에 사용되며 엔드 디바이스와 네트워크 서버 간의 양방향 통신을 허용한다. 그러나, 네트워크 서버로부터 각각의 엔드 디바이스로의 다운링크 통신은 엔드 디바이스의 업링크 전송의 종료 직후에만 허용된다.

[0052] 도 4에 도시된 바와 같이, 업링크 전송(400) 직후에, 엔드 디바이스는 RECEIVE_DELAY1 및 2 동안 각각 2개의 윈도우인 제1 수신 윈도우(RX1 윈도우, 402) 및 제2 수신 윈도우(RX2 윈도우, 404)를 허용한다. RX1 윈도우의 경우, 업링크 전송에서 사용된 것과 동일한 채널 및 데이터 속도가 사용되지만, RX2 윈도우는 업링크 전송과 상이한 채널 및 데이터 속도를 사용할 수 있다.

[0053] LoRaWAN에는 OTAA(Over-the-Air Activation)와 ABP(Personalization by activation)의 두 가지 유형의 조인(join) 방법이 있다. OTAA는 노드(엔드 디바이스) 배치 중에 수행되는 자동 조인 프로세스이며 ABP는 수동 조인 프로세스이다.

[0054] 디바이스 어드레스(DevAddr)는 32비트 식별자로 구성되는데, 7비트는 네트워크 식별자(NwkID)로 사용되고 25비트는 네트워크 관리자에 의해 각 엔드 디바이스에 할당된 네트워크 주소(NwkAddr)로 사용된다.

[0056] **CDL: 협력적인 다운링크 리스닝(Cooperative Downlink Listening)**

[0057] LoRa는 저전력 장거리 특성에 대해 서로 다른 클래스를 정의하고 애플리케이션의 요구 사항에 따라 적절한 클래스를 사용할 수 있게 한다. 대부분의 IoT 애플리케이션은 배터리로 작동하기 때문에, LoRa 클래스 A는 대부분의 애플리케이션에서 MAC 레이어로 간주된다. 클래스 A는 엔드 디바이스가 게이트웨이를 통해 네트워크 서버로 데이터 업링크를 전송할 수 있게 하지만 네트워크 서버로부터의 데이터 수신 다운링크에 대한 몇 가지 제한 사항과 문제점이 있다. LoRa 클래스 A의 이러한 제한 및 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명에서는 협력적인 다운링크 수신 알고리즘이 제안된다.

[0059] **LoRaWAN 다운링크 통신의 한계 및 문제점**

[0060] 전력 소모를 최소화하기 위해, 클래스 A의 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)는 도 4에 도시된 바와 같이, 업링크 지향 데이터 전송을 수행한다. 이러한 방식은 디바이스가 어떤 이벤트나 예정된 시간에 웨이크 업(wake up)하고, 데이터를 전송한 다음 슬립 모드로 들어가게 함으로써 전력 소비를 최소화하는 이점이 있다. 그러나 이러한 접근법은 네트워크 서버로부터 각 엔드 디바이스로의 다운링크 통신에 문제가 있다. 즉, 네트워크 서버로부터의 수신 다운링크를 위하여, 각각의 엔드 디바이스는 네트워크 서버에 대한 자신의 업링크 데이터 전송이 완료될 때까지 대기해야 하고, 다운링크 통신은 업링크 전송 다음에 오는 RX 윈도우1 및 윈도우2에 의해서만 이

용 가능하다. 또한, 이 방법에서는 다운로드 방송이 가능하지 않다.

[0061] 일반적으로 엔드 디바이스는 감지 데이터를 주기적으로 네트워크 서버로 전송한다. 이 경우 디바이스와 네트워크 서버 간의 시간 동기화가 필요하다. 이러한 시간 동기화 작업은 빈번하지 않고 주기적으로 실행되어야 한다. LoRa 표준(클래스 A)의 경우, 모든 엔드 디바이스가 네트워크 서버와 동기화되도록 하려면, 개별적인 업링크 전송 다음에 오는 자신의 RX 윈도우를 사용하는 것이 유일한 방법이다. 그러나 이것은 도 5에 도시된 바와 같이 네트워크 트래픽을 크게 증가시킨다.

[0062] 이 문제는 트래픽 증가뿐만 아니라 네트워크 서버의 스토리지 낭비를 초래할 수 있다. 각 엔드 디바이스는 예정된 시간에 주기적으로 감지 데이터를 전송하고 네트워크 서버는 관리되는 엔드 디바이스로부터의 모든 업링크 데이터를 저장한다. 사실상, 그 애플리케이션 후에, 서버는 저장된 데이터를 기반으로 다양한 분석을 수행할 책임이 있다. 오랜 시간 동안 동일한 감지 값이 유지 되더라도, 네트워크 서버는 엔드 디바이스로부터의 모든 데이터를 저장해야한다. 이것은 네트워크 서버의 스토리지가 불필요하게 늘어나게 하고, 애플리케이션 서버가 센서 필드를 거의 실시간으로 모니터링하기 어렵게 만드는데, 이것은 데이터 분석이 네트워크 서버에 축적된 스토리지를 기반으로 하기 때문이다. 이러한 모든 문제는 다운로드 가용성의 한계로 인해 발생한다.

[0064] 디바이스 어드레스 블록의 분할

[0065] LoRa 표준의 다운로드 제한을 해결하기 위해, 협력적인 다운로드 리스닝(CDL)이 제안된다. 먼저 도 6에 도시된 바와 같이, 표준에서 사용되는 디바이스 어드레스(DevAddr)가 수정된다. '조인(join)' 프로세스 동안 DevEUI가 사용되지만 네트워크 서버는 논리 네트워크 어드레스(DevAddr)를 할당하고 조인(join) 절차 후에, 모든 통신은 할당된 디바이스 어드레스(DevAddr)에 기반한다.

[0066] 도 6에 도시된 바와 같이, 표준 디바이스 어드레스(DevAddr)(600)는 네트워크 식별자(NwkId) 필드(602)와 네트워크 어드레스(NwkAddr) 필드(604)로 구분된다. 본 발명에서 사용되는 디바이스 어드레스(DevAddr)(606)는, 표준 디바이스 어드레스(DevAddr)(600)의 네트워크 식별자(NwkId) 필드를 변경하지 않고, 네트워크 어드레스(NwkAddr) 필드(604)를 그룹 어드레스(Group Addr) 필드(610)와 네트워크 어드레스(NwkAddr) 필드(612)로 분할한 것이다. 다른 id 필드와 달리 그룹 어드레스(Group Addr) 필드(610)는 숫자가 아니라 비트맵으로 표시된다는 점에 유의해야 한다.

[0067] 그룹 어드레스(Group Addr) 필드(610)는 8비트에서 13비트까지 가변적이며 규칙은 네트워크 서버에 의해 정의된다. 그룹 어드레스(Group Addr) 필드(610)는 센서 유형(TOS: Type of Sensors) 필드(614)와 영역(Region) 필드(616)로 나눌 수 있다. TOS는 엔드 디바이스에 장착된 센서 유형을 정의하는 데 사용된다. 예를 들어, 온도, 습도, 적외선, 광 센서는 각각 '1000', '0100', '0010', '0001'과 같이 나타낼 수 있다. 다중 센서의 표현도 가능하다. 비트맵 '1100'은 온도 및 습도 센서를 의미한다. 또한 LoRa는 긴 커버리지를 가질 수 있으므로 단일 LoRa BS 또는 LoRa 게이트웨이는 수 킬로미터 이상을 커버할 수 있다. 따라서 분할된 하위 영역은 그룹 어드레스(Group Addr)(610)의 영역 필드(616)에 나타낼 수 있다. 예를 들어, 도 6에 도시된 바와 같이 하나의 게이트웨이에 의해 커버되는 영역은 A, B, C 및 D와 같은 네 개의 하위 영역으로 나뉜다. 따라서 하위 영역의 정보는 '1000', '0100', '0010' 및 '0001'로 표현될 수 있다. 센서의 유형 및 지역 정보에 따라 그룹 어드레스(Group Addr)가 결정된 다음 네트워크 어드레스(NwkAddr)가 네트워크 서버에 의해 임의로 할당된다.

[0068] 표준 디바이스 어드레스(DevAddr) 주소 체계와 비교하면, 그룹 어드레스(Group Addr) 필드(610)를 추가하여 네트워크 어드레스(NwkAddr) 필드(612)가 감소되므로 CDL에 할당되는 어드레스 공간은 표준 어드레스 공간보다 작다. 즉, 어드레스 공간(Address space)은 하기와 같이 계산된다.

수학식 1

$$\text{Address space} = 2^{32-(N_n+N_t+N_r)}$$

[0070] 여기서 N_n 은 네트워크 식별자(NwkId)(608) 크기이고, N_t 는 센서 유형(614) 크기이며, N_r 은 지역 크기(616)이다.

[0071] 디바이스가 감지된 데이터를 한 시간에 한 번 네트워크 서버로 전송한다고 가정해 보자. 그런 다음 각 엔드 디

바이스는 적어도 3초의 슬롯 지속 시간(업링크, ACK 및 다운링크 데이터 슬롯 포함)이 필요하므로 해당 지역의 단일 게이트웨이로 3600초/3초 = 1200 엔드 디바이스 만 처리할 수 있다. 따라서 CDL의 최대 어드레스 공간 수는 4096이며 단일 게이트웨이의 공간으로 충분하다.

[0073] CDL의 기본 알고리즘

[0074] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크 시스템을 도시한 도면이다. 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크 시스템은, 복수의 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn), 상기 복수의 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)와 무선 통신을 수행하는 게이트웨이(700), 상기 게이트웨이(700)와 연결된 네트워크 서버(702)를 포함하는 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network) 시스템으로서, 상기 복수의 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn) 중 하나는 다운링크 이니시에이터(downlink initiator)가 되어 주기적으로 상기 게이트웨이(700)를 통해 상기 네트워크 서버(702)로 다운링크 요청(downlink request)을 전송하고, 상기 네트워크 서버(702)는, 상기 게이트웨이(700)를 통해 상기 로라 광역 네트워크에서 사용되는 로라 프로토콜의 클래스 A 엔드 디바이스 슬롯 타이밍 중 제2 수신 윈도우(RX2 Window)를 사용하여 방송 메시지를 송신한다. 참조번호 704는 네트워크 서버에 연결된 애플리케이션 서버(704)이고, 참조번호 706은 제어부이며, 참조번호 708은 저장부이다.

[0075] 상기 네트워크 서버(702)는 상기 제2 수신 윈도우를 위해 사용될 고정 채널을 결정하고, 상기 네트워크 서버(702)는 상기 결정된 고정 채널을 통해 상기 제2 수신 윈도우를 사용하여 상기 방송 메시지를 송신한다.

[0076] 상기 네트워크 서버(702)는, 상기 로라 광역 네트워크에서 사용되는 표준 디바이스 어드레스 블록(DevAddr)의 네트워크 어드레스 필드가 분할된 디바이스 어드레스 블록에 기반하여 상기 복수의 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)로 상기 방송 메시지를 송신하며, 상기 분할된 네트워크 어드레스 필드는 센서 유형과 영역 정보를 나타내는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드 및 축소된 네트워크 어드레스(Nwk Addr) 필드를 포함한다.

[0077] 상기 센서 유형은 상기 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)에 구비된 센서의 유형을 나타내고, 상기 영역 정보는 상기 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)가 설치된 영역의 정보를 나타내며, 상기 센서 유형과 영역 정보를 나타내는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드는 복수의 비트 중 소정 위치의 비트가 특정 값인 경우 해당 센서의 유형 또는 영역을 나타내는 비트맵으로 표현된다.

[0078] 상기 센서 유형과 영역 정보를 나타내는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드의 비트맵 표현은 미리 결정되어 상기 네트워크 서버(702)의 저장부(708)에 저장되어 있다.

[0079] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 복수의 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn) 중 상기 네트워크 서버(702)에 최초로 상기 로라 광역 네트워크에의 가입(join)을 요청하여 상기 네트워크 서버(702)에 의해 가입이 허용된 엔드 디바이스가 상기 다운링크 이니시에이터(downlink initiator)로서 설정된다.

[0080] 본 발명의 일 실시예에서, 제1 엔드 디바이스(ED1)가 처음으로 다운링크 이니시에이터로서 설정된다고 가정한다.

[0081] 상기 네트워크 서버(702)는 현재의 다운링크 이니시에이터의 업링크 횟수와 다운링크 횟수의 합이 소정의 임계값 이상인 경우, 업링크 횟수와 다운링크 횟수의 합이 최소인 엔드 디바이스를 새로운 다운링크 이니시에이터로 설정한다.

[0082] 상기 임계값은, 신규 임계값 = 기존 임계값 $\times (1 + 1/2^R)$ 에 의해 동적으로 변경되고, R은 다운링크 이니시에이터의 변경 횟수를 나타낸다.

[0083] 한편, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법의 흐름도이다.

[0084] 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크에서 복수의 엔드 디바이스로 다운링크 방송 메시지를 송신하는 방법은, 로라 광역 네트워크(LoRaWAN: long-range wide-area network)에서 복수의 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)로 방송 메시지를 송신하는 방법으로서, 네트워크 서버(702)가 로라 광역 네트워크에서 사용되는 로라 프로토콜의 클래스 A 엔드 디바이스 슬롯 타이밍 중 제2 수신 윈도우(RX2 Window)를 위해 사용될 고정 채널을 결정하는 단계(단계 S800), 상기 복수의 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn) 중 하나(ED1)가 다운링크 이니시에이터(downlink initiator)가 되어 주기적으로 게이트웨이(700)를 통해 네트워크 서버(702)로 다운링크

요청(downlink request)을 전송하는 단계(단계 S802), 및 상기 네트워크 서버(702)가 상기 결정된 고정 채널을 통해 상기 로라 광역 네트워크에서 사용되는 로라 프로토콜의 클래스 A 엔드 디바이스 슬롯 타이밍 중 제2 수신 윈도우(RX2 Window)를 사용하여 상기 방송 메시지를 송신하는 단계(단계 S804)를 포함한다.

[0085] 하기에 상기와 같이 구성된 본 발명의 일 실시예에 의한 로라 광역 네트워크에서 복수의 엔드 디바이스로 다운 링크 방송 메시지를 송신하는 방법 및 로라 광역 네트워크 시스템에 대해 자세히 설명하기로 한다.

[0086] LoRa 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)는 표 1에 도시된 바와 같이 다양한 채널을 사용하여 데이터 업링크를 게이트웨이로 전송할 수 있다. 또한, 도 4에 도시된 바와 같이, 업링크 데이터 전송 이후의 RX1 윈도우(402) 및 RX2 윈도우(404)는 다운링크에 사용된다. 일반적으로, RX1 윈도우(402)는 업링크 전송에 대한 ACK 프레임을 위해 사용되고, RX1 윈도우(402)의 채널 및 데이터 속도는 업링크 전송에서 사용되는 것과 동일하다. RX1 윈도우(402)와 달리 RX2 윈도우(404)는 업링크 전송과 관계없이 다른 채널 및 데이터 속도를 사용할 수 있다. 여기서 본 발명의 근간이 되는 CDL의 핵심 아이디어는 센서의 유형 및 영역 정보가 표현되는 새로운 디바이스 어드레스(DevAddr) 체계를 활용하고 RX2 윈도우(404)를 사용하여 방송을 가능하게 하는 것이다. 이를 위해 네트워크 서버(702)는 BS2 또는 게이트웨이(700)에서 이용가능한 채널 중 RX2 윈도우(404)를 위해 사용되는 고정 채널을 결정하고 RX2 윈도우(404)를 사용하여 방송 메시지를 송신한다. 본 발명의 일 실시예에서는 또한 다운링크(DL) 이니시에이터를 정의하는데, 다운링크 이니시에이터는 네트워크 내의 모든 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)가 웨이크 업하고 네트워크 서버(702)에 다운링크 요청을 주기적으로 전송함으로써 RX2 윈도우(404)에서 게이트웨이(700)를 통해 네트워크 서버(702)의 방송 메시지를 리스닝하는 것을 담당한다.

표 1

Table 1. LoRa frequency usage (in Korea ISM band).

Channel Index	Frequency (MHz)	Power Index	Tx Power Value (dBm)	Description		
1	922.1	0	14	Default channel	RX1 channel	
2	922.3	0	14			
3	922.5	0	14			
4	921.9	4	10	RX2 channel		
5	922.7	0	14			
6	922.9	0	14			
7	923.1	0	14			
8	923.3	0	14			

[0087]

[0088] 네트워크 관리자는 그룹 어드레스(Group Addr) 필드를 영역 정보 및 센서의 유형으로 구성한다. 이것은 출고 시 사전 구성되거나 현장에서 UART 또는 무선을 사용하여 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)에 연결하여 각 디바이스를 구성할 수 있는 인스톨러와 같은 특정 디바이스를 사용하여 구성할 수 있다. 설치 및 배포 후 각 디바이스(ED1, ..., EDn)는 DevEUI, AppEUI, AppKey를 기반으로 인접 BS (또는 게이트웨이(700))에 '조인(join)' 요청 메시지를 보내 조인 프로세스를 시작한다. '조인' 요청 프레임의 RFU 비트는 CDL 디바이스에 통지될 '001'로 설정되고, 그것의 그룹 어드레스(Group Addr) 정보는 MAC 페이로드에 포함된다. 디바이스의 '조인' 요청 프레임을 리스닝하는 BS(또는 게이트웨이(700))는 이를 네트워크 서버(702)에 전달하고, 네트워크 서버(702)는 네트워크에 조인하도록 디바이스(ED1, ..., EDn)를 수락한다. 이때, MType 필드가 '000'(조인 요청)이고, 수신된 MAC 프레임 헤더에서 RFU 필드가 '001'(CDL 디바이스)이면, 네트워크 서버(702)는 프레임 페이로드에 그룹 어드레스(Group Addr) 정보를 저장하고, 수신된 그룹 어드레스(Group Addr) 정보에 기반하여 디바이스 어드레스(DevAddr)를 할당한다. 새로 할당된 네트워크 어드레스(NwkAddr)(12 비트), 네트워크 식별자(NwkId) 및 그룹 어드레스(Group Addr) 정보를 포함하는 디바이스 어드레스(DevAddr)와 함께, '조인 수락' 메시지가 요청자, 즉 해당 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)에게 전송된다.

[0089] 조인 프로세스가 완료된 후, DL 이니시에이터는 센서 유형 또는 그것의 영역과 관계없이, 네트워크 서버(702)에 다운링크 요청 메시지를 주기적으로 전송한다. 네트워크 서버(702)는 다운링크 요청 메시지를 수신하면 RX2 윈도우(404)를 이용하여 방송 메시지를 전송한다. 네트워크 서버(702)의 방송 메시지는 애플리케이션 서버(704)로

부터의 시간 동기화 또는 인스턴트 쿼리할 수 있다. 다른 디바이스들은 매주기마다 깨어나고 네트워크 서버(702)의 방송 메시지를 리스닝하는데, 보다 구체적으로는, BS(게이트웨이(700))를 RX2 채널로 스위칭한다. 여기서서는 그룹 어드레스(Group Addr) 정보를 통해 모든 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn) 또는 선택적 엔드 디바이스로 다운로드 메시지가 전달될 수 있다.

[0091] 네트워크 시간 동기화

[0092] LoRaWAN의 핵심 기능 중 하나는 저전력 통신 특성이다. 배터리로 작동하는 각 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)의 수명을 연장하기 위해 LoRa는 업링크 지향 통신 방법을 사용했다. 따라서 각 디바이스(ED1, ..., EDn)는 감지된 데이터 업링크를 그 클럭에 기초하여 네트워크 서버(702)에 주기적으로 전송한다. IoT 디바이스에서 사용되는 실시간 클럭(RTC)은 시간이 지남에 따라 표류할 수 있으므로 디바이스(ED1, ..., EDn)와 네트워크 서버(702) 간에 다양한 타이밍 오류가 발생할 수 있음은 잘 알려져 있다. 따라서 IoT 애플리케이션에서 중요한 이슈 중 하나는 효율적인 시간 동기화 서비스이다.

[0093] 고유한 다운로드 제한으로 인해 디바이스(ED1, ..., EDn)와 네트워크 서버(702) 간의 시간 동기화는 LoRa 사양에 의해 지정되지 않는다. 따라서 개별 디바이스(ED1, ..., EDn)는 네트워크 서버(702)의 현재 시간 정보를 수신하여 동기화되어야 한다. 즉, 디바이스(ED1, ..., EDn)가 감지된 데이터를 네트워크 서버(702)로 전송하면, 도 5에 도시된 바와 같이 다음 RX 슬롯에서 수신하여 네트워크 서버(702)로부터 시간 정보를 얻을 수 있다. 그러나 이로 인해 추가 네트워크 트래픽이 크게 증가하고, 다른 디바이스들의 통신에도 영향을 줄 수 있다.

[0094] 한편, 본 발명의 일 실시예의 근간이 되는 CDL은 DL 이니시에이터에 의해 트리거된 방송 RX 윈도우를 사용하여 네트워크 서버(702)와 동시에 디바이스(ED1, ..., EDn)를 동기화할 수 있게 한다. 도 9에 도시된 바와 같이, DL 이니시에이터(ED1)는 RX 윈도우 방송을 하기 위하여, 주기적으로 (일반적으로 매시간) 네트워크 서버(702)에 DL 요청 메시지를 전송하고(S900), 네트워크 서버(702)는 시간 정보를 방송하기 위해 방송 RX 윈도우를 사용할 수 있다. 평균 클럭 드리프트를 고려하면, 시간 동기화는 많아야 하루에 한 번 수행될 수 있다. 다운로드 요청 메시지 다음에 오는 다운로드를 위한 첫 번째 RX 윈도우는 ACK 프레임을 DL 이니시에이터로 전송하는데 사용되며(S902), 네트워크 서버(702)는 첫 번째 RX 윈도우의 끝에서 현재 시간을 캡처한 다음 두 번째 RX 윈도우의 시작에서 캡처된 시간 정보를 방송한다(S906). 네트워크의 모든 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)는 RX2 윈도우(404)의 시작 부분에서 일어나서 RX2 윈도우(404) 기간 동안 네트워크 서버(702)로부터 방송 메시지를 대기한다. 시간 동기화 메시지 수신시, 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)는 RTC를 네트워크 서버(702)로부터 수신된 시간 정보로 재구성한다. 개별 디바이스가 네트워크 센서와 각각 동기화되어야 하는 LoRa 표준과 달리 본 발명의 근간이 되는 CDL의 모든 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)는 동시에 네트워크 서버(702)의 시간 정보를 수신하여 동기화될 수 있으므로 네트워크의 트래픽은 크게 감소되어 디바이스들 간의 시간 차이가 감소될 수 있다.

[0096] 전력 균형 조정

[0097] 본 발명의 근간이 되는 CDL의 뛰어난 기능 중 하나는 네트워크의 모든 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)가 DL 이니시에이터에 의해 주기적으로 트리거되는 다운로드용 공통 RX 윈도우를 사용한다는 것이다. 그러나 이 특징은 다른 일반 리스너 엔드 디바이스보다 DL 이니시에이터의 전력 소비가 많아질 수 있다. 따라서, 특정 엔드 디바이스(ED1)의 집중적인 전력 소모를 회피하고 네트워크 내의 모든 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)의 전력을 조정하기 위하여, DL 이니시에이터가 동적으로 변경된다. DL 이니시에이터 변경은 Fcnt(프레임 카운터)를 기반으로 하는데, 프레임 카운터는 네트워크 서버(702)와 각 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)에 의해 관리된다. Fcnt는 또한 업링크 카운터에 대한 FcntUp 및 다운로드 카운터에 대한 FcntDown으로 분리된다. 따라서 네트워크 서버(702)가 DL 요청 메시지를 수신할 때마다 네트워크 서버(702)는 다음을 확인한다:

[0098] If (현재의 DL 이니시에이터의 FcntUp + FcntDown ≥ 임계값)

[0099] 2개의 카운터 값의 합이 임계값 이상인 경우, 새로운 DL 이니시에이터를 선택하기 위해 네트워크 서버(702)는 다음과 같이 새로운 DL 이니시에이터 후보를 찾는다.

수학식 2

$$DL_{candidate} = \underset{\forall i \in N}{\operatorname{argmin}} \{ FcntUp(i) + FcntDown(i) \}$$

여기서 N은 네트워크의 엔드 디바이스 집합이다.

여기에서 문제는 최상의 임계값이다. 너무 작은 값을 취하는 경우, 네트워크 내의 모든 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)의 Fcnt 값이 임계값보다 크면, 새로운 DL 이니시에이터는 선택될 수 없다. 한편, 너무 큰 임계값을 취하는 경우, 원래의 DL 이니시에이터(ED1)의 에너지는 집중적으로 소비될 수 있다. 따라서 이 문제를 해결하기 위해 본 발명의 일 실시예에서는 다음과 같이 임계값을 동적으로 변경한다.

수학식 3

$$\text{Treshold}(\text{new}) = \text{Treshold}(\text{old}) \times \left(1 + \frac{1}{2^R} \right)$$

이는 도 10에 도시된 바와 같이 임계값의 로그 스케일 변화를 초래한다. 즉, 임계값은 작은 값으로 시작하지만 거의 최대값에 도달 할 때 비슷한 값으로 유지된다. 이는 최소의 에너지를 소비하는 후보 엔드 디바이스를 계속 해서 찾아내는 것을 가능하게 하고, 엔드 디바이스가 새로운 DL 이니시에이터가 될 수 있게 한다. 임계값 변경은 또한 DL 이니시에이터 변경 이벤트와 함께 수행된다. 따라서 본 발명의 일 실시예에서는 네트워크 내의 모든 엔드 디바이스의 Fcnt 값을 고려하여 DL 이니시에이터를 동적으로 선택하기 때문에, 주기적인 DL 요청 메시지 전송으로 인해 발생하는 전력 불균형 문제가 해결될 수 있다.

CDL에 기반한 IoT 쿼리 전파

본 발명의 근간이 되는 CDL은 엔드 디바이스들 간의 다운링크 슬롯을 협력적으로 공유함으로써 다운링크 방송뿐만 아니라 그룹 어드레스 필드를 효율적으로 이용하는 데이터 중심의 통신을 가능하게 한다. 하기에 CDL과 관련하여 그룹캐스팅과 지오캐스팅이 소개된다.

다운링크(DL) 그룹캐스팅

일종의 멀티캐스팅인 그룹캐스팅은 데이터가 네트워크의 특정 유형의 센서로부터서만 요청될 때 사용된다. 예를 들어 도 11에 도시된 바와 같이 애플리케이션 서버(1104)는 온도가 30도보다 높은 센서를 알고 싶어한다. 이 경우 애플리케이션 서버(1104)는 네트워크 서버(1102)에 쿼리를 요청할 수 있으며 온도 센서 비트가 설정된 어드레스(Addr) 필드와 도 11에 도시된 쿼리를 포함하는 메시지를 엔드 디바이스(1106)로 방송한다. 쿼리의 결과로서, 조건을 만족하는 센서들(> 30° C)만이 네트워크 서버(702)에 응답한다. 네트워크 서버(702)는 데이터를 집계한 다음 집계된 결과를 애플리케이션 서버(704)로 보낼 수 있다. 이 그룹캐스팅 기능은 전체 네트워크 트래픽은 물론 네트워크 서버(702)의 과도한 데이터 저장소를 줄일 수 있다.

CDL 지오캐스팅

그룹 어드레스(Group Addr) 필드는 센서 유형 필드뿐만 아니라 영역 필드를 구성할 수 있는 기능을 이미 포함한다. 영역 필드를 사용하여, 네트워크 서버(1102)는 GPS의 도움없이 특정 영역에 있는 센서에서만 데이터를 수신할 수 있다. 특히, LoRa는 반경이 수 킬로미터 이상을 커버할 수 있기 때문에 단일 게이트웨이로 커버되는 영역을 하위 영역으로 나눌 필요가 있다. 예를 들어, 도 12에서와 같이 센서 필드가 4개의 하위 영역(A, B, C 및 D)으로 분할될 수 있는 경우 CDL을 사용하면 특정 영역에 있는 센서에서만 센서 데이터를 수집할 수 있다. 이 경우 사용자(애플리케이션 서버(1104))가 특정 영역의 최근 데이터를 요청한 다음, 네트워크 서버(1102)는 해당

비트맵을 영역 필드에 설정하고 메시지를 네트워크, 즉 엔드 디바이스(1106)로 방송한다. 관심 영역(예: 영역 A)의 엔드 디바이스들만 네트워크 서버(1102)에 응답할 수 있다. 또한, 영역 필드는 비트맵으로 표현되기 때문에, 여러 영역으로부터 데이터를 수집하는 것이 가능하다. 예를 들어 영역 필드가 '0101'을 포함하는 경우, 이것은 영역 B와 D를 모두 의미한다. 또한 센서 유형 필드와 영역 필드의 조합을 사용하여 보다 진보된 데이터 중심 집계를 사용할 수 있다. 예를 들어, 쿼리는 다음과 같을 수 있다: 영역 A와 D에서 온도가 0°C 미만인 엔드 디바이스들만.

[0115] 성능 평가

[0116] 본 발명의 근간이 되는 CDL의 각 기능이 테스트되고 LoRa 표준과 성능 비교가 수행된다. 표준의 기본 기능을 그대로 사용하면서 CDL은 상위 수준에서 추가 기능을 추가하여 구현되므로 성능 평가에서 데이터 성공률 및 지연 분석이 스킵된다. 실험의 결과로서, 이 두 지표는 표준과 거의 비슷한 성능을 나타내므로 본 발명에서는 논쟁의 여지가 없습니다. 그 대신, LoRa 표준에 비해 전체 네트워크 트래픽이 평가되고, LoRa의 가장 중요한 기능인 에너지 소비가 분석된다.

[0118] 실험 환경

[0119] LoRa 네트워크를 구현하기 위해 기성품 LoRa 제품[18]이 사용되었다: 엔드 디바이스용 Multitech mDot 및 LoRa 게이트웨이용 Conduit. 엔드 디바이스와 게이트웨이는 LoRa 사양 버전 1.02에 지정된 한국어 주파수 규정으로 구성된다. 1개의 게이트웨이 및 5개의 엔드 디바이스가 실험에 사용되었다. mDot 및 Conduit는 LoRa 표준 스택을 포함하고 있으므로, LoRa 표준 성능은 원래 시스템에 기반하여 테스트되고, LoRa 표준의 맨 위에는 CDL이 구현된다. 실험은 5개의 엔드 디바이스에서 수행되었지만 실제 실험 결과를 토대로 표 2에 보여지는 바와 같이 광범위한 환경에서 성능이 평가되었다.

표 2

Parameter	Value
Current on Tx	36 mA
Current on Rx	11 mA
Current on sleep	2 uA
RX1 window duration	1 s
RX2 window duration	1 s
TX duration	1 s
Supply Voltage	3.3 V
CDL period	1 h

[0122] 트래픽 분석

[0123] 본 발명의 중요한 특징 중 하나는 공유된 다운로드 슬롯을 사용함으로써 네트워크 서버(702)가 각 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)로 전송되는 방송 메시지를 처리할 수 있다는 것이다. 특히, 이 방송 메시지의 시간 동기화 메시지는 모든 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)를 동기화하기 위해 주기적으로 사용되어야 한다. 따라서 이 실험에서, 각 엔드 디바이스(ED1, ..., EDn)는 하루에 한 번 네트워크 서버(702)로부터 동기화되고, 네트워크에서 생성된 총 패킷 양(즉, 트래픽)은 네트워크가 30일 동안 유지될 때 측정된다. 확장된 실험을 위해 엔드 디바이스의 수를 1에서 5로 증가시켜 생성된 패킷 수를 측정하고 이 데이터를 기반으로 엔드 디바이스의 수가 10에서 100으로 증가했을 때 패킷 수를 계산했다. 하루에 한 번씩 동기화 메시지를 보내는 것에 부가하여, 각 엔드 디바이스는 한 시간에 한 번 네트워크 서버(702)에 감지 데이터를 보내고 ACK를 수신하는 모델을 사용한다.

[0124] 도 13은 LoRa 및 CDL에서 한 달 동안 생성된 총 패킷 수를 보여준다. 그 결과 엔드 디바이스의 수가 적으면

LoRa 표준 및 CDL의 트래픽 양은 방송에 큰 영향을 미치지 않으므로 총 트래픽 양에는 큰 차이가 없지만 트래픽 양은 엔드 디바이스의 수가 증가함에 따라 현저해진다. 이는 본 발명의 방송 기능이 트래픽을 줄이는데 효과적이었기 때문이다. 특히, LoRa에서는 긴 통신 거리로 인해 단일 게이트웨이에 많은 수의 엔드 디바이스가 수용된다. 그러나 네트워크가 클수록 트래픽 감소 효과가 커진다.

[0126] 에너지 소비 및 배터리 수명

[0127] LoRa의 가장 중요한 특징 중 하나는 저전력 통신 능력이다. 이 저전력 능력은 다양한 IoT 애플리케이션에 매우 적합하다. 이 실험은 LoRa 표준 및 본 발명의 에너지 소비를 평가한다. LoRa 게이트웨이는 AC 전력과 함께 제공되므로 고려하지 않는다. 각 상태에서의 전류 소모량은 표 2에 나와 있다(MCU 소비 전류 포함). 도 14에 도시된 바와 같이 소비 전력을 측정하기 위해 3개의 상태(TX 상태, RX 상태, SLEEP 상태)로 나누고, 각 상태에 따른 소비 전류를 각 상태 시간에 통합한다. 소비 전력은 전력 소비를 1시간 동안 소비된 전력에 곱하여 계산한다. 도 15는 한 주기(1시간) 동안 엔드 디바이스 당 데이터 전송 수가 1에서 10으로 증가한 결과를 보여준다. 실제로 본 발명은 표준 LoRa의 확장 버전이지만 LoRa의 모든 저전력 특징을 수용하므로 각 엔드 디바이스의 에너지 소비는 크게 다르지 않다. 이것은 방송의 영향을 고려하지 않고, 시간 동기화를 고려하면 표준 LoRa보다 에너지 소비가 약간 적을 수 있다.

[0128] 더 직관적인 에너지 소비를 더 잘 이해하기 위해 두 개의 AA 배터리를 기반으로 한 엔드 디바이스의 배터리 수명도 계산되었다. 도 16은 시간당 한 번에서 열 번까지 데이터를 전송할 때의 배터리 수명을 보여준다. 도면에 도시된 바와 같이, 데이터가 1시간 내에 한 번 또는 두 번 전송될 때, 본 발명은 공유된 다운로드 슬롯을 유지하기 위한 추가적인 에너지 소비로 인해 표준 LoRa보다 배터리 수명이 다소 짧아지는 경향이 있다. 그러나 데이터 수가 증가하면 그것은 소비된 양으로 수렴한다. 또한 1시간에 한 번의 데이터 전송을 고려하면 본 발명은 LoRa뿐만 아니라 10년 이상의 수명을 보장할 수 있고, 원격 검침과 같은 장수명 애플리케이션에 적합하다.

[0130] 결론

[0131] 본 발명에서는 LPWAN의 대표 기술인 LoRaWAN이 다루어졌다. 특히, 본 발명은, DL 이니시에이터에 의해 주기적으로 트리거되는 공유 다운로드 슬롯을 기반으로 하는 협력적인 다운로드 리스닝(CDL)에 의해 LoRaWAN의 근본적인 문제인, 다운로드 제약을 해결하였다. 또한, DL 이니시에이터의 집중적인 에너지 소비를 피하기 위해 동적 DL 이니시에이터의 선택을 통해 에너지 균형이 달성되었다. 또한 본 발명과 관련하여 다양한 데이터 중심 모델인, 그룹캐스팅 및 지오캐스팅이 가능함을 보여준다. 본 발명은 기존의 LoRa 표준을 최소한으로 수정하고 LoRa 표준과의 호환성을 유지하면서 구현되었다. 실험에 따르면 본 발명은 특히 네트워크의 엔드 디바이스의 수가 크게 늘어난 경우 LoRa 표준에 비해 트래픽을 크게 줄였다. 또한 본 발명은 LoRa에 비해 거의 비슷한 에너지 소모량을 보여 주었으며 1시간 통신을 고려할 때 배터리 수명을 10년 이상 보장할 수 있음을 보여주었다. 본 실험 결과를 토대로 LoRaWAN 기반의 다양한 응용 분야에 본 발명이 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

[0132] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세하게 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함은 명백하다고 할 것이다.

[0133] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속하는 것으로, 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

부호의 설명

[0134] 200 : 엔드 디바이스 202 : 게이트웨이
204 : 네트워크 서버 206 : 애플리케이션 서버
400 : 업링크 전송 402 : 제1 수신 윈도우
404 : 제2 수신 윈도우 600 : 표준 디바이스 어드레스
602 : 네트워크 식별자 필드 604 : 네트워크 어드레스 필드

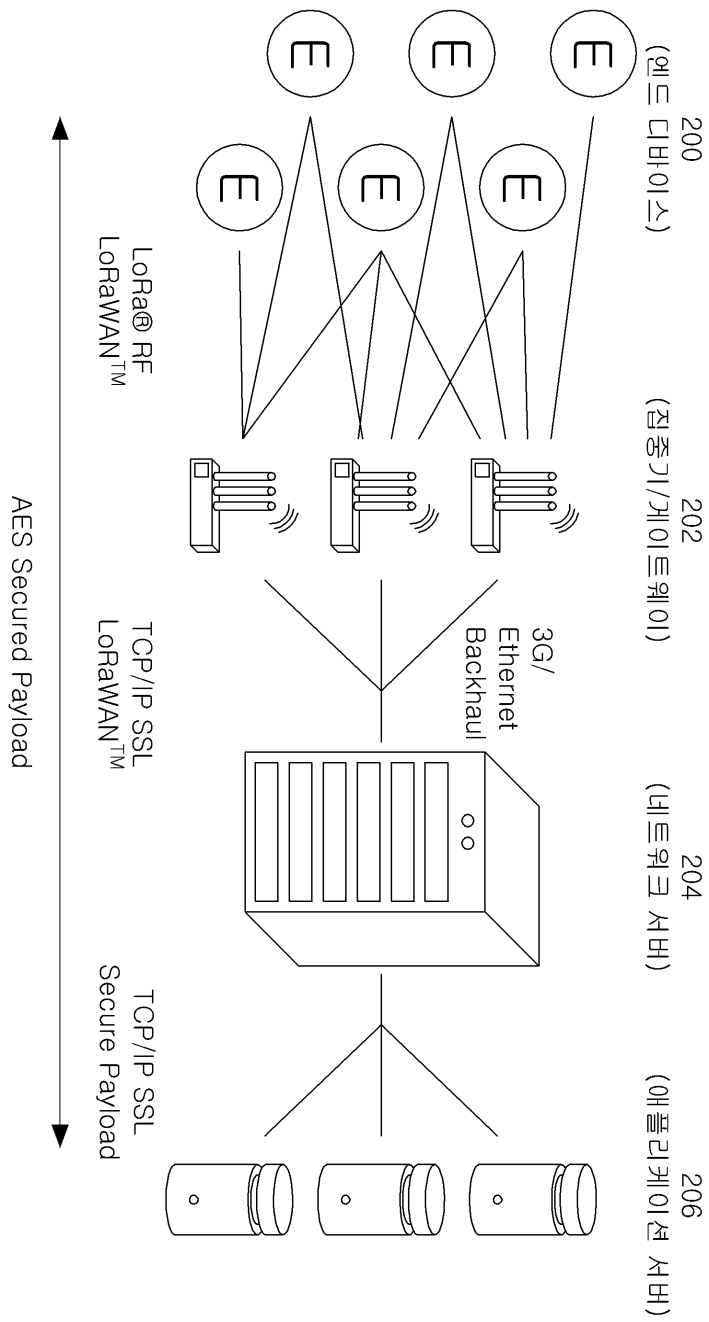
606 : 본 발명에서 사용되는 디바이스 어드레스
 608 : 네트워크 식별자 필드 610 : 그룹 어드레스 필드
 612 : 네트워크 식별자 필드 614 : 센서 유형 필드
 616 : 영역 필드 700, 1100 : 게이트웨이
 702, 1102 : 네트워크 서버 704, 1104 : 애플리케이션 서버
 706 : 제어부 708 : 저장부
 1106, ED1, ..., EDn : 엔드 디바이스

도면

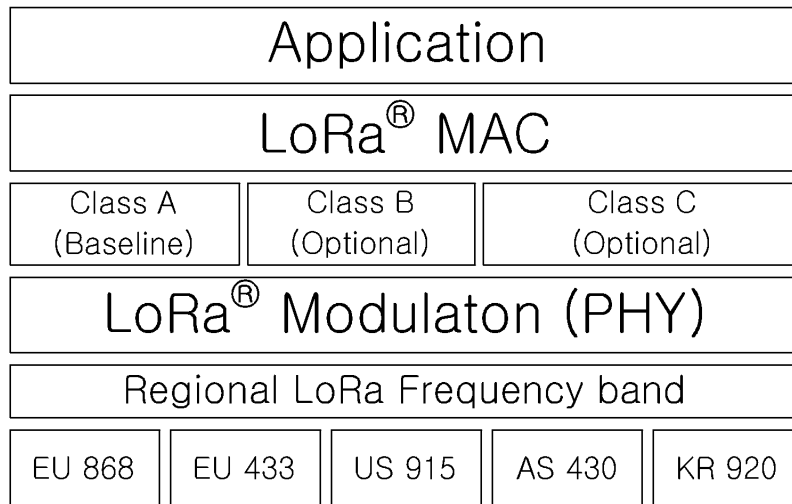
도면1

	Europe	North America	China	Korea	Japan	India
Frequency band	867-869MHz	902-928MHz	470-510MHz	920-925MHz	920-925MHz	865-867MHz
Channels	10	64 + 8 + 8	In definition by Technical Committee			
Channel BW Up	125/250kHz	125/500kHz	In definition by Technical Committee			
Channel BW Dn	125kHz	500kHz	In definition by Technical Committee			
Tx Power Up	+14dBm	+20dBm (+30dBm allowed)	In definition by Technical Committee			
Tx Power Dn	+14dBm	+27dBm	In definition by Technical Committee			
SF Up	7-12	7-10	In definition by Technical Committee			
Date rate	250bps-50kbps	980bps-21.9kbps	In definition by Technical Committee			
Link Budget Up	155dB	154dB	In definition by Technical Committee			
Link Budget Dn	155dB	157dB	In definition by Technical Committee			

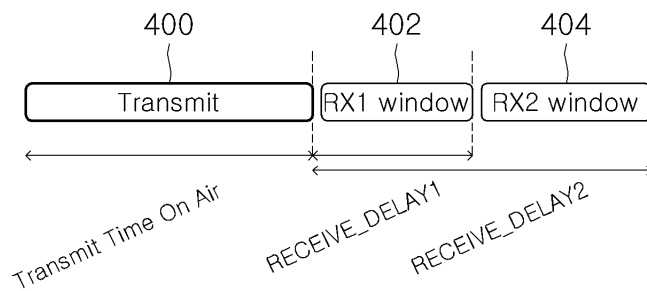
도면2



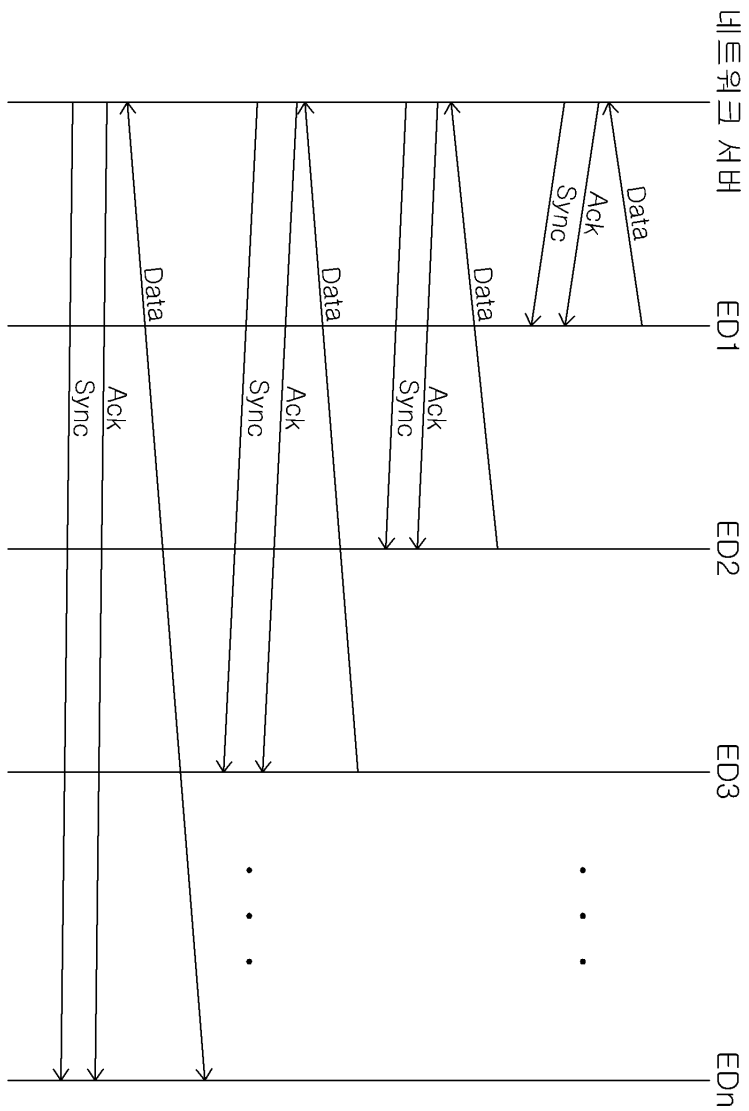
도면3



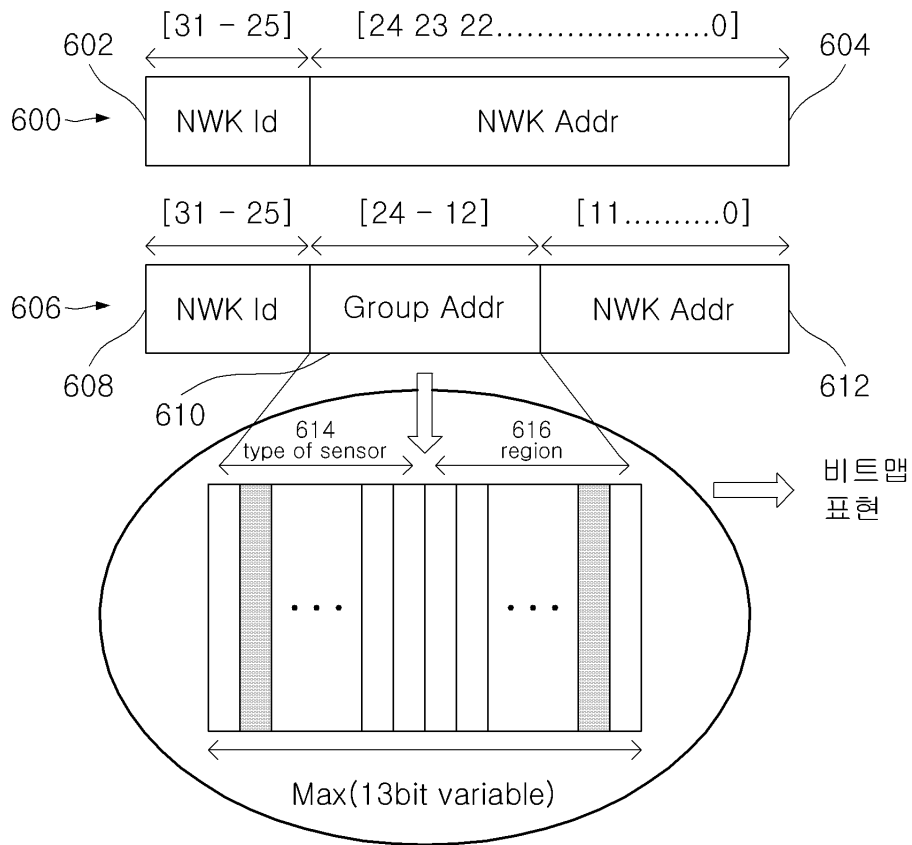
도면4



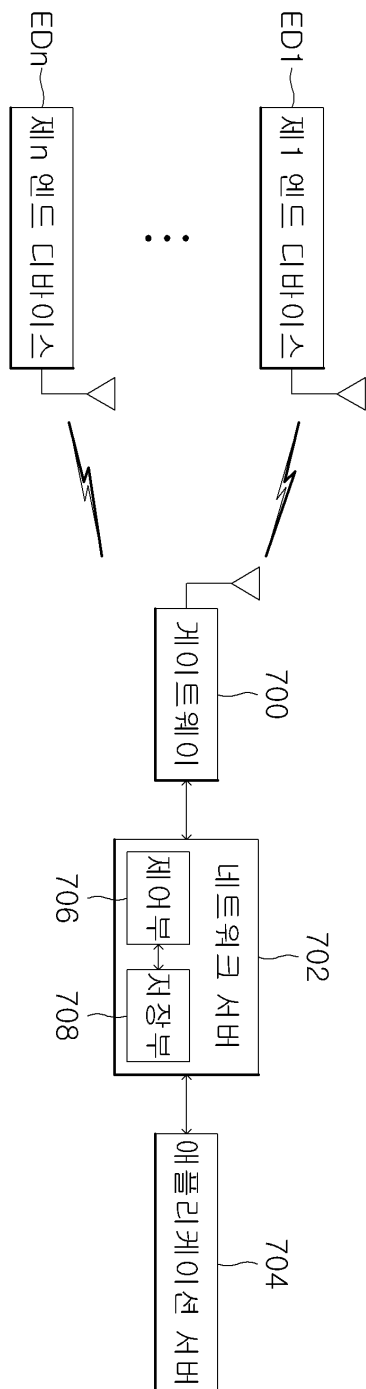
도면5



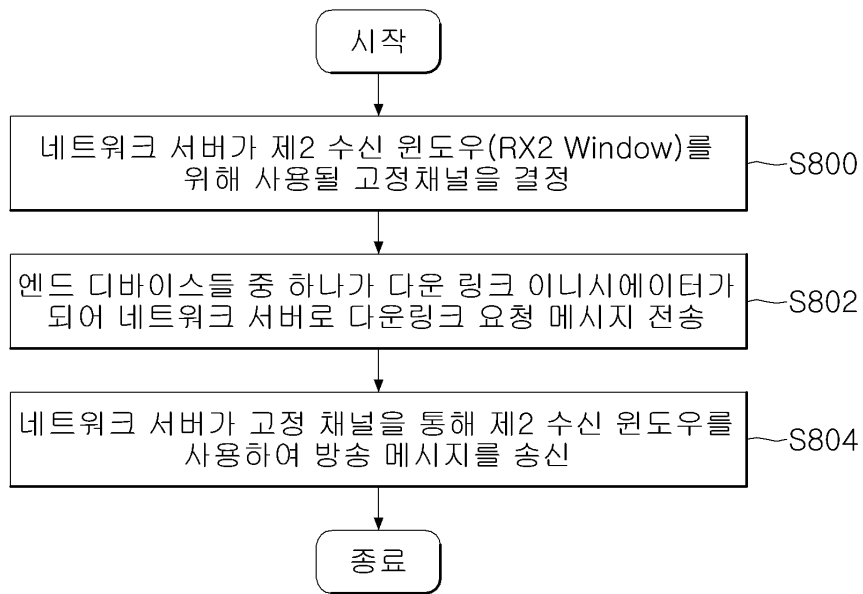
도면6



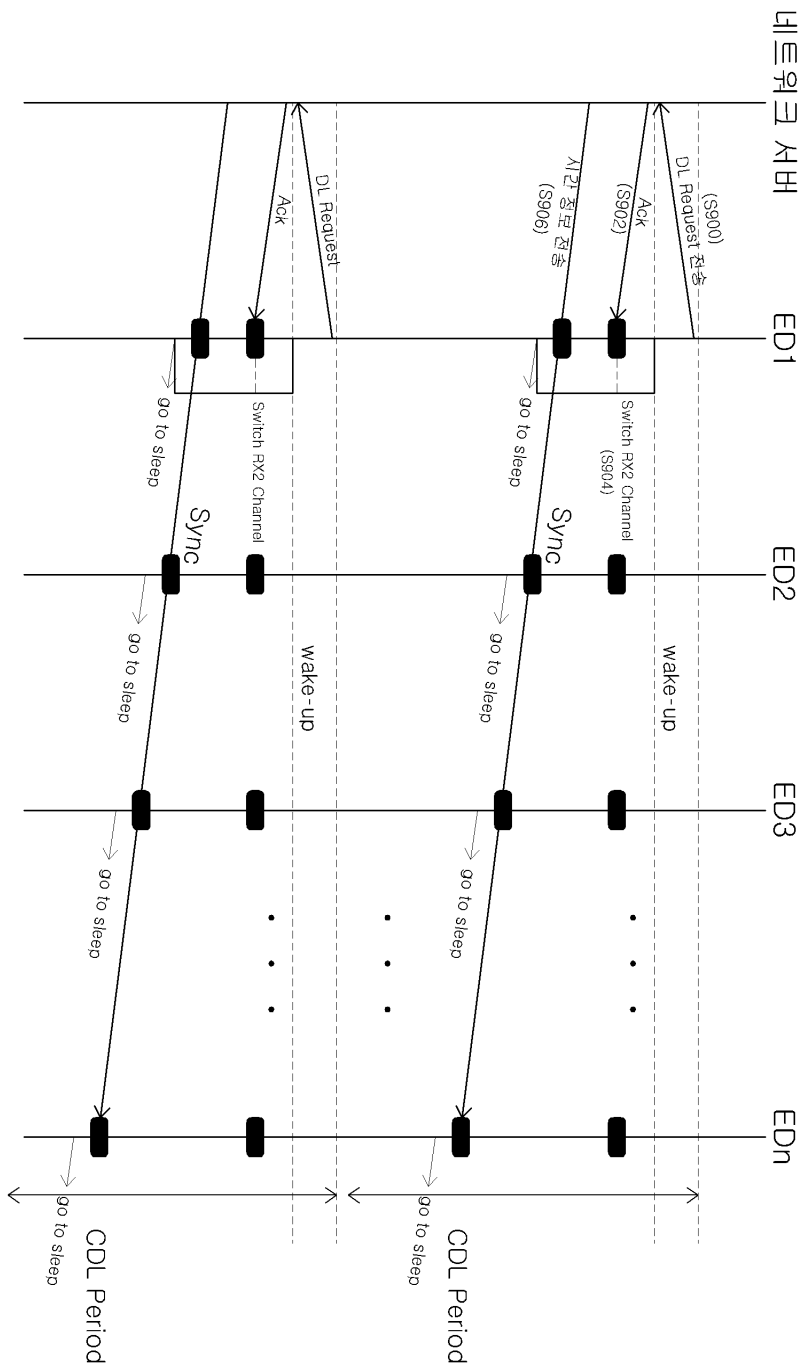
도면7



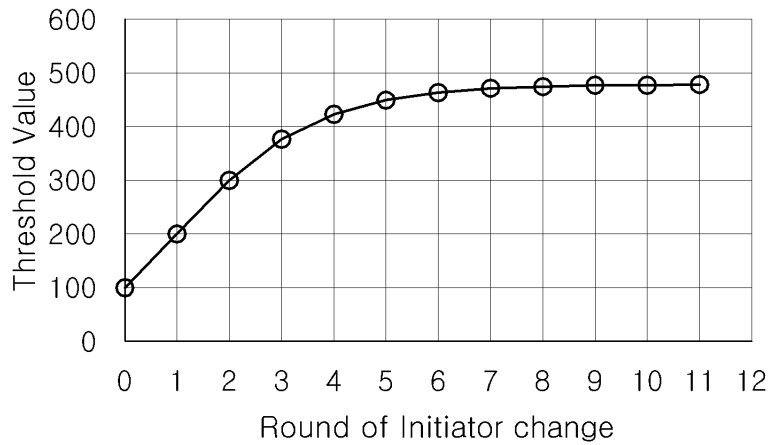
도면8



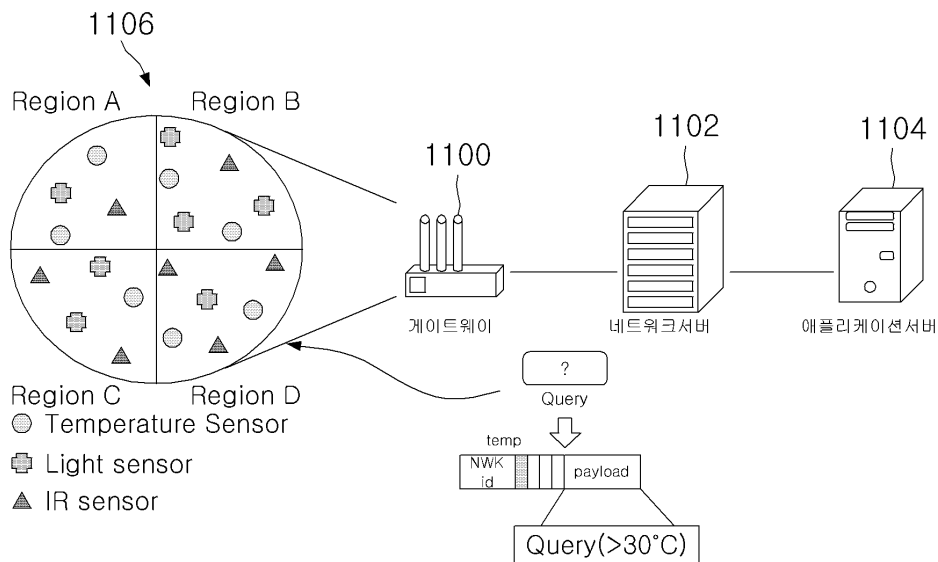
도면9



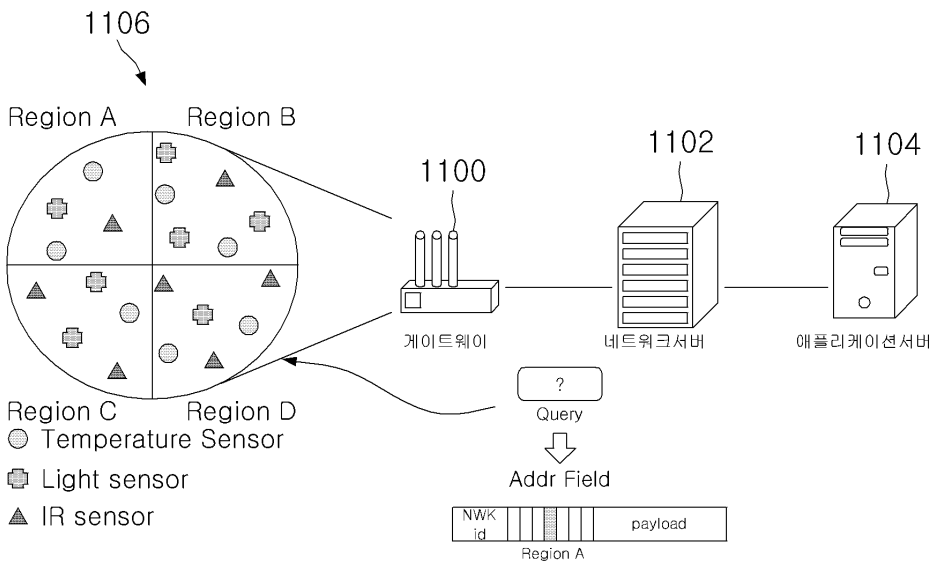
도면10



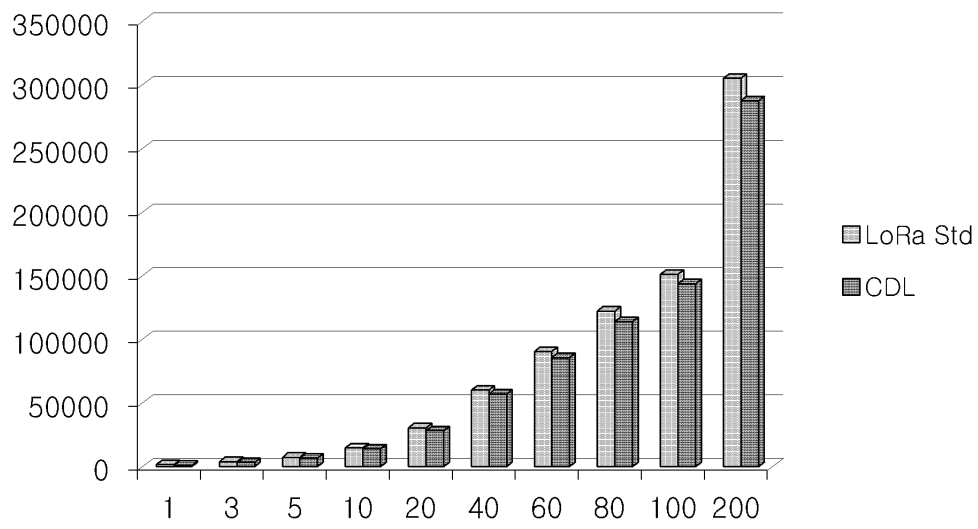
도면11



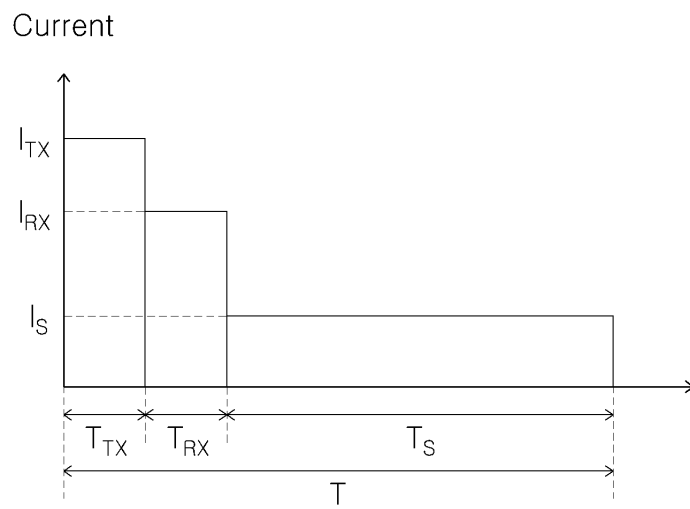
도면12



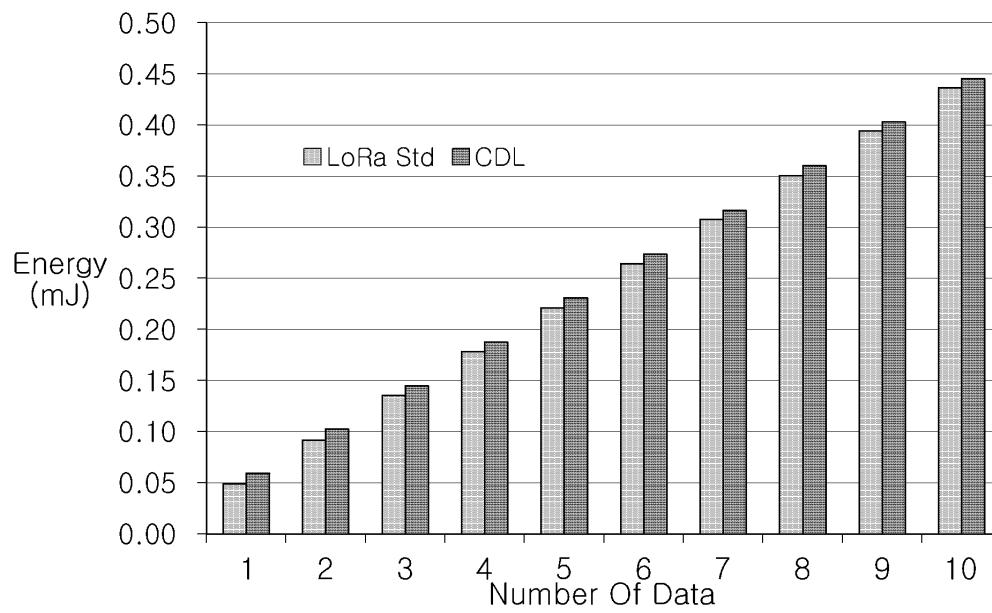
도면13



도면14



도면15



도면16

