

극한지 빅데이터를 위한 남극 IoT 네트워크 엔티티

염선호¹, 윤동진², 황아리¹, 임용곤¹, 박수현*

1. 국민대학교 특수통신융합서비스연구센터, 2. 한국해양과학기술원 부설 극지연구소,
*국민대학교 소프트웨어융합대학

junsan86@kookmin.ac.kr, dj_yoon@kopri.re.kr, hwangr2@kookmin.ac.kr yklim3330@kookmin.ac.kr,
*shpark21@kookmin.ac.kr

Antarctic IoT Network Entities for the Big Data of Extreme Cold Region

Yum Sun-Ho¹, Yoon Dong-Jin², Hwang Ari¹, Lim Yong-Kon¹, Park Soo-Hyun*

1. Special Communication & Convergence Service Research Center of Kookmin University.,
2. Korea Polar Research Institute
*College of Computer Science Kookmin University.

요약

본 논문에서는 극한지의 특징을 이해하고 대표적인 극한지인 남극 현장에서 활동하는 인구가 처한 문명권 대비 극심한 정보격차의 원인을 이해한다. 문제 극복을 위해 저자가 제시한 남극 IoT 네트워크 아키텍처 개발을 위해 선행한 네트워크 참여 엔티티들의 정의 결과를 통해 극한지와 같은 인간 활동 제약 조건에서도 미래 추론이 가능한 ‘극한지 빅데이터’ 구축의 실현 가능성을 파악할 수 있다.

I. 서론

특정 자연계의 특성이 인간 생태(ecology) 적응에 부적합한 상태가 계속 되는 지역을 가리켜 극한지(極限地)라 한다. 구체적으로 온도와 같은 환경 지표가 신체가 감내할 수 있는 범위보다 극적으로 높거나 낮은 곳, 그리고 정밀한 장치의 도움 없이는 물리적 접근이 도저히 어려운 지역들이 해당한다. [1] 이 가운데 평균기온이 극저온인 지역 또한 극한지(極寒地)라 하며 먼저 언급한 극한지(極限地)의 하위 개념이다.

남극은 문명권에서 축적하고 체계화한 기술을 응용하여 제한적이나마 생태환경을 극복하며 장기 거주할 수 있는 극한지(極寒地)이다.

하지만 극점에 위치한 대륙이기 때문에 인간이 기술을 통해 달성한 생태 적응 상태는 대륙성 기후변화로 인하여 수시로 취약상태로 변화할 수 있다는 한계가 있다. 이 때문에 남극에서 특정 개인이 특정 시점에서 획득 또는 생성한 정보를 공유하는 과정에서 문명권의 정보망 접속 비용 대비 매우 큰 비용을 요구한다. 남극 현장 활동 인구 인터뷰를 통해 이해한 두 지역의 정보의 규모와 질의 차이는 2018년 기준, 매일(each day) 25억 GB[2] 대 수십GB 정도의 매우 큰 격차를 갖는다.

본 논문에서는 열거한 극한지, 그리고 남극에서 인간의 정보화 활동의 문제점들을 극복할 수 있는 남극 IoT(사물인터넷) 네트워크 아키텍처 구조를 고민하고자 하며 첫 번째 단계로 남극 IoT 네트워크 엔티티를 정의하고자 한다. 이를 통해 여러 남극과 남극에 의한 우리 일상 생활에 끼치는 미래 시점 추론에 필요한 ‘극한지 빅데이터’ 구축을 위한 견고한 극한지 정보화 체계 구축 요소기술로 활용하고자 한다.

II. 남극 IoT 네트워크 구조

현재 기준으로 남극 현장 환경을 반영한 IoT 네트워크 구조가 존재하지 않음에 따라, 네트워크 참여 엔티티를 정의한 사례 또한 존재하지 않는다.

따라서 본 장은 우선 문명권에서 가장 신뢰도가 높은 TCP/IP 프로토콜 슈트를 기반으로 남극 현장 인구의 비정형 디지털화 요구사항[3]을 체계화한 IoT 네트워크 구조를 기술하였다.

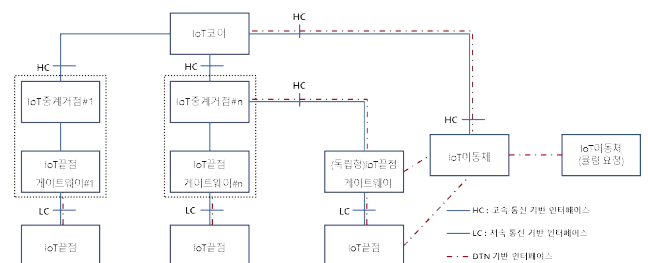


그림 1 남극IoT 네트워크 구조

구조에서 ‘IoT끝점 게이트웨이’는 ‘IoT중계거점’과 전력, 통신 인터페이스를 공유하는 방식, 독립적인 전개 방식 두 가지를 갖는다.

기술 결과는 남극 통신기술의 물리적 특성과 한계가 계속됨에 따라 크게 수정될 가능성이 있다.

III. 남극 IoT 네트워크 엔티티

문명권의 네트워크 구조가 장애/에러에 대응하여 이중삼중의 백업 망을 설계에 반영하는 것에 비해 남극 IoT 네트워크 구조는 인프라 구축 및 운용 유지에서 매우 큰 비용이 소모되는 까닭에 통신 제약에 대응하는 방법으로 제약환경 네트워크 데이터 전송 기술인 DTN(Delay Tolerant Network)이 필요하다. 하지만 심우주 네트워크에 적용을 상정하여 개발된 대표적인 DTN 프로토콜인 IETF RFC 4838[4]은 참여 노드의 통신과 컴퓨팅에 필요한 ‘전력 수급’ 문제를 우주공간의 환경 특성을 고려한 물리

적인 하드웨어 설계 레벨에서 극복하도록 하였으며, 또한 회수 가능성을 고려하고 있지 않음에 따라 가용 전력이 소진되는 시점이 네트워크 수명 종료로 이해된다. 반면, 남극 IoT 네트워크는 서술한 조건들의 반대가 되는 운용 시나리오가 많을 것으로 예상되며 참여 노드의 전력 수급 관리 문제는 하드웨어뿐만 아니라 통신/네트워크에서도 디지털화된 방식으로 대응하는 기술이 요구되며, 이를 DTN 방식으로 풀어내는 것이 필요하다.

본 절에서는 남극 IoT 네트워크 엔티티를 ‘㉠ TCP/IP 계층 지원 범위, ㉡ 엔티티 기능 정의, ㉢ 통신/컴퓨팅에 필요한 전력 수급 수준, ㉣ DTN 기술의 적용’ 측면에서 고민하였다.

(1) IoT코어

㉠ TCP/IP 전 계층을 지원하는 ㉡ 극한지 빅데이터 체계의 코어 서버 또는 문명권에 위치한 클라우드 중계를 위한 데이터 임시 저장소로서 ㉢ 인터넷에 연결되는 남극 IoT 네트워크 토폴로지의 형성 및 관리를 수행하는 엔티티이다. 해당 엔티티는 전력 수급 측면에서 ㉣ 네트워크, 컴퓨팅에 많은 전력을 요구하기 때문에 반드시 충분한 전력이 공급되어야 한다.

(2) IoT중계거점

㉠ TCP/IP 전 계층 지원하는 ㉡ IoT코어 방향으로 남극 IoT 네트워크 정보를 효과적으로 라우팅하기 위한 목적의 중계기로서 ㉢ 라우팅의 최대 효율 달성을 위해 적극적인 IP(인터넷 프로토콜) 패킷 필터링을 수행한다. 해당 엔티티는 전력 수급 측면에서 ㉣ IoT 코어로부터 운용 소모전력에 대한 지원이 ‘계획된 일정’을 요청할 수 있으며, ㉤ Energy Harvesting 및 고도의 전력관리 기술을 이용하여 현재 전력 성능을 기준으로 선택적으로 OSI 7 Layer L4~L7에 해당하는 QoS 프로토콜 실행할 수도 있다. 서술한 특징으로 인해 최종 사용자는 ㉤ 설계, 배치 단계에서 탑재되는 전원 공급 시스템에 기준으로 하여 TCO(총 소유 비용)와 유지보수 시점 추론할 수 있어야 한다.

(3) IoT끝점

㉠ TCP/IP Network Access 계층 지원하는 ㉡ 남극 현장의 아날로그, 디지털 센서 정보의 무인 및 자동 수집 기능이 탑재된 장치로서 ㉢ 수집되는 데이터의 등급은 원시 등급이다. 해당 엔티티는 전력 수급 측면에서 ㉣ IoT 코어로부터 운용 소모전력에 대한 지원이 ‘추정 불가능’하며, 따라서 운용시나리오에 따라 ㉤ 데이터 정보는 비휘발성 저장소 저장, IoT끝점 게이트웨이로 즉시 전송, 두 가지 방법을 순차적으로 반복 수행함

(4) IoT끝점 게이트웨이

㉠ TCP/IP Network Access, Internet, Application 계층 지원하는 ㉡ IoT끝점과 전력효율이 있는 통신기술로 링크를 구축, 유지하는 목적의 게이트웨이로서 ㉢ 전력, 컴퓨팅 기능이 제한되는 IoT끝점 목록의 유지, 기록의 IoT코어로 보고 수행한다. ㉣ IoT끝점의 원시 데이터는 일반 시나리오에서는 본 게이트웨이가 보관하지 않고 즉시 IoT중계거점으로 중계 전송하며 ㉤ 물리적으로 IoT중계거점 내

통합 운영 가능하다. 해당 엔티티는 전력 수급 측면에서 ㉤ 독립 운영될 경우, IoT코어로부터 운용 소모전력에 대한 지원이 ‘계획된 일정, 충동적인 요청’을 할 수 있으며, ㉤ 독립 운영 중 전력 성능에 돌이킬 수 없는 변화가 발생하면 모든 임무를 중지하고 IoT코어에게 충동적인 전력지원 요청 실행할 수 있다.

(5) [물링(muling)과 무인, 자율 운영 기능을 갖춘]IoT이동체

㉠ TCP/IP 전 계층의 지원하는 ㉡ 보유한 발전기를 통해 남극 현장 이동성을 갖춘 엔티티로서 해당 엔티티는 전력 수급 측면에서 ㉣ IoT 코어로부터 운용 소모전력에 대한 지원이 ‘능동.가변적’ 요청을 할 수 있다. 운용 시나리오는 일반과 무인, 자율 운영으로 나뉘며 ㉤ 일반 시나리오에서는 App 계층을 통해 남극 인구가 요청한 이동성이 수반되는 서비스를 수행한다. ㉤ 무인, 자율 운영 시나리오에서는 아래의 임무를 수행한다.

- a. IoT코어로부터 ‘계획된 전력지원 요청’에 대한 임무수락 및 수행
- b. IoT코어로 요청된 ‘충동적인 전력지원 요청’ 위임/위탁처리

㉤ ㉡ 무인, 자율 운영 중 전력 성능에 돌이킬 수 없는 변화가 발생하면 모든 임무를 중지하고 IoT코어에게 충동적인 전력지원 요청할 수 있다.

㉤ ㉡ 모든 전력지원 임무에서는 전력 성능이 저하된 엔티티의 구명과 함께 아래의 해당하는 물링 기능을 선택적으로 추가 수행한다.

- a. 비휘발성 데이터에 저장된 데이터 정보 전체의 물링
- b. 비휘발성 데이터에 저장된 긴급 데이터의 고속 물링
- c. 엔티티 자체의 물리적인 물링

IV. 후속연구

‘II, III’절에 기술된 네트워크 구조와 엔티티는 남극 현장에서 남극 IoT 네트워크용 통신과 디바이스의 계층, 운용 데이터를 각각 축적하여 극한지(極寒地)에서 전력 효율이 높은 ‘통신 인터페이스 명세’와 ‘프로세스 스케줄링’을 작성하는 후속연구가 필요하다.

후속연구는 남극 IoT 네트워크의 최소, 최대 가용성을 추론할 수 있는 네트워크 시뮬레이션 개발에 활용될 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(극한지 관측 및 정보처리 기술개발)

참 고 문 헌

- [1] 황인주, 극한지(極寒地) 오일·가스 플랜트 기술, 기계저널 제57권 제2호(통권 제435호), 대한기계학회, 2017
- [2] esteramorperez, How to manage complexity and realize the value of big data, IBM blog, May 28 2020
- [3] 한국로봇융합연구원, 「미래 주권 확보를 위한 극한지 개발 및 탐사용 협동 이동체 시스템 기술개발」 공동기획연구 보고서, 2019.2
- [4] V. Cerf et al. Delay-Tolerant Networking Architecture. RFC 4838 (Informational). Internet Engineering Task Force, Apr. 2007. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc4838.txt>