

블루투스 메시 네트워크 최적화를 위한 비동기 동적 스캔 시스템의 전력소모 분석

최승규, 김우현, 손일수
서울과학기술대학교

senkyu.choi@seoultech.ac.kr, kwh971208@seoultech.ac.kr, isohn@seoultech.ac.kr

Optimizing Power Consumption for BLE Mesh Asynchronous Dynamic Scanning Systems

Choi Seung-Kyu, Kim Woo Hyun, Sohn Illsoo
Seoul National University of Science and Technology

요 약

본 논문은 블루투스 비동기 메시 네트워크의 전력소모 최소화를 위해 동적 스캐닝에 주목하였다. 기존 논문에는 블루투스 비동기 메시 네트워크의 전력소모를 수학적으로 모델링하여 다수의 변수로 이루어진 수식이 표현하였다. 전력소모에 핵심적인 영향을 주는 소수의 변수만 남기고 나머지 변수들을 상수화 시켜 수식을 단순화시켰다. 최적의 파라미터를 구하기 위해 경사하강법을 사용하는 방법을 기본으로 하고 수식분석을 통해 필요한 연산을 더욱 단순화시킬 수 있는 방법을 조사하였다.

I. 서 론

최근 단거리 무선 통신 기술 중 하나인 블루투스 메시 네트워크에 대하여 전력소모, 전송속도 개선 등 다양하게 연구가 진행되고 있다. 블루투스 메시 네트워크는 항상 스캐닝을 하기 때문에 전력소모를 줄이기 어렵지만, 비동기 동적 스캐닝을 이용하여 스캐닝 시간을 줄임으로 전력소모를 최소화하는 연구가 진행되고 있다[1]. 또한, 노드에서 전송 확률이 높을 수록 재전송 발생 횟수가 적어지는 것을 이용하여 전력소모를 최소화하는 연구도 진행되고 있다[2].

기존 연구에서는 비동기 동적 스캔을 통해 전력소모는 줄어들었으나[1] 전력소모 최적화에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 또한, 전력 소모에 관한 수식에 다수의 변수들이 포함되어 있기 때문에 최적화를 위하여 중요한 소수의 변수에 집중할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 실질적으로 수식에 영향을 미치는 변수를

파악하고 수식을 단순화시킨 후 전력소모에 관한 최적값을 구하는 것을 목표로 한다.

II. 본론

메시 네트워크 내 하나의 노드의 하룻동안의 전력소모량을 나타내는 수식을 다음과 같이 E_{ADS} 로 표현할 수 있다.

$$(1) E_{ADS} = V[I_{scan}(scan\ length\ in\ TX\ event) + I_{TX}(TX\ time) + I_{scan}(scan\ length\ in\ no\ TX\ event) + I_{idle}(idle\ time)]$$

$$(2) prep\ of\ ADS\ activation = (P_{RC}^{seq} + 1)pubInt^{seq}$$

이 수식에서 에너지 소모를 최소화하는 최적해를 찾기 위해 그래프를 도시하고 수식분석을 하였다. 해당 식 중

시스템의 전송 빈도 수에 가장 큰 영향을 미치는 두 변수는 $pubInt^{seq}$, P_{RC}^{seq} 로 각각 네트워크의 신뢰성을

위해 데이터 하나의 배포 간격과 빈도 수를 나타내는데 이외의 변수들을 상수화 시킨 후 그래프를 도시해 보면 그림 1 과 같은 쌍곡포물면 형식으로 나타난다.

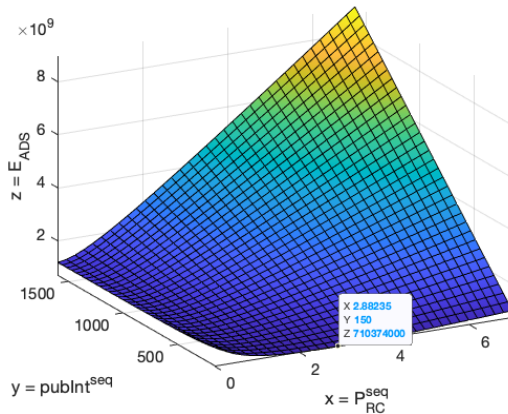


그림 1. E_{ADS} 의 시각화와 최적화 지점

위 그림은 앞서 설명했던 쌍곡포물면의 유효범위내 전력소모량을 나타낸 것이다. 그래프로 보면 최적화 지점(점이 찍힌 지점)이 존재함을 확인할 수 있다.

이때, N_{TX} , TTL_{ADS} 는 각각 하룻동안 데이터 전송

횟수와 네트워크의 크기를 나타내는데 두 변수에 따라 최적 $pubInt^{seq}$, P_{RC}^{seq} 값이 달라지고 에너지 소모량

또한 달라진다. E_{ADS} 수식을 분석해 최적점을 최대한

적은 복잡도로 찾을 수 있도록 하는 수식을 찾는다. 이를 위해 편미분식을 이용하여 기울기가 0 이 되는 지점을 찾을 수 있다. 다만, 해당 방식으로 찾은 해들은 변수들의 유효범위 밖에 존재하는 경우가 많아 경사하강법 등 다른 알고리즘적인 방법을 통한 보조적인 방법의 필요성을 확인하였다.

III. 결론

블루투스 비동기 메시 네트워크의 전력소모 최소화 수식화하였으나 다수의 항으로 이루어져 있어 수학적 전개를 이용한 최적화가 매우 어려움을 확인하였다. 최적화를 위해서 수식 단순화에 이은 경사하강법을 적용할 수 있다. 하지만 최적화를 더 적은 연산으로도 최적화 파라미터를 도출할 수 있는 방법을 찾는다면 네트워크의 변화에 따라 실시간으로 최적 설정을 바꾸는 메시 시스템도 구현이 가능할 것으로 보인다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (NRF-2017R1A5A1015596), in part by (NRF-2019R1A2C1090650), and in part by the Ministry of SMEs and Startups (MSS) (S3102008).

참 고 문 헌

- [1] D. Perez-Diaz-de-Cerio, J. L. Valenzuela, M. Garcia-Lozano, Á. Hernández-Solana and A. Valdovinos, "BMADS: BLE Mesh Asynchronous Dynamic Scanning," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 8, no. 4, pp. 2558-2573, 15 Feb.15, 2021, DOI: 10.1109/JIOT.2020.3018022.
- [2] W. Cao et al., "An Energy Effective Opportunistic Routing Mechanism for BLE Mesh," 2021 13th International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP), 2021, pp. 1-6, DOI: 10.1109/WCSP52459.2021.9613658.