

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Malaysia Terengganu in fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science

**LOW POWER WIDE AREA NETWORK (LPWAN) AND INTERNET-OF-THINGS APPLICATION FOR ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM**

**NUR AZIEMAH BINTI AZMI ALI**

**JUNE 2021**

**Main Supervisor : Prof. Madya Ts. Dr. Nurul Adilah Binti Abdul Latiff, Ph.D**

**Co- Supervisor : Dr. Fazirulhisyam Bin Hashim, Ph.D**

**Faculty : Faculty of Ocean Engineering Technology and Informatics**

Implementation of Low Power Wide Area Network (LPWAN) to enable Internet-of-Things (IoT) applications in an environmental monitoring system offers excellent connectivity, energy-efficient, and low deployment cost, making it an ideal alternative to the current wireless sensor network. However, environmental change conditions could disrupt the signal communication between nodes and cause signal loss. This research analyzes the reliability of the monitoring system to the changes of environmental conditions in terms of Signal-to-Noise Ratio (SNR), Received Signal Strength Indicator (RSSI), and Packet Delivery Ratio (PDR). Specifically, it investigates whether environmental factors such as temperature, relative humidity, and atmospheric pressure impact the performance of Long-Range (LoRa) signal communication. Firstly, to answer this question, a few experiments were conducted to determine the appropriate selection of hardware and software settings. This work encompasses the design and deployment of the BME280 sensor, Arduino Mega microcontroller, and the LoRa module as the transceivers. This development system was tested on its reliability and performance in delivering the data and assessing an extended range coverage with good signal quality. Then, an optimal LoRa physical setting for tropical weather conditions especially in Malaysia involves Spreading Factor (SF), Bandwidth (BW), and Coding Rate (CR), which were identified. The

energy-efficient analyses also were covered to determine an optimal sampling rate of the sensors, which was a compromise between the battery life and the temporal resolution of the data measurement. Based on the sampling rate, the system can be operated without sun and depends only on battery capacity for 35 days if the solar panel breakdown happened. The environmental monitoring system-based LoRa module was successful and it reveals a trend of six months of data observation that shows the impacts of weather conditions on LoRa signal communication. From a safety and data efficiency perspective, these analyses support the need to take into account the environmental conditions, especially temperature and relative humidity on the deployment plan of monitoring systems due to the presence of noise influence in the signal and numerous factors that impact the network stability. While environmental monitoring through LoRa is feasible and its practicality is dependent on a number of factors.

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia Terengganu sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Sarjana Sains

**RANGKAIAN KAWASAN LEBAR DAYA RENDAH (LPWAN) DAN  
APLIKASI INTERNET BENDA (IOT) UNTUK SISTEM PEMANTAUAN  
ALAM SEKITAR**

**NUR AZIEMAH BINTI AZMI ALI**

**JUNE 2021**

**Penyelia Utama : Prof. Madya Ts. Dr. Nurul Adilah Binti Abdul Latiff,  
Ph.D**

**Penyelia Bersama : Dr. Fazirulhisyam Bin Hashim, Ph.D**

**Fakulti : Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kelautan dan Informatik**

Pelaksanaan Rangkaian Kawasan Lebar Daya Rendah (LPWAN) untuk membolehkan aplikasi Internet Benda (IoT) dalam sistem pemantauan persekitaran menawarkan penyambungan yang sangat baik, cekap tenaga, dan kos penggunaan yang rendah, menjadikannya alternatif yang ideal untuk rangkaian sensor tanpa wayar semasa. Walau bagaimanapun, keadaan perubahan persekitaran boleh mengganggu komunikasi isyarat antara nod dan menyebabkan kehilangan isyarat. Penyelidikan ini menganalisis kebolehpercayaan sistem pemantauan terhadap perubahan keadaan persekitaran dari segi Nisbah Isyarat-ke-Kebisingan (SNR), Indikator Kekuatan Isyarat Diterima (RSSI), dan Nisbah Penghantaran Paket (PDR). Secara khusus, ia mengkaji sama ada faktor persekitaran seperti suhu, kelembapan relatif, dan tekanan atmosfera mempengaruhi prestasi komunikasi isyarat Long-Range (LoRa). Pertama, untuk menjawab soalan ini, beberapa eksperimen dilakukan untuk menentukan pemilihan tetapan perkakasan dan perisian yang sesuai. Sistem ini merangkumi reka bentuk dan penggunaan sensor BME280, mikro-pengawal Arduino Mega, dan modul LoRa sebagai *transceiver*. Sistem ini juga diuji pada kebolehpercayaan dan kecekapannya dalam menyampaikan data dan pada masa yang sama menilai liputan jarak jauh dengan kualiti isyarat yang baik. Kemudian, tetapan fizikal LoRa yang optimum untuk keadaan cuaca tropika terutama di Malaysia yang melibatkan *Spreading Factor (SF)*, *Bandwidth (BW)*, dan *Coding Rate (CR)*, telah dikenal pasti.

Analisis kecekapan tenaga juga menentukan kadar pengambilan sampel sensor yang optimum, yang merupakan kompromi antara hayat bateri dan resolusi temporal pengukuran data. Berdasarkan kadar pengambilan sampel, sistem ini dapat dikendalikan tanpa sinar matahari dan hanya bergantung pada kapasiti bateri selama 35 hari jika kerosakan panel solar berlaku. Modul LoRa berasaskan sistem pemantauan alam sekitar telah berjaya dan ia menunjukkan kecenderungan enam bulan pemerhatian data yang menunjukkan kesan keadaan cuaca pada komunikasi isyarat LoRa. Dari perspektif keselamatan dan kecekapan data, analisis ini menyokong perlunya mengambil kira keadaan persekitaran, terutama suhu dan kelembapan relatif pada rancangan penyebaran sistem pemantauan kerana adanya pengaruh kebisingan dalam isyarat dan banyak faktor yang mempengaruhi jaringan kestabilan. Walaupun pemantauan alam sekitar melalui LoRa dapat dilaksanakan dan kepraktisannya bergantung pada beberapa faktor.