

Metoda Sederhana Distribusi Node Jaringan Sensor Nirkabel untuk Mengatasi Kehilangan Data Pada Saat Pengiriman

Rifki Muhendra

Program Studi Teknik Fisika, Universitas Multimedia Nusantara, Indonesia
rifki.muhendra@lecturer.umn.ac.id

Diterima 23 Oktober 2017

Disetujui 20 Desember 2017

Abstract—A simple method of wireless sensor network node distribution was developed to address data loss during transmission. A node consists of a microcontroller, radio frequency, and battery. The adjacent nodes are planted with programs that can build mesh networks. This network consists of multiple child networks and parent networks connected through a frequency router node. Communication between nodes in the network can take two ways. The average ping time measured for the node distribution model is small from 1 second and the bit error rate (BER) is 0%.

Index Terms—Wireless sensor networks, mesh, frequency router node

I. PENDAHULUAN

Jaringan sensor nirkabel (JSN) merupakan area penelitian yang aktif dengan berbagai lokakarya dan konferensi yang disusun setiap tahun, misalnya IPSN, SenSys, dan EWSN. Bidang-bidang penelitian tentang JSN meliputi Industri[1], infrastruktur[2], pertanian[3], kesehatan[4] dan militer[5]. JSN menawarkan kemudahan dalam pemantauan maupun control fisik objek atau lingkungan tanpa harus berhubungan secara langsung. JSN terdiri dari sistem sensor nirkabel yang biasa disebut node, dimana node-node yang berada dalam suatu daerah dapat berhubungan satu sama lain membentuk sebuah jaringan. Jaringan ini dapat juga dihubungkan dengan internet sehingga sistem yang dibangun dapat dikelola menggunakan mobile internet maupun android.

Dengan berkembangnya teknologi perangkat komunikasi nirkabel seperti radio frekuensi (RF), Zigbee, bluetooth, dan WIFI, penerapan JSN dalam kehidupan sehari-hari semakin mudah. Biaya pembangunan node-node JSN tidak lebih dari 5 US dolar[6]. Sayangnya, semakin banyaknya perangkat yang terhubung secara nirkabel, lalu lintas data disuatu daerah semakin padat. Akibatnya, tingkat kehilangan data semakin tinggi. Untuk itu, penelitian terkait penanggulangan kepadatan lalu lintas data secara nirkabel merupakan hal yang penting.

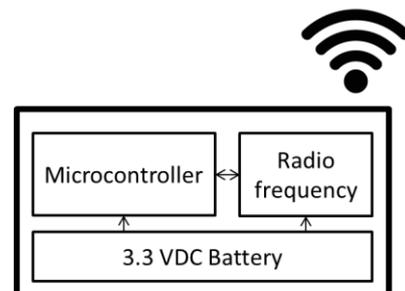
Beberapa penelitian sebelumnya untuk mengatasi permasalahan ini telah dikemukakan antara lain penjadwalan pengiriman data yang efektif[7], [8], pemilihan jalur transmisi spesifik[9], [10] dan menetapkan jumlah node yang efektif dalam jaringan[11]. Namun, beberapa metode di atas cukup kompleks dalam hal pemrograman. Pada paper ini, kami mengusulkan sebuah metoda sederhana untuk mengatasi kepadatan lalu lintas data menggunakan model distribusi node berbasis topologi mesh.

II. PERANCANGAN SISTEM

Dalam penelitian ini, kami menggunakan metode eksperimen dalam pengembangan sistem JSN. Eksperimen ini terdiri dari pembangunan node JSN dan pengembangan beberapa model distribusi node berbasis topologi mesh.

A. Perancangan Node JSN

Sebuah node JSN terdiri dari mikrokontroler, frekuensi radio (RF) dan baterai seperti terlihat pada gambar 1. Setiap node yang telah dibangun dikemas dalam kotak tahan air dan panas untuk menghindari kondisi lingkungan yang mengganggu selama percobaan ini.



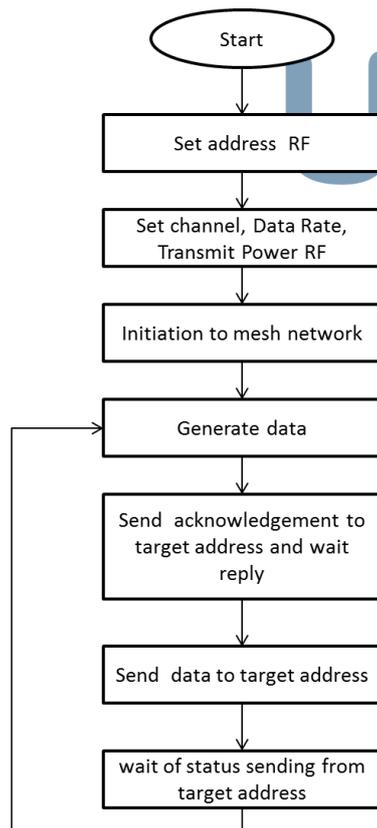
Gambar 1. Skematik node jaringan mesh nirkabel

Mikrokontroler pada node berfungsi otak yang mengatur segala proses yang berlangsung dalam node. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Promini berbasis ATmega328. Mikrokontroler ini

bekerja dengan tegangan 1,8-5,5 volt dan arus 16 mA. Mikrokontroler ini kami pilih karena berukuran kecil, kapasitas prosesornya mencukupi sebagai aplikasi jaringan sensor nirkabel dan berdaya rendah. Pemrograman mikrokontroler ini menggunakan Arduino IDE 1.8.1. Algoritma program yang bekerja di mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 2.

Perangkat yang berfungsi untuk menghubungkan sebuah node dengan node lain dalam sistem ini adalah RF. RF dipilih sebagai transmitter karena berdaya rendah, mudah diintegrasikan dengan perangkat lain dan berharga murah. Jenis RF yang digunakan adalah nrf24. RF ini bekerja pada frekuensi 2,400 GHz hingga 2525 GHz dengan kecepatan pengiriman data hingga 2Mbps. Tegangan optimal RF pada saat pengiriman data sebesar 3-3,3 VDC dan arus 10,5 mA. Antarmuka RF dengan mikrokontroler menggunakan Serial Peripheral Interface (SPI). Dengan perkembangan pemrograman sebelumnya[12], RF ini telah mendukung transmisi data jaringan dengan topologi mesh.

Baterai merupakan komponen yang digunakan untuk mensuplai daya pada node. Jenis baterai yang digunakan adalah AA 1.5 VDC. Agar kebutuhan tegangan pada node terpenuhi sebesar 3 volt, baterai dirangkai secara seri seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pemilihan baterai dalam sistem ini karena bersifat mandiri, praktis dan banyak tersedia di pasaran. Selain itu, efek penggunaan baterai untuk memasok daya pada node tidak mengganggu pengiriman data RF[13].



Gambar 2. Alur pemrograman di mikrokontroler



Gambar 3. Bentuk fisik dari node jaringan mesh nirkabel

B. Pengembangan model distribusi node menggunakan topologi mesh

Topologi mesh adalah topologi jaringan dimana node-node didalam suatu daerah terhubung satu sama lain baik secara langsung maupun menggunakan node perantara. Topologi mesh ini biasanya diterapkan untuk jaringan di daerah yang luas karena mesh dapat meningkatkan jangkauan pengiriman data. Apabila sebuah node mati, node-node disekitarnya akan melakukan proses *rerouting*, sehingga komunikasi dalam jaringan dapat dijaga dengan baik.

Seperti yang diungkapkan dalam bab pendahuluan, tujuan pengembangan sistem ini adalah untuk mengurangi kepadatan lalu lintas data dalam jaringan. Oleh karena itu, kami mengembangkan model distribusi node menggunakan topologi mesh dengan memanfaatkan lebar frekuensi kerja nrf24. Model jaringan yang kami bangun meliputi:

1. Model distribusi node menggunakan topologi mesh dengan frekuensi berbeda

Ini adalah model jaringan frekuensi radio dengan topologi mesh dimana ada beberapa cluster jaringan yang bekerja di suatu daerah. Setiap cluster memiliki frekuensi pengiriman yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Tujuan dari pembangunan model ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan frekuensi di suatu daerah terhadap kualitas pengiriman data.

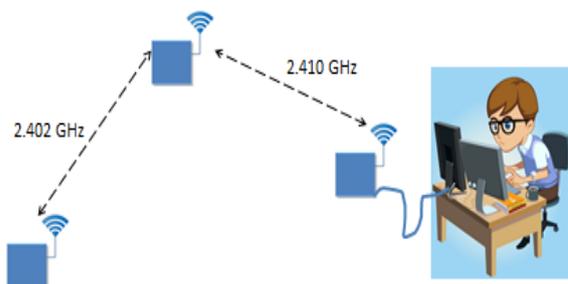


Gambar 4. Model distribusi node menggunakan topologi mesh dengan frekuensi berbeda

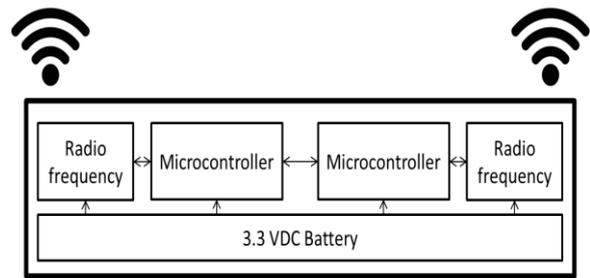
2. Model distribusi node menggunakan topologi mesh bertingkat dengan frekuensi berbeda

Model ini terdiri dari 2 node yang berbeda frekuensi yang dihubungkan melalui node router frekuensi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Node router frekuensi adalah sebuah node yang dapat menerima atau mengirimkan data dari sebuah node dengan suatu nilai frekuensi ke node target yang berbeda frekuensi. Sebuah node router frekuensi terdiri dari 2 node yang terhubung secara seri seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.

Setiap mikrokontroler pada node router ditanam dengan program yang sama, namun nilai frekuensi yang digunakan diatur berbeda. Jika salah satu RF menerima data, mikrokontroler akan mengidentifikasi dan menganalisa data, kemudian mengirimkannya ke mikrokontroler kedua. Data yang diterima oleh mikrokontroler kedua akan dipersiapkan untuk dikirim ke node target melalui RF ke dua. Proses yang terjadi pada node router frekuensi dapat berlaku untuk proses sebaliknya.



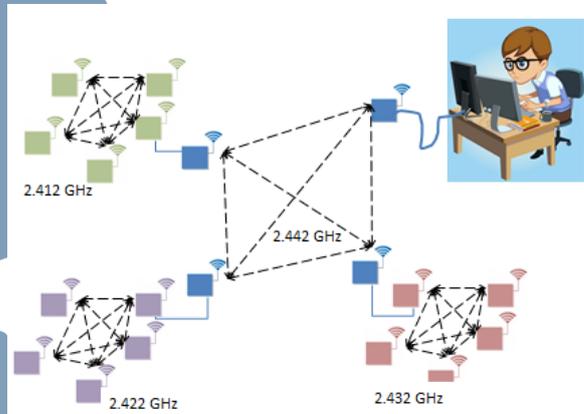
Gambar 5. Model distribusi node menggunakan topologi mesh bertingkat dengan frekuensi berbeda



Gambar 6. Node router frekuensi

3. Model jaringan mesh bertingkat dengan banyak frekuensi

Model ini adalah pengembangan dari 2 model sebelumnya. Model ini terdiri dari beberapa jaringan anak dan jaringan induk yang terhubung melalui router jala frekuensi seperti yang ditunjukkan pada gambar 7. Tujuan pembangun model ini adalah untuk mengantisipasi kepadatan lalu lintas data pada jaringan yang besar dengan sejumlah node yang banyak.



Gambar 7. Model jaringan mesh bertingkat dengan banyak frekuensi

Beberapa pengaturan pada model ini dilakukan agar dihasilkan kualitas pengiriman data yang optimal yaitu Pertama, besar data yang dikirim sebuah node tidak lebih dari 30 byte. Pengaturan ini untuk menjaga keberhasilan satu paket data terkirim secara utuh, karena jumlah maksimal satu kali pengiriman data oleh RF adalah 32 byte [15]. Kedua, selang waktu pengiriman data terhadap pengiriman berikutnya oleh sebuah node di atur agar berbeda dengan node lain. Ketiga, jumlah node dalam jaringan tidak lebih dari 250 node.

III. HASIL DAN DISKUSI

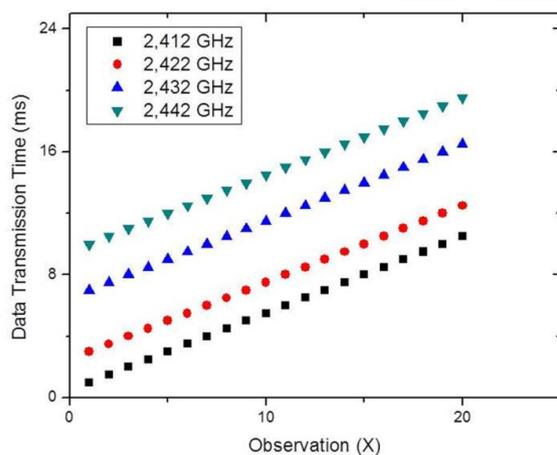
Untuk mengetahui kemampuan model distribusi node yang telah dibangun, pengukuran *ping time* dan *bite error rate* (BER) dilakukan. Kedua pengukuran ini dilaksanakan di laboratorium elektronika program studi fisika Institut Teknologi Bandung (ITB).

Ping time adalah waktu interval yang dibutuhkan untuk mengirim data dari node pengirim menuju node target dan kembali ke node pengirim[11]. Dalam pengukuran ini, pengiriman data dilakukan secara berkala selama selang waktu tertentu. BER adalah metode uji performansi jaringan dengan membandingkan jumlah paket data yang dikirim oleh node pengirim menuju node target terhadap jumlah paket data yang diterima oleh node target[14]. Formulasi BER dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$\% \text{ BER} = \frac{\text{number of data packets sent} - \text{number of data packets received}}{\text{number of data packets sent}} \times 100\% \quad (1)$$

1. Hasil pengukuran *ping time* dan PER untuk model distribusi node menggunakan topologi mesh dengan frekuensi berbeda

Dalam pengukuran *ping time* pada model ini, mikrokontroler deprogram untuk membangun data sebesar 20 byte. Data tersebut selanjutnya dikirim menuju sebuah node target melalui jaringan. Hal ini dilakukan untuk 20 kali pengamatan. Selang waktu pengiriman data terhadap pengiriman selanjutnya adalah 500 ms. Selang waktu ini mewakili waktu pengiriman dalam keadaan lalu lintas data yang cukup padat. Hasil pengukuran waktu ping untuk model ini dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik *Ping time* untuk model distribusi node menggunakan topologi mesh dengan frekuensi berbeda

Berdasarkan grafik pada gambar 8, rata-rata *ping time* yang terukur per jaringan adalah 510 ms. Hal ini menunjukkan bahwa pengiriman data menggunakan nilai frekuensi tertentu tidak mempengaruhi pengiriman data pada jaringan yang lain. Dari hasil pengukuran ini, dapat disimpulkan bahwa untuk mengurangi kepadatan lalu lintas data di suatu daerah dapat dilakukan memperbanyak penggunaan nilai frekuensi pengiriman data yang berbeda.

Selain *ping time*, pengukuran nilai BER juga dilakukan untuk model ini. Data sebesar 20 byte dikirim ke sebuah node target melalui jaringan. Pengiriman data ini dilakukan sebanyak 100 kali. Selang waktu pengiriman data terhadap data berikutnya adalah 500 ms. Hasil pengukuran BER dapat dilihat pada tabel 1.

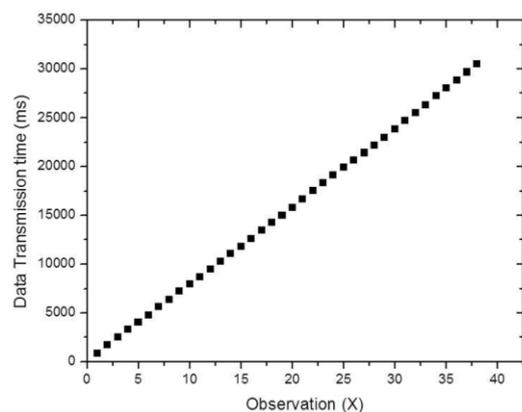
Tabel 1. BER untuk model distribusi node menggunakan topologi mesh dengan frekuensi berbeda

Jaringan /frequency	Jumlah data yang dikirim	Jumlah data yang diterima	BER (%)
2.412 GHz	100	100	0
2.422 GHz	100	100	0
2.432 GHz	100	100	0
2.442 GHz	100	100	0

1. Perbandingan jumlah data yang dikirim oleh sebuah node menuju node target terhadap jumlah data yang diterima oleh node target ditunjukkan oleh Tabel 1. Persentase BER untuk masing-masing jaringan adalah 0%. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada data yang hilang selama pengiriman data menggunakan model distribusi node ini.

2. Hasil pengukuran *Ping time* untuk model distribusi node menggunakan topologi mesh bertingkat dengan frekuensi berbeda

Model distribusi node menggunakan topologi mesh bertingkat dengan frekuensi berbeda telah berhasil dibangun. Pengukuran *ping time* dilakukan untuk mengetahui kinerja model ini. Dalam pengukuran ini, data sebesar 20 byte dikirim dari sebuah node menuju node target yang berbeda frekuensi menggunakan node router frekuensi. Selanjutnya, data yang berhasil diterima oleh node target dikirim kembali ke node asal. Hal ini dilakukan untuk 38 kali pengamatan. Selang waktu pengiriman data terhadap pengiriman selanjutnya adalah 500 ms. Hasil pengukuran *ping time* ditunjukkan pada Gambar 9.

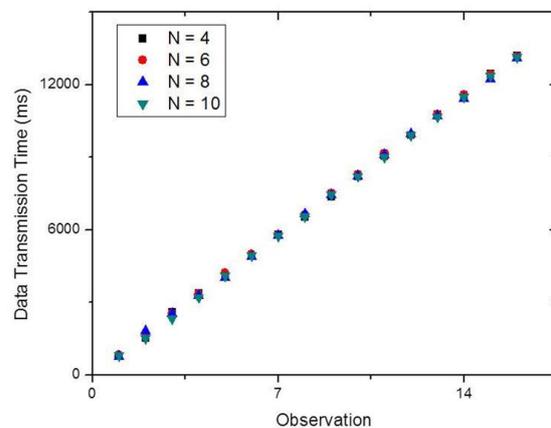


Gambar 9. Grafik *Ping time* untuk model distribusi node menggunakan topologi mesh bertingkat dengan frekuensi berbeda

Berdasarkan grafik pada gambar 9, rata-rata *ping time* yang terukur sebesar 800 ms. Ini menunjukkan bahwa node router frekuensi bekerja dengan baik sebagai jembatan yang menghubungkan antara node-node yang berbeda frekuensi.

2. Hasil pengukuran *Ping time* dan BER untuk model jaringan mesh bertingkat dengan banyak frekuensi

Model jaringan mesh bertingkat dengan banyak frekuensi telah berhasil dibangun. Pengukuran *ping time* dilakukan untuk mengetahui kinerja model ini. Dalam pengukuran ini, data sebesar 20 byte dikirim dari satu node ke node target melalui node router frekuensi dan kembali ke node. Selang waktu pengiriman data terhadap pengiriman berikutnya adalah 500 ms. Pengukuran untuk model mesh bertingkat ini dilakukan untuk 16 kali pengamatan dimana jumlah node pada masing-masing jaringan adalah 4, 6, 8 dan 10 node. Pengukuran *ping time* pada model ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik *ping time* untuk model jaringan mesh bertingkat dengan banyak frekuensi

Gambar 10 menunjukkan bahwa pengiriman data menggunakan jaringan mesh bertingkat banyak frekuensi dapat dilakukan dengan baik. Rata-rata *ping time* terukur untuk 4 kali pengamatan adalah 827 ms, 821 ms, 821 ms dan 822 ms. Pengukuran ini menunjukkan bahwa penambahan jumlah node pada setiap jaringan tidak signifikan mempengaruhi *ping time* pengiriman data dalam jaringan.

Pengukuran nilai BER juga dilakukan untuk model ini. Data sebesar 20 byte dikirim ke node target. Pengiriman data dilakukan sebanyak 100 kali. Selang waktu pengiriman data terhadap pengiriman selanjutnya adalah 500 ms. Hasil pengukuran BER dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran BER untuk model jaringan mesh multilevel dengan banyak frekuensi

Jaringan /frekuensi	Jumlah node dalam jaringan	Jumlah data yang dikirim	Jumlah data yang diterima	BER (%)
2.412 GHz	4	100	100	0
	6	100	100	0
	8	100	100	0
	10	100	100	0
2.422 GHz	4	100	100	0
	6	100	100	0
	8	100	100	0
	10	100	100	0
2.432 GHz	4	100	100	0
	6	100	100	0
	8	100	100	0
	10	100	100	0
2.442 GHz	4	100	100	0
	6	100	100	0
	8	100	100	0
	10	100	100	0

Perbandingan jumlah data yang dikirim oleh node ke node target dan jumlah data yang diterima oleh node target ditunjukkan pada table 2. Persentase BER untuk setiap jaringan adalah 0%. Hal ini menunjukkan bahwa pengiriman data menggunakan model jaringan mesh bertingkat dengan banyak frekuensi tidak mengalami kehilangan data.

IV. SIMPULAN

Sebuah metoda sederhana distribusi node jaringan sensor nirkabel untuk mengatasi kehilangan data pada saat pengiriman telah berhasil dibangun. Metoda ini memadukan beberapa jaringan anak dan sebuah jaringan induk yang terhubung menggunakan node router frekuensi. Dari hasil pengukuran kinerja jaringan, rata-rata waktu ping untuk masing-masing jaringan kurang dari 1 detik dan tingkat kehilangan data adalah 0%. Berdasarkan hasil pengukuran ping time dan BER pada metoda ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan beberapa nilai frekuensi transmisi dalam mengirimkan data melalui jaringan nirkabel dapat mengurangi kepadatan lalu lintas data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Zakaria and K. Michael, "An Integrated Cloud-Based

- Wireless Sensor Network for Monitoring Industrial Wastewater Discharged into Water Sources," *Wirel. Sens. Netw.*, 2017.
- [2] H.-C. Lee and H.-B. Huang, "A Low-Cost and Noninvasive System for the Measurement and Detection of Faulty Streetlights," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 64, no. 4, 2015.
- [3] M. Keshtgari and A. Deljoo, "A Wireless Sensor Network Solution for Precision Agriculture Based on Zigbee Technology," *Wirel. Sens. Netw.*, 2012.
- [4] L. Wang and C. Alexander, "Medical Applications and Healthcare Based on Cloud Computing," *Int. J. Cloud Comput. Serv. Sci.*, 2013.
- [5] P. Chakravarthi, S. Natarajan, and M. Anto Bennet, "GSM based soldier tracking system and monitoring using wireless communication," *Int. J. Smart Sens. Intell. Syst.*, vol. 2017, no. Specialiss, 2017.
- [6] R. Muhendra, A. Rinaldi, M. Budiman, and Khairurrijal, "Development of WiFi Mesh Infrastructure for Internet of Things Applications," in *Procedia Engineering*, 2017, vol. 170.
- [7] T. Chen, H. Shan, and X. Wang, "Optimal Scheduling for Wireless On-Demand Data Packet Delivery to High-Speed Trains," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, 2015.
- [8] W. Li, V. C. M. Leung, C. Zhu, and Y. Ma, "Scheduling and routing methods for cognitive radio sensor networks in regular topology," *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 16, no. 1, 2016.
- [9] H. C. Hwang, J. S. Park, and J. G. Shon, "Design and Implementation of a Reliable Message Transmission System Based on MQTT Protocol in IoT," *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 91, no. 4, 2016.
- [10] P. R. Vamsi and K. Kant, "Detecting sybil attacks in wireless sensor networks using sequential analysis," *Int. J. Smart Sens. Intell. Syst.*, vol. 9, no. 2, 2016.
- [11] M. Passafiume, S. Maddio, and A. Cidronali, "An improved approach for RSSI-based only calibration-free real-time indoor localization on IEEE 802.11 and 802.15.4 wireless networks," *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 4, 2017.
- [12] R. Muhendra, Husein, M. Budiman, and Khairurrijal, "Development of digital water meter infrastructure using wireless sensor networks," in *AIP Conference Proceedings*, 2016, vol. 1746.
- [13] F. Chiti, R. Fantacci, and A. Tani, "Performance evaluation of an adaptive channel allocation technique for cognitive wireless sensor networks," *2015 IEEE Globecom Work. GC Wkshps 2015 - Proc.*, 2016.
- [14] F. Chiti, R. Fantacci, and A. Tani, "Performance Evaluation of an Adaptive Channel Allocation Technique for Cognitive Wireless Sensor Networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 66, no. 6, 2017.
- [15] https://www.sparkfun.com/datasheets/RF/nRF2401rev1_1.pdf