

PENGARUH NON-AUTOMATIC REPEAT REQUEST (ARQ) MODE TERHADAP PACKET ERROR RATE PADA DRONE-BASED WIRELESS SENSOR NETWORK

Budi Rahmadya^{*1}, Rika Ampuh Hadiguna²

^{1,2}Universitas Andalas Padang

Email: ¹ budi-r@it.unand.ac.id, ² hadiguna@eng.unand.ac.id

^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 26 Oktober 2024, diterima untuk diterbitkan: 20 Juni 2025)

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang performa dari 2.4 GHz Zigbee wireless antenna untuk aplikasi wide-area wireless sensor network. Transmitter antenna di install pada drone sebagai media mobile wireless sensor network dan receiver antenna berada di lokasi tertentu pada lingkungan luar ruangan. Setingan alat untuk transmitter antenna dan receiver antenna yaitu non-Automatic Repeat Request (ARQ) mode sehingga data yang di terima oleh receiver dalam eksperimen ini nanti bisa menjadi perbandingan dengan hasil perhitungan teoritis menggunakan Matlab. Non-ARQ menjadi alternative untuk mengurangi konsumsi energi pada jaringan wireless sensor network. Dalam eksperimen ini dilakukan model point-to-point communication. Dari hasil eksperimen diperoleh jarak 0m-100m nilai dari Packet Error Rate (PER) untuk masing-masing ketinggian drone meningkat mencapai 17-18%. Lebih lanjut pada jarak 100m-150m nilai PER mengalami penurunan yaitu 15-16% untuk tiga ketinggian drone yang berbeda. Mulai dari jarak 150m-250m nilai PER mengalami kenaikan yang signifikan, hingga mencapai PER 70% untuk ketinggian drone 30m, PER 80% untuk ketinggian drone 45m dan PER 88% untuk ketinggian drone 15m. Pada jarak 250m-350m nilai PER terlihat masih konstan untuk ketinggian drone 45m dan ketinggian 30m yaitu mencapai nilai PER 78% pada jarak 350m, sedangkan untuk ketinggian drone 15m menunjukkan nilai PER naik hingga mencapai 98% pada jarak 350m. Hasil simulasi dengan Matlab menunjukkan Received Signal Strength Indicator (RSSI) terhadap jarak transmitter antenna dengan receiver antenna untuk ketinggian transmitter antenna 15m dan receiver antenna 1.5m. nilai RSSI terus meningkat -66 dBm pada jarak 20m dan ini adalah nilai RSSI terbaik. Lebih lanjut untuk ketinggian transmitter antenna 30m dan receiver antenna 1.5m. Nilai RSSI terus meningkat -73 dBm pada jarak 45m dan ini adalah nilai RSSI terbaik. Pada jarak 3m nilai RSSI terus meningkat -76 dBm pada jarak 62m dan ini adalah nilai RSSI terbaik.

Kata kunci: Wireless sensor network, Drone, Zigbee 2.4 GHz, non-ARQ mode, point-to-point communication

EFFECT OF NON-AUTOMATIC REPEAT REQUEST (ARQ) MODE ON PACKET ERROR RATE IN DRONE-BASED WIRELESS SENSOR NETWORK

Abstract

This research discusses the performance of the 2.4 GHz Zigbee wireless antenna for wide-area wireless sensor network applications. The transmitter antenna is installed on the drone as a mobile wireless sensor network medium and the receiver antenna is located in a certain location in the outdoor environment. The device settings for the transmitter antenna and receiver antenna are non-Automatic Repeat Request (ARQ) mode so that the data received by the receiver in this experiment can later be compared with the results of theoretical calculations using Matlab. Non-ARQ is an alternative to reduce energy consumption in wireless sensor networks. In this experiment, a point-to-point communication model was carried out. From the experimental results, it was found that at a distance of 0m-100m, the Packet Error Rate (PER) value for each drone height increased by 17-18%. Furthermore, at a distance of 100m-150m, the PER value experienced a slight decrease, namely 15-16% for three different drone heights. Starting from a distance of 150m-250m, the PER value experiences a significant increase, reaching a PER of 70% for a drone height of 30m, a PER of 80% for a drone height of 45m and a PER of 88% for a drone height of 15m. At a distance of 250m-350m, the PER value appears to remain constant for a drone height of 45m and a height of 30m, namely reaching a PER value of 78% at a distance of 350m, while for a drone height of 15m, the PER value increases to reach 98% at a distance of 350m. The simulation results with Matlab show Received Signal Strength Indicator (RSSI) to the distance between the transmitter antenna and the receiver antenna for a transmitter antenna height of 15m and receiver antenna height of 1.5m. The RSSI value continues to increase -66 dBm at a distance of 20m and this is the best RSSI value. Furthermore, the height of the transmitter

antenna is 30m and the receiver antenna is 1.5m. The RSSI value continues to increase -73 dBm at a distance of 45m and this is the best RSSI value. At a distance of 3m the RSSI value continues to increase -76 dBm at a distance of 62m and this is the best RSSI value.

Keywords: *Wireless sensor network, Drone, Zigbee 2.4 GHz, non-ARQ mode, point-to-point communication.*

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah populasi penduduk dan pemukiman di berbagai daerah telah menyebabkan makin sedikitnya tanah/ruang bebas hambatan yang ada untuk pembangunan infrastruktur jaringan telekomunikasi. Teknologi wireless sensor networks (WSNs) telah menjadi perhatian khusus bagi peneliti untuk bidang wireless communication saat ini dimana teknologi ini tidak membutuhkan ruang khusus untuk mendirikan wireless communication infrastruktur. Teknologi WSN menggunakan perangkat wireless seperti LoRa, Zigfox, Zigbee dan lain-lain saat ini menjadi perhatian bagi peneliti karena memiliki daya jangkauan komunikasi yang luas, memiliki power yang rendah, mudah untuk di instalasi dan harga terjangkau.

Salah satu manfaat dari teknologi WSNs yang bisa kita temui adalah adanya aplikasi pemantauan lingkungan baik dalam ruangan maupun di luar ruangan (Gharghan et al., 2016), (Ganev et al., 2020), (Luo et al., 2018), dan (Briso et al., 2019). Sebagai contoh implementasi teknologi WSN dalam ruangan yaitu monitoring pasien dengan penyakit ringan. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan LoRa wireless antenna untuk mendeteksi aktifitas objek manusia (pasien) di dalam rumah yang terintegrasi dengan Global Navigation Satellite System untuk pemantauan jarak jauh (García-Requejo et al., 2023).

Dalam pengembangan aplikasi WSNs untuk outdoor menggunakan wireless sensor device sudah dikembangkan sistem monitoring pada danau Maninjau di Sumatera Barat yang dilakukan oleh peneliti sendiri (Rahmadya et al., 2020). Dalam penelitian ini difokuskan terhadap sistem monitoring kualitas air danau Maninjau untuk menjaga keberlangsungan ikan karamba.

Lebih lanjut, Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau yang biasa dikenal dengan nama drone adalah salah satu solusi lain untuk meningkatkan kualitas kinerja dari WSNs dalam aplikasi sensor network pada sistem pemantauan dan lokalisasi lingkungan yang luas dimana infrastruktur wireless communication tidak tersedia. Saat ini, drone sebagai perangkat mobile sangat populer bagi para peneliti untuk dibahas dalam penelitian eksperimental atau teoritis (Rahmadya et al., 2020), (Huy et al., 2018), (Lucky et al., 2019), (Mohammad et al., 2017), dan (Sixing et al., 2018). Niel et al., 2016) melakukan penelitian terkait drone sebagai mobile tracking system menggunakan RFID dan strap-down inertial navigation system (SINS). Eksperimen dilakukan dengan mengimplementasikan metode dua dimensi dan tiga dimensi di dalam ruangan. Lebih lanjut

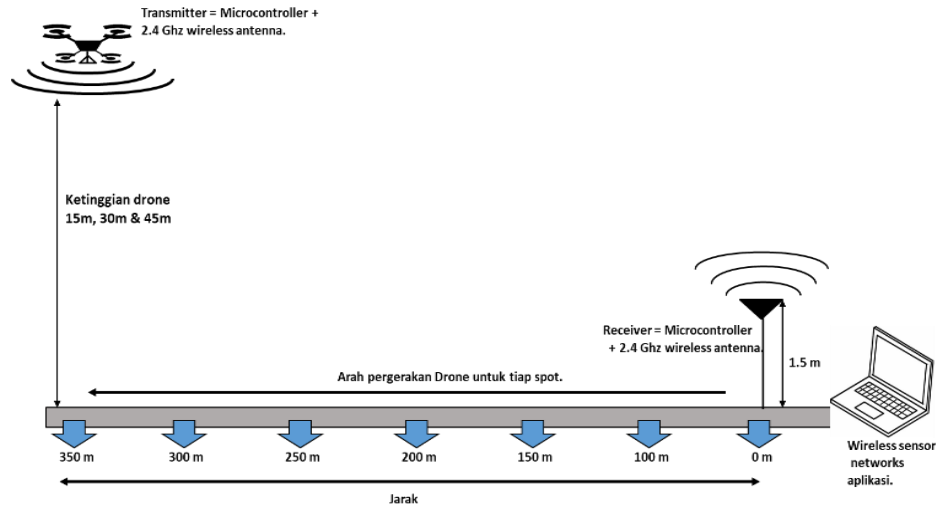
Rotary-Wing Unmanned Aircraft Systems digunakan untuk aplikasi pemantauan air (Brian et al., 2019). ARQ mode pada wireless device biasanya difungsikan untuk multiple relay saat pengiriman data dari transmitter ke receiver (Alok et al., 2015).

Di sisi lain wireless sensor network yang di implementasikan untuk jaringan komunikasi yang global seperti smart city, dimana semua wireless devices terkoneksi satu sama lain dan ini perlu dilakukan pengujian lebih lanjut untuk melihat kualitas paket data yang diterima. Jaringan komunikasi yang global bisa mengakibatkan terjadinya data corrupt, error rate, delay, scattering dan masalah lainnya yang terjadi dalam komunikasi pada wireless sensor network.

Wireless device seperti Zigbee adalah perangkat yang menarik saat ini untuk di implementasikan dalam wireless sensor network aplikasi karena hemat biaya, kinerja tinggi dan tersedia di online maupun local shop. Dalam eksperimen ini akan dibahas terkait Zigbee wireless device performa menggunakan drone dalam pengiriman data dan melakukan analisa Received Signal Strength Indicator (RSSI) dari transmitter ke receiver dimana peneliti ini juga akan membandingkan antara pengujian experimental dan teoritis dengan mempertimbangkan non-ARQ mode pada Zigbee devices yang digunakan. Non-ARQ mode merupakan fitur pada Zigbee wireless devices yang berfungsi untuk penghematan konsumsi energi saat sistem bekerja dari transmitter ke receiver. Fungsi ini dibutuhkan mengingat sumber energi perlu menjadi perhatian peneliti di dalam penelitian WSN.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, skenario eksperimen di lapangan dan wireless devices yang digunakan seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2. Eksperimen dilakukan di Faculty of Science and Engineering, Ibaraki University, Jepang seperti yang dilihat pada Gambar 4. Analisa data di olah di Wireless Network Laboratory, Ibaraki University dan Laboratori Sinyal dan Sistem, Universitas Andalas. Receiver antenna di lengkapi dengan microcontroller, 2.4 GHz wireless device dengan ketinggian antenna 1.5m. Receiver juga dilengkapi dengan laptop komputer yang berfungsi untuk menjalankan wireless sensor network aplikasi yang telah disiapkan. Di sisi lain drone yang berfungsi sebagai transmitter dilengkapi microcontroller dan 2.4 GHz wireless device. Drone bergerak dari satu spot ke spot jarak lain yang sudah ditentukan, yaitu 100m, 150m, 200m, 250m, 300m, dan 350m.



Gambar 1. Skenario Drone-Based Wireless Sensor Network

Setiap spot jarak yang ditentukan saat eksperimen, drone berada pada ketinggian yaitu 15m, 30m dan 45m.

pada pengujian simulasi digunakan rumus Friss Transmission dengan mempertimbangkan refleksi sinyal dari objek lain yang ada di sekitar receiver antenna.

Tabel. 1. Spesifikasi Transmitter antenna dan Receiver antenna

Transmitter device	- 2.4 GHz antenna - XBee shield - XBee Pro S1 - Battery 9V - Microcontroller arduino uno
Receiver device	- 2.4 GHz antenna - XBee shield - XBee Pro S1 - Laptop PC - Microcontroller arduino uno

Tabel. 2. Configurasi Transmitter antenna dan Receiver antenna pada XCTU software

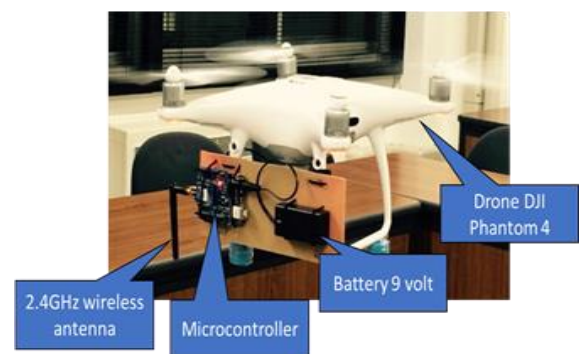
XBee Pro S1 (Transmitter side)	- DIGI International - Product family XBP24 - Function set XBee Pro S1 - Firmware 10ef - PAN ID is 2332 - Power level is 10 dBm - Line-of-sight range 750 m - AT mode - Coordinator disabled - Sleep mode disabled - ACK disabled
XBee Pro S1 (Receiver side)	- DIGI International - Product family XBP24 - Function set XBee Pro S1 - Firmware 10ef - PAN ID is 2332 - Power level is 10 dBm - Line-of-sight range 750 m - AT mode - Coordinator enable - Sleep mode disabled - ACK disabled



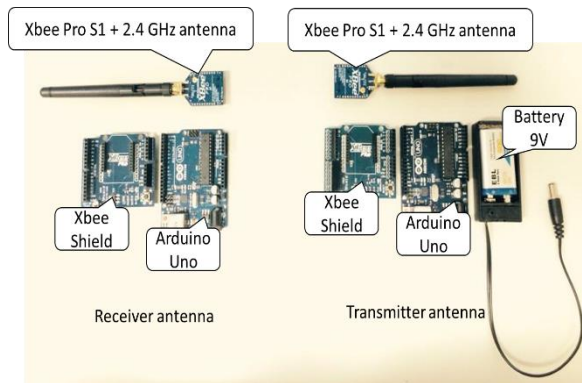
Gambar 2. Wireless devices

Setup dari Xbee menggunakan XCTU Configuration & Test Utility Software dapat merujuk pada Tabel 1 dan Tabel 2. ini merupakan standar dari setup transmitter antenna dan receiver antenna yang digunakan dalam penelitian ini.

Instalasi transmitter antenna dan receiver antenna bisa dilihat pada Gambar 3. Penelitian ini menggunakan drone type Phantom DJI versi 4 sebagai transmitter yang memiliki daya jangkauan terbang bisa mencapai ketinggian 60m dan bisa dikendalikan dengan remote control. Receiver antenna menggunakan tripod dengan ketinggian 1.5m.

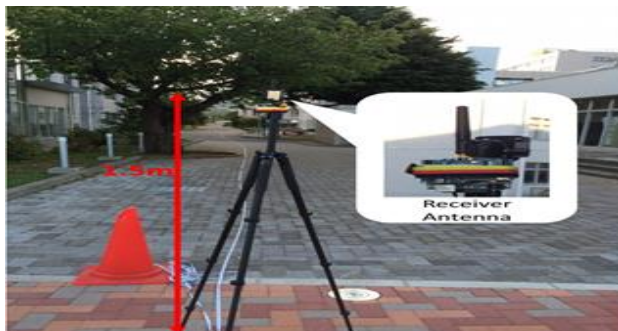


a. Transmitter antenna



b. Receiver antenna

Gambar 3. Instalasi Transmitter antenna dan Receiver antenna



Gambar 4. Eksperimen yang dilakukan di Faculty of Science and Engineering, Ibaraki University

A. Eksperimen: Non-ARQ mode

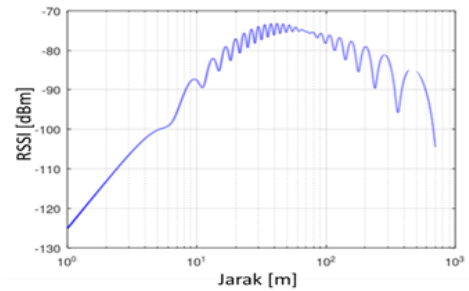
Pada eksperimen ini dilakukan setup untuk transmitter antenna dengan mengaktifkan non-ARQ mode. Non-ARQ mode berfungsi untuk melihat keberhasilan data yang diterima oleh receiver tanpa adanya pengiriman ulang (re-transmission) yang dilakukan oleh system di antenna.

Eksperimen dilakukan dengan tiga level ketinggian drone yaitu 15m, 30m dan 45m dan jarak drone 0-350m dari receiver antenna. Pada jarak 0m-100m nilai dari PER untuk masing-masing ketinggian drone meningkat mencapai 17-18%. Lebih lanjut pada jarak 100m-150m nilai PER mengalami sedikit penurunan yaitu 15-16% untuk tiga ketinggian drone yang berbeda. Mulai dari jarak 150m-250m nilai PER mengalami kenaikan yang signifikan, hingga mencapai PER 70% untuk ketinggian drone 30m, PER 80% untuk ketinggian drone 45m dan PER 88% untuk ketinggian drone 15m. Pada jarak 250m-350m nilai PER terlihat masih konstan untuk ketinggian drone 45m dan ketinggian 30m yaitu mencapai nilai PER 78% pada jarak 350m, sedangkan untuk ketinggian drone 15m menunjukkan nilai PER naik hingga mencapai 98% pada jarak 350m. Gambar. 5 dibawah adalah hasil dari eksperimen yang dilakukan.

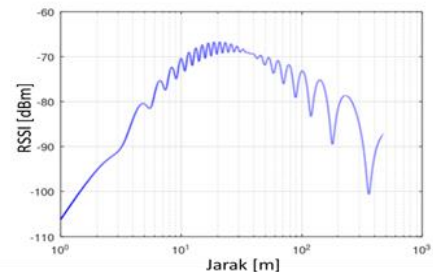
B. Simulasi: Non-ARQ mode

Dalam simulasi ini dilakukan dengan pengujian 2.4 GHz wireless devices untuk menggambarkan hasil pengukuran dari kualitas sinyal secara teoritis.

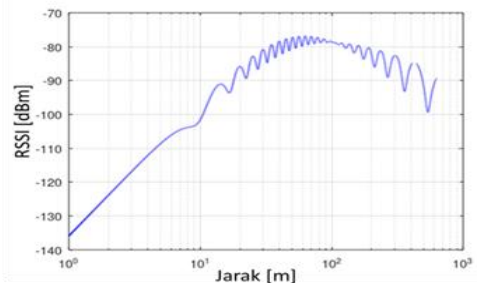
Simulasi ini mempertimbangkan kekuatan sinyal RSSI dari 2.4 GHz wireless devices. simulasi menggunakan parameter yang sama pada eksperimen. Gambar 6. Gambar 6 adalah hasil dari simulasi dengan menggunakan software Matlab dalam pengukuran nilai RSSI terhadap jarak antara transmitter antenna dengan receiver antenna.



a. Tinggi transmitter antenna 15m



b. Tinggi transmitter antenna 30m



c. Tinggi transmitter antenna 45m

Gambar 6. Respon nilai RSSI terhadap jarak transmitter antenna dengan receiver antenna.

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada gambar 6 diatas: gambar a merupakan respon RSSI terhadap jarak transmitter antenna dengan receiver antenna untuk ketinggian transmitter antenna 15m dan receiver antenna 1.5m. Pada jarak 3m nilai RSSI = -89 dBm, nilai RSSI terus meningkat -66 dBm pada jarak 20m dan ini adalah nilai RSSI terbaik, berikutnya pada jarak 350m nilai RSSI = -100dBm.

Gambar b merupakan respon RSSI terhadap jarak transmitter antenna dengan receiver antenna untuk ketinggian transmitter antenna 30m dan receiver antenna 1.5m. Pada jarak 3m nilai RSSI = -106 dBm, nilai RSSI terus meningkat -73 dBm pada jarak 45m dan ini adalah nilai RSSI terbaik, berikutnya pada jarak 350m nilai RSSI = -95dBm.

Gambar c merupakan respon RSSI terhadap jarak transmitter antenna dengan receiver antenna untuk

ketinggian transmitter antenna 45m dan receiver antenna 1.5m. Pada jarak 3m nilai RSSI = -117 dBm, nilai RSSI terus meningkat -76 dBm pada jarak 62m dan ini adalah nilai RSSI terbaik, berikutnya pada jarak 350m nilai RSSI = -93dBm.

3. KESIMPULAN

Penelitian ini membahas tentang performa dari 2.4 GHz Zigbee wireless antenna untuk aplikasi wide-area wireless sensor network. Transmitter antenna di install pada drone sebagai media mobile wireless sensor network dan receiver antenna berada di lokasi tertentu pada lingkungan luar ruangan. Setingan alat untuk transmitter antenna dan receiver antenna yaitu non-ARQ mode. Dalam eksperimen ini dilakukan model point-to-point communication.

Dari hasil eksperimen diperoleh pada jarak 0m-100m nilai dari PER untuk masing-masing ketinggian drone meningkat mencapai 17-18%. Lebih lanjut pada jarak 100m-150m nilai PER mengalami sedikit penurunan yaitu 15-16% untuk tiga ketinggian drone yang berbeda. Mulai dari jarak 150m-250m nilai PER mengalami kenaikan yang signifikan, hingga mencapai PER 70% untuk ketinggian drone 30m, PER 80% untuk ketinggian drone 45m dan PER 88% untuk ketinggian drone 15m. Pada jarak 250m-350m nilai PER terlihat masih konstan untuk ketinggian drone 45m dan ketinggian 30m yaitu mencapai nilai PER 78% pada jarak 350m, sedangkan untuk ketinggian drone 15m menunjukkan nilai PER naik hingga mencapai 98% pada jarak 350m.

Hasil simulasi dengan Matlab menunjukkan RSSI terhadap jarak transmitter antenna dengan receiver antenna untuk ketinggian transmitter antenna 15m dan receiver antenna 1.5m. Pada jarak 3m nilai RSSI = -89 dBm, nilai RSSI terus meningkat -66 dBm pada jarak 20m dan ini adalah nilai RSSI terbaik, berikutnya pada jarak 350m nilai RSSI = -100dBm. Lebih untuk ketinggian transmitter antenna 30m dan receiver antenna 1.5m. Pada jarak 3m nilai RSSI = -106 dBm, nilai RSSI terus meningkat -73 dBm pada jarak 45m dan ini adalah nilai RSSI terbaik, berikutnya pada jarak 350m nilai RSSI = -95dBm. Pada parameter ketinggian transmitter antenna 45m dan receiver antenna 1.5m. Pada jarak 3m nilai RSSI = -117 dBm, nilai RSSI terus meningkat -76 dBm pada jarak 62m dan ini adalah nilai RSSI terbaik, berikutnya pada jarak 350m nilai RSSI = -93dBm.

Penelitian ini telah memberikan gambaran hasil experiment antara non-ARQ mode dengan simulasi Matlab memiliki hasil yang relevan. Hasil penelitian ini akan menjadi acuan dalam eksperimen lebih lanjut pada drone-based wireless sensor network seperti pengukuran terhadap packet ratio.

DAFTAR PUSTAKA

GHARGHAN S. K, R. NORDIN, M. ISMAIL AND J. A. ALI. 2016. Accurate Wireless Sensor Localization Technique Based on Hybrid PSO-

ANN Algorithm for Indoor and Outdoor Track Cycling in *IEEE Sensors Journal*, vol. 16, no. 2, pp. 529-541, Jan.15, 2016.

GANEV Z. 2020. Overview and comparison of some outdoor radio propagation models in *Wireless Sensor Networks in 2020 International Conference Automatics and Informatics (ICAI)*, Varna, Bulgaria, 2020, pp. 1-6.

LUO J, Z. ZHANG, C. LIU AND H. LUO. 2018. Reliable and Cooperative Target Tracking Based on WSN and WiFi in *Indoor Wireless Networks in IEEE Access*, vol. 6, pp. 24846-24855, 2018.

BRISO C, C. CALVO AND Y. XU. 2019. UWB Propagation Measurements and Modelling in Large Indoor Environments in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 41913-41920, 2019.

GARCÍA-REQUEJO A, M. CARMEN PÉREZ-RUBIO, J. M. VILLADANGOS AND Á. HERNÁNDEZ. 2023. Activity Monitoring and Location Sensory System for People with Mild Cognitive Impairments in *IEEE Sensors Journal*.

RAHMADYA B, Z. ZAINI, M. MUMUH. 2020. IoT: A Mobile Application and Multi-hop Communication in *Wireless Sensor Network for Water Monitoring in International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, vol.14, no.11, pp. 288-296, 2020.

HUY. X. P., HUNG. M. L., DAVID F. S., LUAN. V. N. 2018. Autonomous UAV Navigation Using Reinforcement Learning.

YO, P. H, LUCKY, S., & TSU, T. L. 2019. Structure From Motion Technique for Scene Detection Using Autonomous Drone Navigation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*.

MOHAMMAD, M., WALID, S., MEHDI, B., & MEROUANE, D. 2017. Performance Optimization for UAV-Enabled Wireless Communications under Flight Time Constraints.

SIXING, Y., YIFEI, Z., & LIHUA, L. 2016. UAV-assisted Cooperative Communications with Time-sharing SWIPT.

NIEL, A. C., REZA, M., & LAKSHMI N. 2016. Design of Smart Sensors for Real-Time Water Quality Monitoring. *IEEE Access* August 26, 2016.

BRIAN. R. G., ANTONIO. R. S., TYLER. M. B., ELIZABETH. A. P. L., & PHILLIP. B. C. 2019. Environmental and Sensor Integration Influences on Temperature Measurements by Rotary-Wing Unmanned Aircraft Systems. *Sensors*. Published: 26 March 2019.

ALOK. M. J., & Neeraj. T. 2015. An implementation of Automatic Repeat reQuest (ARQ) mechanism in cooperative wireless networks using max-ratio relay selection. *International Conference on Innovations in Information,*

- Embedded and Communication Systems (ICIIECS), Coimbatore, India, 2015, pp. 1-5.
- RAHMADYA. B., MASAHIRO. U., XIAOYAN. W., & SHIGEKI. T. 2020. On Link Performance According to Flight Route in Drone-Based Wide Area Wireless Sensor Networks," 2020 International Conference on Space-Air-Ground Computing (SAGC), Beijing, China, 2020, pp. 49-53.