# abstract

# introduction

##### Why design architecture of WSN is important

Kehadiran Wireless Sensor Networks (WSNs) telah merevolusi metode pengumpulan data serta proses monitoring data di dalam berbagai bidang meliputi industrial, automotive, military, agriculture, serta medical [1]–[5]. WSNs merupakan jaringan yang terdiri atas multiple small node yang memiliki kemampuan untuk melakukan sensing, komputasi serta komunikasi nirkabel satu sama lain ataupun ke base station (BS) melalui machine-to-machine protocol. Perkembangan teknologi manufaktur telah mendorong perkembangan teknologi sensor pada WSNs, salah satunya adalah kehadiran microsensor yang memiliki konsumsi daya yang rendah, sensitivitas yang tinggi serta noise dan ukuran dimensi yang lebih rendah [6]. Microsensor memiliki jumlah energy yang terbatas dalam waktu pengoperasiannya, yang berdampak pada system lifetime serta bandwidth communication yang diberikan. Untuk dapat meningkatkan jangkauan lifespan dari masing-masing node pada WSNs, diperlukan desain routing protocol optimal untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi serta jumlah throughput yang dihasilkan dari sensor.

* Jelasin protokol WSN yang ada

##### Terdapat beberapa pendekatan yang dapat dilakukan pada optimalisasi energy WSNs, Kamal dan Al-Karaki membagi jenis routing protocol berdasarkan network structure yakni flat, hierarchical dan location based protocol yang dapat dibagi kembali berdasarkan routing protocol yang diambil yakni multipath-based, query-based, negotiation based, quality of service (QoS) based dan coherent-based tergantung pada operational protocol yang digunakan [7]. Pada routing protocol network structure, system hierarichal based protocol memiliki keunggulan dari flat dan location based protocol karena pada hierarchical based protocol terdapat the selection of node dimana sensing information is assigned to the nodes with low energy sedangkan data processing dan data transmisi di bebankan pada node dengan energy tinggi, sehingga lifetime, scability serta minimisasi energy dapat dicapai [8]. Liu membagi hierarchical based protocol ke dalam empat bagian yakni chain-based protocol, tree-based protocol, grid-based protocol, area-based protocol serta cluster-based protocol [9], dan menunjukkan keunggulan dari cluster-based protocol dalam hal scalability, load balancing serta network life.

##### 

##### LEACH

Salah satu jenis routing protocol menggunakan teknik clustering yang paling umum digunakan adalah Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) [10]. LEACH menggunakan teknik adaptive clustering yang bertujuan untuk menciptakan distribusi energy merata dengan membagi beban energy consumption yang sama pada setiap node. Pada pengoperasiannya LEACH memiliki dua phase, yakni set-up phase dan steady-state phase. Set-up phase merupakan phase pemilihan cluster head (CH) dan steady-state phase merupakan phase transfer data dari member node ke CH serta agregasi data pada CH sebelum dikirimkan ke BS. Setiap node pada LEACH remain sleep hingga mendapat giliran untuk mengirim data. Pemilihan CH serta jumlah cluster pada LEACH di setiap rondenya didasarkan atas probabilitas random, yang menyebabkan system eleksi node untuk menjadi CH pada node dengan energy tinggi dan node dengan energy yang rendah memiliki probabilitas yang sama dan menyebabkan kehadiran orphan node karena letak CH yang jauh dari node, yang mana menjadi permasalahan pada LEACH. Terlebih lagi pada pengiriman data dari CH kepada BS masih didasarkan atas single hop, yang menjadikan penerapan LEACH tidak ideal pada large network [11].

##### Pendekatan yang telah dilakukan

Beberapa pendekatan telah diambil salah satunya dengan menerapkan konsep machine learning pada LEACH protocol. Pada teknik clustering dan eleksi CH, k-means clustering digunakan untuk menentukan cluster dari LEACH dengan nilai centroid yang didasarkan atas nilai energy transmisi yang digunakan dalam pemilihan CH dan didapatkan peningkatan efisiensi sebesar 48.15% [12]. Penggunaan reinforcement learning dengan Q-Learning juga digunakan untuk dalam route optimum dengan menambahkan route alternatif pada node member untuk mengirim data ke neighboring node secara multi-hop dan meningkatkan fault-tolerance pada network [13]. Q-Learning juga digunakan pada proses clustering dengan mempertimbangkan energy consumption, coverage area serta jarak node sebagai parameter dalam menentukan cluster [14]. Kurniawan et al. melakukan peningkatan network lifetime dengan menggunakan multi-agent Q-Learning untuk menjaga kualitas dari signal and interference to noise ratio (SINR) dari intra cluster interference pada tiap clustering [15], yang menunjukkan peningkatan performa dari packet delivered, energy consumption serta network lifetime.

* Tujuan Penelitian

Dalam rangka mengatasi permasalahan konsumsi energy, packet delivered, network lifetime serta kehadiran dari orphan node, penelitian in dilakukan dengan menerapkan konsep multi-agent Q-Learning untuk menciptakan route optimum pada setiap CH dan orphan node secara multi-hop untuk mengurangi jarak yang ditempuh dari CH ke BS maupun orphan node ke CH atau BTS. Penentuan route optimum akan didasarkan pada nilai \_\_\_\_\_\_\_\_\_ untuk menciptakan load balancing antar CH. Evaluasi performa dari pendekatan ini akan dilakukan dengan membandingkan performa pada LEACH konvensional dengan pendeketan yang dilakukan, meliputi performa packet delivered, energy consumption serta network lifetime.

* Struktur jurnal

# Methodology

1. LEACH

LEACH merupakan hierarichal-based routing protocol yang membagi masing-masing node nya ke dalam bentuk structural yakni CH dan member node, serta cluster-based routing protocol yang membagi jaringannya ke dalam bentuk cluster. Transmisi data dari LEACH menggunakan time-division-multiple-access (TDMA), karena pendekatan menggunakan TDMA menggunakan konsumsi energy yang rendah dengan menyimpan energy pada keadaan idle ketika channel sedang digunakan [16], Heinzelman et al. menjelaskan penggunaan TDMA bertujuan untuk menghindari terjadinya collision dan memudahkan pembagian bandwidth dengan fixed channelization scheme ketimbang FDMA yang memerlukan dynamic channelization scheme karena jumlah cluster yang tidak tentu di setiap rondenya. Pada pengoperasiannya pada tiap round, LEACH akan memiliki dua phase yakni set-up phase dan steady-state phase.

Pada setup- phase proses eleksi dari CH dilakukan dengan menggunakan probabilitas random untuk memilih CH di setiap rondenya. Node yang terpilih untuk menjadi CH akan mengirimkan advertisement message (ADV) menggunakan non persistent carrier-sense-multiple-access (CSMA) dari media-access-control (MAC) protocol. Setiap node menentukan daerah cluster nya masing-masing menggunakan CSMA yang didasarkan atas received energy strength dari CH, dengan mengirimkan join-request message ke CH. Masing-masing dari CH pada setiap cluster akan membentuk TDMA schedule dan mengirimkan schedule tersebut ke seluruh node pada clusternya, sebagai konfigurasi dari data transmisi. Pada steady-state phase masing-masing dari node akan mengirimkan data ke dalam bentuk frame untuk dialokasikan ke dalam slot transmisi dengan durasi frame pada tiap member node adalah konstan. Kedua fase tersebut ditunjukkan pada Fig 1.

A black and white rectangular object with black text

Description automatically generated

Fig 1. LEACH operation time line

Pada fase advertisement, proses eleksi CH dihitung berdasarkan nilai probabilitas random pada interval [0,1], dan dibandingkan dengan nilai probabilitas pada persamaan (1), apabila nilai probabilitas lebih kecil sama dengan dari persamaan (1) maka node tersebut akan terpilih menjadi CH. Node yang eligible untuk menjadi CH adalah node yang belum pernah menjadi CH pada 1/P round, untuk node yang telah terpilih menjadi CH pada 1/P round maka node tersebut tidak eligible sebagai CH. Hal ini bertujuan untuk menciptakan load balancing, dimana penggunaan energi dari masing-masing memiliki konsumsi energy yang sama.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | | (1) |
|  | : | Threshold probabilitas dari node ke-n | |
|  | : | Probabilitas cluster head | |
|  | : | Node ke-n | |
|  | : | Ronde operasi | |
|  | : | Set of nodes that have not been CH in the last 1/P round | |

Pada fase steady-state, transmisi data dari member node ke CH dan CH ke BS dilakukan secara TDMA dengan schema non-persistant CSMA. Pada fase transmisi tersebut, terdapat disipasi energi yang terjadi pada

A diagram of a flowchart

Description automatically generated

Fig 2. Energy Model for LEACH protocol



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | | (2) |
|  | | | (3) |
|  | | | (4) |
|  | | | (5) |
|  | : | Threshold probabilitas dari node ke-n | |
|  | : | Probabilitas cluster head | |
|  | : | Node ke-n | |
|  | : | Ronde operasi | |
|  | : | Set of nodes that have not been CH in the last 1/P round | |

1. Q-Learning

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | | (6) |
|  | : | Learning rate | |
|  | : | Probabilitas cluster head | |
|  | : | Node ke-n | |
|  | : | Ronde operasi | |
|  | : | Set of nodes that have not been CH in the last 1/P round | |

|  |
| --- |
|  |
|  |

# Result and discussion

# conclussion

# REFERENCES

[1] J. Yick, B. Mukherjee, and D. Ghosal, “Wireless sensor network survey,” *Computer Networks*, vol. 52, no. 12, pp. 2292–2330, Aug. 2008, doi: 10.1016/J.COMNET.2008.04.002.

[2] G. Cui *et al.*, “Detecting Rain–Snow-Transition Elevations in Mountain Basins Using Wireless Sensor Networks,” *J Hydrometeorol*, vol. 21, no. 9, pp. 2061–2081, Sep. 2020, doi: 10.1175/JHM-D-20-0028.1.

[3] P. Sanjeevi, S. Prasanna, B. Siva Kumar, G. Gunasekaran, I. Alagiri, and R. Vijay Anand, “Precision agriculture and farming using Internet of Things based on wireless sensor network,” *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, vol. 31, no. 12, p. e3978, Dec. 2020, doi: 10.1002/ETT.3978.

[4] P. Barsocchi *et al.*, “Wireless Sensor Networks for Continuous Structural Health Monitoring of Historic Masonry Towers,” *International Journal of Architectural Heritage*, vol. 15, no. 1, pp. 22–44, Jan. 2021, doi: 10.1080/15583058.2020.1719229.

[5] H. Askari, A. Khajepour, M. B. Khamesee, and Z. L. Wang, “Embedded self-powered sensing systems for smart vehicles and intelligent transportation,” *Nano Energy*, vol. 66, p. 104103, Dec. 2019, doi: 10.1016/J.NANOEN.2019.104103.

[6] K. Bult *et al.*, “Low power systems for wireless microsensors,” *IEEE Symposium on Low Power Electronics*, pp. 17–21, 1996, doi: 10.1109/LPE.1996.542724.

[7] J. N. Al-Karaki and A. E. Kamal, “Routing techniques in wireless sensor networks: A survey,” *IEEE Wirel Commun*, vol. 11, no. 6, pp. 6–27, Dec. 2004, doi: 10.1109/MWC.2004.1368893.

[8] M. Haque, T. Ahmad, and M. Imran, “Review of Hierarchical Routing Protocols for Wireless Sensor Networks,” *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 19, pp. 237–246, 2018, doi: 10.1007/978-981-10-5523-2\_22/COVER.

[9] X. Liu, “Atypical Hierarchical Routing Protocols for Wireless Sensor Networks: A Review,” *IEEE Sens J*, vol. 15, no. 10, pp. 5372–5383, Oct. 2015, doi: 10.1109/JSEN.2015.2445796.

[10] W. B. Heinzelman, A. P. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, “An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks,” *IEEE Trans Wirel Commun*, vol. 1, no. 4, pp. 660–670, 2002, doi: 10.1109/TWC.2002.804190.

[11] I. Daanoune, B. Abdennaceur, and A. Ballouk, “A comprehensive survey on LEACH-based clustering routing protocols in Wireless Sensor Networks,” *Ad Hoc Networks*, vol. 114, p. 102409, Apr. 2021, doi: 10.1016/J.ADHOC.2020.102409.

[12] S. Ramesh *et al.*, “Optimization of Leach Protocol in Wireless Sensor Network Using Machine Learning,” *Comput Intell Neurosci*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/5393251.

[13] T. Mahmood *et al.*, “An intelligent fault detection approach based on reinforcement learning system in wireless sensor network,” *Journal of Supercomputing*, vol. 78, no. 3, pp. 3646–3675, Feb. 2022, doi: 10.1007/S11227-021-04001-1/TABLES/3.

[14] N. Kaur and I. K. Aulakh, “An Energy Efficient Reinforcement Learning Based Clustering Approach for Wireless Sensor Network,” *EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems*, vol. “8,” no. 31, pp. 1–17, Feb. 2021, doi: 10.4108/EAI.25-2-2021.168808.

[15] D. Widodo, H. Kurniawan, A. Kurniawan, and M. Sigit Arifianto, “Transmission Power Management of LEACH Wireless Sensor Network Cluster Using Multi-Agents Reinforcement Learning Power Control,” *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, vol. 13, no. 3, 2021, doi: 10.15676/ijeei.2021.13.3.5.

[16] L. P. Clare, G. J. Pottie, and J. R. Agre, “Self-organizing distributed sensor networks,” *Unattended Ground Sensor Technologies and Applications*, vol. 3713, p. 229, Jul. 1999, doi: 10.1117/12.357138.