

Massimizzazione della vita in rete in wireless

Reti di sensori con mobilità affondata

Di

Mariam Akbar

CIIT / SP12-PEE-004 / ISB

Tesi di dottorato

Nel

Ingegnere elettrico

COMSATS Institute of Information Technology
Islamabad, Pakistan

Autunno, 2015

Massimizzazione della vita in rete in wireless
Reti di sensori con mobilità affondata

Una tesi presentata a

COMSATS Institute of Information Technology, Islamabad

In adempimento parziale

dei requisiti per il grado di

PhD (ingegneria elettrica)

Di

Mariam Akbar

CIIT / SP12-PEE-004 / ISB

Autunno, 2015

ii

Pagina 3

Massimizzazione della vita in rete in wireless
Reti di sensori con mobilità affondata

Una tesi post laurea presentata al Dipartimento di Ingegneria Elettrica come
adempimento parziale dei requisiti per il conseguimento della Laurea di Dottorato in (Elettricità
Ingegneria)

Nome	Numero di registrazione
Mariam Akbar	CIIT / SP12-PEE-004 / ISB

Supervisore

Dr. Nadeem Javaid,
Professore Associato, Dipartimento di Informatica,
COMSATS Institute of Information Technology,
Islamabad.
Gennaio 2016

iii

Pagina 4

Approvazione finale

Questa tesi dal titolo

Massimizzazione della vita in rete in wireless
Reti di sensori con mobilità affondata

Di

Mariam Akbar

CIIT / SP12-PEE-004 / ISB

È stato approvato

Per il COMSATS Institute of Information Technology, Islamabad

Esame esterno 1:

Prof.Dr.Shahid Masud,

Preside, Facoltà di Ingegneria Elettrica,

Lahore University of Management Sciences (LUMS), Lahore

Esame esterno 2:

Dr. Hasan Mahmood, Professore Associato,

Presidente, Dipartimento di elettronica,

Università Quaid-i-Azam (QAU), Islamabad

Supervisore:

Dr. Nadeem Javaid, Professore Associato,

Dipartimento di Informatica, CIIT, Islamabad

HoD / Presidente:

Prof.Dr.Muhammad Junaid Mughal,

Dipartimento di Ingegneria elettrica, CIIT, Islamabad

Decano:

Prof.Dr.Shahid A. Khan,
Facoltà di Ingegneria, CIIT, Islamabad

Pagina 5

Dichiarazione

I Mariam Akbar, CIIT / SP12-PEE-004 / ISB dichiaro di aver prodotto il lavoro presentato in questa tesi, durante il periodo di studio previsto. anche io dichiaro di non aver preso alcun materiale da alcuna fonte eccetto cui si fa riferimento ovunque sia dovuto tale quantità di plagio è entro un intervallo accettabile. Se una violazione delle regole HEC sulla ricerca si è verificato in questa tesi, sarò passibile di punibilità azione secondo le regole di plagio della HEC.

Data:

Firma dello studente:

Mariam Akbar
CIIT / SP12-PEE-004 / ISB

Pagina 6

Certificato

Si certifica che Mariam Akbar, CIIT / SP12-PEE-004 / ISB ha eseguito tutte le
lavoro relativo a questa tesi sotto la mia supervisione presso il Dipartimento di Elettricità
Ingegneria, COMSATS Institute of Information Technology, Islamabad e
lavoro soddisfa il requisito per il rilascio del dottorato di ricerca.

Data:

Supervisore:

Dr. Nadeem Javaid,
professore associato

Capo del Dipartimento:

Prof.Dr.Muhammad Junaid Mughal,
Dipartimento di Ingegneria Elettrica

vi

Pagina 7

DEDIZIONE

Questa tesi è dedicata ai miei genitori e per loro suoceri
supporto, amore e incoraggiamento senza fine.

Dedico amorevolmente questa tesi a Kashif (mio marito) e a
Hussain, Mahad e Zainab (i miei figli) la cui pazienza mi ha sostenuto
durante questo sforzo.

Dedico questa tesi al Dr. Nadeem Javaid (il mio supervisore) che l'ha
mi ha reso più forte e più appagato di quanto né ero né ho
mai immaginato.

RICONOSCIMENTI

Il percorso verso il dottorato è molto accidentato e accidentato; comunque sono stato fortunato ad avere molte persone che mi motivano e sostengono intorno a me durante questo viaggio. In retrospettiva a tutti questi anni, ci sono molte persone che possiedo sincera gratitudine a. Innanzitutto, vorrei ringraziare il mio supervisore, Dr. Nadeem Javaid, il cui dono disinteressato di tempo, cura, incoraggiamento e guida erano tutto ciò che mi ha fatto andare avanti. Senza il suo tempo prezioso, fatica, guida infinita e supporto, questa dissertazione non avrebbe mai visto la luce del giorno. Ha guidato ogni volta che ho perso il percorso. Mi ha insegnato invece a concentrarmi su immagini più grandi di battute d'arresto temporanee; mi ha mostrato che la vita può essere molto di più. sarò per sempre grato a lui per essere stato un grande mentore nella mia vita professionale e anche nella mia vita personale. Ha reso il mio tempo un ricordo prezioso e gioioso. ho studiato molto da lui e questa preziosa conoscenza sarà una grande risorsa per la mia professione carriera così come nella mia vita. Vorrei esprimere sincera gratitudine all'ex membri del team del gruppo ComSens per il loro gentile aiuto e la collaborazione efficiente. Mio Un ringraziamento speciale ad Ashfaq, Ayesha, Sidra, Babar e Kamran che hanno contribuito a creare un ottimo ambiente di lavoro. Inoltre voglio ringraziare i miei amici (sorelle) Madiha Narjis, Rida, Rubab, Rabia, Ayesha, Shabana, Madiha, Humaira e Samia per avermi fornito supporto morale. Ultimo ma non meno importante, un ringraziamento speciale ai miei genitori e suoceri per il loro amore incondizionato e incrollabile e supporto per tutta la mia tesi. Oltre a questo, devo il successo di oggi e l'eccellenza non può mai essere raggiunta senza un instancabile aiuto e incoraggiamento mio marito Kashif e i miei amati figli Hussain, Mahad e Zainab.

Mariam Akbar

CIIT / SP12-PEE-004 / ISB

viii

Pagina 9

ASTRATTO

Massimizzazione della durata in rete nelle reti di sensori wireless con

Mobilità del lavandino

Le reti di sensori wireless (WSN) estendono la capacità umana di monitorare e controllo il mondo fisico, soprattutto, in situazioni catastrofiche / di emergenza in cui l'impegno dell'uomo è troppo pericoloso. Esiste una vasta gamma di applicazioni WSN nei settori terrestre, subacqueo e sanitario. A questo proposito, i wireless sensori si sono evoluti in modo significativo negli ultimi decenni in termini di circuiti miniaturizzazione. Tuttavia, i sensori wireless di piccole dimensioni affrontano il problema del limitato capacità batteria / potenza. Pertanto, sono necessarie strategie di efficienza energetica per prolungare il durata di queste reti. Obiettivo di questa dissertazione, limitato al solo routing soluzioni ad alta efficienza energetica per prolungare la durata delle reti di sensori terrestri (cioè, WSN) e Underwater WSN (UWSN).

In WSN, identifichiamo quella dimensione irregolare del cluster, numero casuale di Clus selezionati Teste (CH), distanza di comunicazione e numero di trasmissioni / ricezioni sono principalmente coinvolte nel consumo di energia che porta ad una riduzione vita lavorativa. Come soluzione, presentiamo due protocolli di routing proattivo per WSN culari; Trasmissione di rete di clustering basata sulla distanza multi-hop angolare (AM-DisCNT) e AM-DisCNT migliorato (iAM-DisCNT). Questi due protocolli sono supportati da modelli di programmazione lineare per la massimizzazione del flusso di informazioni e minimizzazione della caduta dei pacchetti. Per le applicazioni reattive, presentiamo quattro percorsi protocolli; Hybrid Energy Efficient Reactive (HEER), Multi-hop Hybrid Energy Efficient Reactive (MHEER), HEER con Sink Mobility (HEER-SM) e MHEER con Sink Mobility (MHEER-SM). La caratteristica multi-hop del reattivo i protocolli li rendono scalabili. Sfruttiamo anche l'eterogeneità dei nodi presentando quattro protocolli di instradamento (ovvero, Balanced Energy Efficient Network Integrated Super

ix

Pagina 10

Eterogeneo (BEENISH), Mobile BEENISH (MBEENISH), migliorato BEENISH (iBEENISH) e Mobile BEENISH migliorato (iMBEENISH) per prolungare il durata della rete. Poiché i problemi di tolleranza al ritardo e di traiettoria mobile I ries hanno bisogno di indagine, questa dissertazione si divide in quattro proposizioni che esplorano traiettorie di sink mobili definite e casuali. D'altra parte, progettando un file Il protocollo di instradamento efficiente dal punto di vista energetico per gli UWSN richiede maggiore precisione ed extra calcoli dovuti al duro ambiente sottomarino. Soggetto all'energia dei nodi minimizzazione dei consumi, presentiamo Autonomous Underwater Vehicle (AUV) e protocollo di instradamento basato su Courier Nodes (CN) per UWSN. Convalidiamo il nostro proposte per WSN e UWSN tramite simulazioni. I risultati mostrano che il file i protocolli proposti in cui abbiamo incorporato la mobilità del lavandino hanno prestazioni migliori di quelli esistenti in termini di metriche di rendimento selezionate.

X

Pagina 11

Pubblicazioni

Pubblicazioni su riviste

30 Mariam Akbar, Nadeem Javaid, Zahoor Ali Khan, Umar Qasim, Turki Ali Alghamdi, Saad Noor Mohammad, Syed Hassan Ahmed, Majid Iqbal Khan, e Safdar Hussain Bouk. "Verso la massimizzazione della durata della rete: sink protocolli di efficienza energetica ibridi scalabili multihop consapevoli della mobilità per WSN restrial." International Journal of Distributed Sensor Networks, 11, no. 10 (2015): 908495. (IF = 1.239) [Scarica](#)

29 Nadeem Javaid, Mariam Akbar, Zahoor Ali Khan, Turki Ali Alghamdi,

Malik Najmus Saqib e Majid Iqbal Khan. "Modellazione miglioramenti in protocolli di instradamento con limitazioni di mobilità e scalabilità nelle VANET. " *Giornale internazionale delle reti di sensori distribuiti* 10, n. 7 (2014): 261823.
(IF = 1.239) [Scarica](#)

28 Mariam Akbar, Nadeem Javaid, Muhammad Imran, Areeba Rao, Muhammad Shahzad Younis e Iftikhar Azim Niaz. "Un percorso angolare multi-hop protocollo per reti di sensori wireless. " *Giornale internazionale di distribuzione Sensor Networks* 12, n. 9 (2016): 1550147716662945. (IF = 1.239) [Scarica](#)

27 Mariam Akbar, Nadeem Javaid, Muhammad Imran, Naeem Amjad, Majid Iqbal Khan e Mohsen Guizani. "Affondare la mobilità consapevole dell'efficienza energetica protocollo super eterogeneo integrato in rete per WSN. " *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking* 2016, n. 1 (2016): 66. (IF = 1.529) [Scarica](#)

26 Mariam Akbar, Nadeem Javaid, Wadood Abdul, Sanaa Ghouzali, Abid Khan, Iftikhar Azim Niaz, Manzoor Ilahi, "Balanced transmissions based trajectories of mobile sink in omogeneous wireless sensor networks ", *Journal of Sensors*, 2017. (IF = 1.704) [Download](#)

xi

Pagina 12

25 Mariam Akbar, Nadeem Javaid, Ayesha Hussain Khan, Muhammad Imran, Muhammad Shoaib e Athanasios Vasilakos. "Raccolta dati efficiente in Reti di sensori wireless subacquei lineari 3D che utilizzano la mobilità del lavandino. Sensori 16, n. 3 (2016): 404. (IF = 2.677) [Scarica](#)

Pagina 13**Atti del convegno**

- 24 N. Ilyas, N. Javaid, M. Akbar, ZA Khan, U. Qasim, "SEDG: Scalable and Efficient Data Gathering Routing Protocol per WSN subacquee ". Procedia Computer Science 52 (2015): 584-591. [Scarica](#)
- 23 S. Ahmed, N. Javaid, M. Akbar, U. Qasim, ZA Khan, "ARCUN: Analytico ico verso l'affidabilità con la cooperazione per il sensore subacqueo Reti ". Procedia Computer Science 52 (2015): 576-583. [Scarica](#)
- 22 A. Umar, M. Akbar, Z. Iqbal, ZA Khan, U. Qasim, N. Javaid, "Coop-Criteri di selezione dei nodi partner erativi per il routing cooperativo in derwater WSN. " Nella tecnologia dell'informazione: verso un nuovo mondo intelligente (NSITNSW), 5 ° simposio nazionale 2015, pagg. 1-7. IEEE, 2015. [Scarica](#)
- 21 MA Hasnat, M. Akbar, Z. Iqbal, ZA Khan, U. Qasim, N. Javaid, "Bio Raggruppamento ispirato ed efficiente dal punto di vista energetico per rete di sensori wireless lavori." In Information Technology: Towards New Smart World (NSITNSW), 2015 5th National Symposium on, pp. 1-7. IEEE, 2015. [Scarica](#)
- 20 Umar, A .; Akbar, M .; Ahmed, S .; Javaid, N .; Khan, ZA; Qasim, U., "Underwater Wireless Sensor Network's Performance Enhancement with Coop-Routing erativo e Sink Mobility ". In Broadband and Wireless Computing, Comunicazione e applicazioni (BWCCA), Nona conferenza internazionale ference on, pp. 26-33. IEEE, 2014. [Scarica](#)
- 19 Saleem, F .; Javaid, N .; Moeen, Y .; Akbar, M .; Khan, ZA; Qasim, U., "MEET: protocollo multi-hop per l'efficienza energetica per evitare i buchi di energia Utilizzo di un raggio di trasmissione variabile nelle reti di sensori wireless ". In ampio banda e Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA), Nona conferenza internazionale del 2014, pp. 478-484. IEEE, 2014.

Pagina 14

[Scarica](#)

- 18 Moeen, Y.; Javaid, N.; Saleem, F.; Umar, A.; Akbar, M.; Khan, ZA; Qasim, U., "MASEHA: Multi-hop Communication Using Active and Sleep Nodes per evitare buchi di energia nelle reti di sensori wireless. "In banda larga e Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA), 2014 Nona conferenza internazionale su, pp. 452-457. IEEE, 2014. [Scarica](#)
- 17 Sandhu, MM; Akbar, M.; Behzad, M.; Javaid, N.; Khan, ZA; Qasim, U., "REEC: routing affidabile dei dati critici con efficienza energetica nel corpo senza fili Area Networks, "In Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA), Nona conferenza internazionale 2014, pp. 446-451. IEEE, 2014. [Scarica](#)
- 16 Yousaf, S.; Ahmed, S.; Akbar, M.; Javaid, N.; Khan, ZA; Qasim, U., "Co-CEStat: Trasmissione cooperativa di dati critici in emergenza in statica Wireless Body Area Network ", in Broadband and Wireless Computing, Comunicazione e applicazioni (BWCCA), Nona conferenza internazionale ference on, pp. 113-119. IEEE, 2014. [Scarica](#)
- 15 Yousaf, S.; Ahmed, S.; Akbar, M.; Javaid, N.; Khan, ZA; Qasim, U., "In-Protocollo Co-CEStat basato su relè cremental per Wireless Body Area Net- funziona. "Nella banda larga e nell'elaborazione wireless, nelle comunicazioni e nelle applicazioni (BWCCA), Nona conferenza internazionale 2014 in data, pp. 113-119. IEEE, 2014. [Scarica](#)
- 14 Sandhu, MM; Akbar, M.; Behzad, M.; Javaid, N.; Khan, ZA; Qasim, U., "Mobility Model for WBANs," In Broadband and Wireless Comput- ing, Communication and Applications (BWCCA), 2014 Nona Internazionale Conferenza su, pp. 155-160. IEEE, 2014. [Scarica](#)
- 13 M. Akbar, N. Javaid, S. Yousaf, AH Khan, ZA Khan, U. Qasim, AA

- Khan, "TRP: Tunneling Routing Protocol for WSNs", In Advanced Infor- mation Networking and Applications (AINA), 2014 IEEE 28th International Conferenza su, pp. 555-559. IEEE, 2014. [Scarica](#)
- 12 S. Ahmed, N. Javaid, M. Akbar, A. Iqbal, ZA Khan, U. Qasim, "LAEEBA: Link Aware and Energy Efficient Scheme for Body Area Networks. " Nel Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2014 IEEE 28th International Conference on, pp. 435-440. IEEE, 2014. [Scarica](#)
- 11 MR Jafri, N. Javaid, N. Amjad, M. Akbar, ZA Khan, U. Qasim, "Impact di modelli di propagazione acustica su tecniche di instradamento basate sulla profondità in

derwater Wireless Sensor Networks. " In Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), 2014 28th International Conference

su, pagg. 479-485. IEEE, 2014. [Scarica](#)

10 M. Liaqat, N. Javaid, M. Akbar, L. Ali, S. Hafizah, A. Ghani, "HEX Clus- protocollo per il routing nella rete di sensori wireless ". In Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2014 IEEE 28th International Conferenza su, pp. 549-554. IEEE, 2014. [Scarica](#)

9 A. Afzidi, N. Javaid, S. Jamil, M. Akbar, ZA Khan, U. Qasim, "HEAT: Orizzontale mobile Efficienza energetica Adaptive Threshold-based Routing Protocol per Wireless Body Area Network ". In Advanced Information Network-seminari e seminari sulle applicazioni (WAINA), 28a conferenza internazionale ence on, pp. 474-478. IEEE, 2014. [Scarica](#)

8 MM Sandhu, N. Javaid, M. Akbar, F. Najeeb, U. Qasim, ZA Khan, "FEEL: inoltro dei dati in modo efficiente dal punto di vista energetico con il bilanciamento del carico in meno Body Area Network ". In Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2014 IEEE 28th International Conference on, pp. 783-789.

IEEE, 2014. [Scarica](#)

Pagina 16

7 S. Yousaf, M. Akbar, N. Javaid, A. Iqbal, ZA Khan, U. Qasim, "CE-Mob: trasmissione di dati critici in emergenza con supporto per la mobilità in WBAN. " In Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2014 IEEE 28th International Conference on, pp. 915-919. IEEE, 2014.

[Scarica](#)

6 A. Tauqir, S. Akram, AH Khan, N. Javaid, M. Akbar, "Non-Invasive In- Modello di collegamento duttivo per microsistemi biomedici impiantabili: pacemaker per monitorare i pazienti aritmici nelle Body Area Network ". In banda larga e Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA), 2013 Ottava Conferenza Internazionale su, pp. 232-237. IEEE, 2013. [Scarica](#)

5 A. Rao, M. Akbar, N. Javaid, SN Mohammad, S. Sarfraz, "AM-DisCNT: Protocollo di trasmissione di rete circolare basato su DIStance multi-hop angolare for WSNs ", In Broadband and Wireless Computing, Communication and Applicazioni (BWCCA), 2013 Ottava conferenza internazionale, pp. 29-35. IEEE, 2013. [Scarica](#)

4 M. Akbar, N. Javaid, AA Khan, ZA Khan, U. Qasim, "On Modeling Ge- Mobilità geometrica del lavandino con sensore wireless senza cluster tollerante ai ritardi Networks ", In Smart Communications in Network Technologies (SaCoNeT), 2013 Conferenza internazionale su, vol. 1, pagg. 1-5. IEEE, 2013. [Scarica](#)

3 B. Manzoor, N. Javaid, O. Rehman, M. Akbar, Q. Nadeem, A. Iqbal, M. Ish-

faq, "Q-LEACH: un nuovo protocollo di routing per WSN", Procedia Computer

Science 19 (2013): 926-931. [Scarica](#)

2 N. Javaid, AA Khan, M. Akbar, ZA Khan e U. Qasim, "SRP-MS:

Un nuovo protocollo di instradamento per reti di sensori wireless a tolleranza di ritardo ", In

Ingegneria elettrica e informatica (CCECE), 26a edizione IEEE annuale

Conferenza canadese il, pp. 1-4. IEEE, 2013. [Scarica](#)

1 Fareed. M. S, Javaid. N, Akbar. M, Rehman. S, Qasim. U, Khan. Z.

xvi

Pagina 17

A, "Numero ottimale di selezione della testa del cluster per una distribuzione efficiente

of Sources in WSNs. " In banda larga, informatica wireless, comunicazione

and Applications (BWCCA), Settima conferenza internazionale del 2012, pp.

632-637. IEEE, 2012. [Scarica](#)

xvii

SOMMARIO

1 Introduzione	1
1.1 Reti di sensori wireless	2
1.1.1 TWSN	2
1.1.2 UWSN	6
1.2 Sfide della ricerca	8
1.2.1 Sfide affrontate	9
1.2.2 Contributo alle sfide affrontate	10
1.2.3 Impatto della tesi	12
2 Lavori correlati	13
2.1 Riepilogo capitoli	14
2.2 Protocolli di instradamento per TWSN	14
2.2.1 Protocolli di routing con clustering	14
2.2.2 Protocolli di instradamento con mobilità sink	18
2.3 Protocolli di instradamento per UWSN	28
3 Un protocollo di routing angolare multihop per WSN	34
3.1 Riepilogo capitoli	35
3.2 Motivazione	35
3.3 Il protocollo proposto: AM-DisCNT	36
3.3.1 Distribuzione del campo	36
3.3.2 Architettura	37
3.3.3 Formazione di regioni	37
3.3.4 Selezione dei CH	40
3.3.5 Modello radio	40
3.3.6 Eterogeneità della rete	41
3.4 Estensione di AM-DisCNT: iAM-DisCNT	42
3.4.1 La formulazione del problema	42
3.4.2 iAM-DisCNT	43
3.4.3 Calcolo del consumo energetico	45
3.4.4 Modello di massimizzazione del flusso di informazioni	47
3.4.5 Modello di minimizzazione della caduta di pacchetti	48
3.5 Risultati simulazione	51
3.5.1 Metriche delle prestazioni - definizioni	51
3.5.2 Metriche delle prestazioni - discussioni	52
3.5.3 metriche di performance - trade-off	56
3.6 Conclusioni del capitolo	59
4 Disciplina l'ambiente mobile: analisi multi-hop con controllore della mobilità	
Protocolli efficienti	60
4.1 Riepilogo capitoli	61

4.2 Protocolli proposti: HEER e MHEER	61
4.2.1 HEER	62
4.2.2 MHEER	64
4.3 Mobilità lavello in HEER e MHEER: HEER-SM e MHEER-SM	67
4.3.1 Networktopology	68
4.3.2 Meccanismo di clustering	70
4.4 Esperimenti e discussioni	71
4.4.1 Metriche delle prestazioni - definizioni	71
4.4.2 Metriche delle prestazioni - discussioni	71
4.4.2.1 Networklifetime	72
4.4.2.2 Modello di massimizzazione della durata	75
4.4.2.3 Produttività	78
4.4.2.4 Modello di massimizzazione della raccolta dei dati	78

<u>4.4.2.5 Packedrop</u>	81
<u>4.4.2.6 Consumo energetico</u>	81
<u>4.4.2.7 Ritardo</u>	84
<u>4.4.3 Metrica delle prestazioni - compromessi</u>	87
<u>4.5 Conclusioni dei capitoli</u>	90

5 Modello di rete elettronica per lavandaio

<u>5.1 Riepilogo capitoli</u>	92
<u>5.2 Modello WSN eterogeneo a quattro livelli</u>	92
<u>5.3 Protocolli BEENISH e iBEENISH proposti</u>	95
<u>5.4 Mobilità verso il basso</u>	100
<u>5.4.1 Modello di sistema</u>	102
<u>5.4.2 Questioni da affrontare nella mobilità del lavandino</u>	102
<u>5.4.3 Modello MS</u>	103
<u>5.4.4 Modello di ritrasmissione dei pacchetti</u>	107
<u>5.4.5 Meccanismo di mobilità del lavandino in MBEENISH e iMBEENISH</u>	109
<u>5.5 Risultati simulazione</u>	112
<u>5.5.1 Metriche delle prestazioni - definizioni</u>	112
<u>5.5.2 Metriche di performance - discussioni</u>	113
<u>5.5.3 Metriche di performance - compromessi</u>	119
<u>5.6 Conclusione del capitolo</u>	123

6 Modello di rete elettronica per lavandaio

<u>6.1 Riepilogo capitoli</u>	125
<u>6.2 Schemi proposti: RMS e DMS</u>	125
<u>6.2.1 Networkmodel</u>	125
<u>6.2.2 Operazione protocollo</u>	130
<u>6.2.2.1 Traiettorie RMS</u>	131
<u>6.2.2.2 Traiettorie DMS</u>	131
<u>6.2.3 Analisi analitica</u>	134

<u>6.2.4 Risultati della simulazione</u>	137
<u>6.2.4.1 Metriche delle prestazioni - definizioni</u>	138
<u>6.2.5 Metriche di performance - discussioni</u>	138
<u>6.2.5.1 Stabilità della rete</u>	139
<u>6.2.5.2 Produttività</u>	139
<u>6.2.5.3 Ritardo end-to-end</u>	141
<u>6.2.5.4 N. di pacchetti scartati</u>	142
<u>6.2.5.5 Pathloss</u>	143
<u>6.2.5.6 Energia residua</u>	144
<u>6.2.6 Metriche di performance - compromessi</u>	144
<u>6.3 Schema proposto: GSM</u>	147
<u>6.3.1 Motivazione</u>	147
<u>6.3.2 Networkmodel</u>	147
<u>6.3.2.1 Operazione protocollo</u>	149
<u>6.3.2.2 Risultati della simulazione</u>	150
<u>6.4 Conclusione del capitolo</u>	154

7 Progetto dati operante la 3D UWSN per fare utilizzando

<u>7.1 Riepilogo capitoli</u>	155
<u>7.2 Motivazione e contributi</u>	156
<u>7.3 Quadro e definizione formale del problema</u>	158
<u>7.3.1 Relazione tra nodi e MS</u>	158
<u>7.3.2 Analisi grafica</u>	160
<u>7.3.3 Probabilità di consegna</u>	163
<u>7.3.4 Ritardo di attenuazione e propagazione</u>	164
<u>7.3.5 Rumore del canale acustico</u>	165
<u>7.3.6 Modello di consumo energetico negli UWSN</u>	165
<u>7.4 Modello e descrizione della rete</u>	167
<u>7.5 Risultati simulazione</u>	168
<u>7.5.1 Metriche delle prestazioni - definizioni</u>	168

<u>7.5.2 Metriche di performance - discussioni</u>	169
<u>7.5.2.1 Networklifetime</u>	169
<u>7.5.2.2 Produttività</u>	170
<u>7.5.2.3 Packetworkdropped</u>	170
<u>7.5.2.4 Pathloss</u>	172
<u>7.5.2.5 Perdita di trasmissione</u>	173
<u>7.5.2.6 Ritardo end to end</u>	174
<u>7.5.3 Metriche di performance - compromessi</u>	175
<u>7.6 Analisi della scalabilità</u>	176
<u>7.7 Conclusione del capitolo</u>	178
<u>8 Conclusioni e lavoro futuro</u>	180
<u>8.1 Conclusione</u>	181
<u>8.2 Lavoro futuro</u>	182

xx

Pagina 21

<u>9 Bibliografia</u>	184
---	-----

LISTA DELLE FIGURE

<u>1.1 WSN atipico</u>	3
<u>1.2 Nodearchitecture</u>	3
<u>1.3 Confronto dei consumi energetici: comunicazione diretta (DC) vs</u>	
<u>1.4 Rapporti tra gli elaborati inclusi nella tesi e</u>	

<u>3.1 AM-DisCNT: schema</u>	38
<u>3.2 Cerchio interno: nodi di comunicazione BS</u>	38
<u>3.3 Regione esterna: comunicazione dei nodi con CH</u>	39
<u>3.4 Comunicazione di CH con BS: (a) direttamente, (b) attraverso il cerchio interno</u>	
-----	39
<u>3.5 Radiomodel</u>	41
<u>3.6 iAM-DisCNT: schema</u>	44
<u>3.7 Regioni di fattibilità</u>	50
<u>3.8 Periodo di stabilità e vita della rete</u>	53
<u>3.9 Tasso di selezione CH</u>	54
<u>3.10 Numero di pacchetti inviati a BS</u>	54
<u>3.11 Numero di pacchetti ricevuti presso BS</u>	55
<u>3.12 Ritardo end-to-end</u>	56

<u>4.1 Figura di idea per HFFR dal rilevamento dei dati alla trasmissione dei dati per a</u>	
-----	64
<u>4.2 MHEERnetworktopology</u>	65
<u>4.3 Sinkmobility</u>	69
<u>4.4 Diagramma di flusso del protocollo MHEER</u>	70
<u>4.5 Durata della rete per diversi n. di nodi</u>	73
<u>4.6 Pacchetti inviati a BS</u>	79
<u>4.7 Pacchetto ricevuto con successo alla BS per 100, 500 e 1000 nodi</u>	82
<u>4.8 Consumo energetico della rete per 100, 500 e 1000 nodi</u>	83
<u>4.9 Ritardo end-to-end della rete per 100, 500 e 1000 nodi</u>	85

<u>5.1 Topologia di rete di BEENISH</u>	95
<u>5.2 Rotonda di variazione di cez fino alla morte del primo nodo</u>	101
<u>5.3 Meccanismo di mobilità del lavandino</u>	109
<u>5.4 Modulo 1: Trovare nodi normali, avanzati, super e ultra super</u>	110
<u>5.5 Modulo 2: formazione di cluster e selezione di CH</u>	110
<u>5.6 Modulo 3: Trasmissione sulla base della distanza minima</u>	111
<u>5.7 Nodi attivi durante la vita della rete</u>	115
<u>5.8 Throughput della rete</u>	116
<u>5.9 Pacchetti ricevuti presso BS</u>	117
<u>5.10 Tasso di selezione CH</u>	120

<u>6.1 Sovrapposizione delle regioni nel campo di rilevamento</u>	126
<u>6.2 Sezione trasversale di due campi di rilevamento</u>	126
<u>6.3 Coordinate e cordone dell'area intersecata</u>	127
<u>6.4 Flussi di dati in entrata e in uscita: a) I nodi inviano i dati dopo</u>	

<u>6.5 Diagramma di flusso di RMS</u>	132
<u>6.6 Uno dei percorsi casuali di RMS</u>	132
<u>6.7 Percorso del DMS</u>	133
<u>6.8 Diagramma di flusso del DMS</u>	133
<u>6.9 TP della regione ammissibile</u>	135
<u>6.10 Perdita di percorso della regione ammissibile</u>	136

6.11 Ritardo end-to-end della regione ammissibile	137
6.12 Confronto stabilità	140
6.13 Numero di pacchetti inviati al sink	141
6.14 Ritardo end to end	142
6.15 Pacchetto scartato	143
6.16 Perdita di percorso	144
6.17 Energia residua	145
6.18 Topologia di rete	150
6.19 Raffigurazione di d_{\max} e d_{\min}	151
6.20 Numero di nodi attivi per round	151
6.21 Throughput della rete	152
6.22 Numero di nodi morti per round	153
7.1 Confronto tra schemi proposti e contrari	157
7.2 Modello di rete	159
7.3 Trasmissione da CN a MS	159
7.4 MS è vicino di n_i nodi	160
7.5 Ritardo: regione ammissibile	161
7.6 Throughput: regione ammissibile	162
7.7 Durata della rete	170
7.8 Velocità di rete	171
7.9 Pacchetto scartato	171
7.10 Perdita di percorso	173
7.11 TL della rete	173
7.12 Ritardo end to end	174
7.13 Confronto della produttività con diversi n. di nodi	176
7.14 Perdita di trasmissione	177
7.15 Perdita di percorso	177
7.16 Ritardo end to end	178
7.17 Rapporto di rilascio pacchetti	178

ELENCO DELLE TABELLE

1.1 Differenza caratteristica tra WSN e UWSN	8
2.1 Analisi comparativa dei protocolli di instradamento gerarchico nei TWSN	16
2.2 Panoramica dei protocolli di routing WSN esistenti con mobilità sink	27
2.3 Panoramica dei protocolli di routing esistenti per le UWSN	31
3.1 Differenza tra AM-DisCNT e iAM-DisCNT	45
3.2 Parametri di simulazione	52
3.3 Analisi comparativa dei protocolli di routing selezionati	58
3.4 Analisi comparativa dei protocolli di instradamento selezionati	58
4.1 Differenza tra HEER, MHEER, HEER-SM e MHEER-SM	68
4.2 Parametri di simulazione	71
4.3 Nodi morti in diversi istanti di tempo (per 100 nodi)	74
4.4 I compromessi di prestazione realizzati dai protocolli	88
5.1 Parametri di simulazione	100
5.2 Differenza tra BEENISH, iBEENISH, MBEENISH e iM-	102
5.3 Compromessi sulle prestazioni ottenuti dai protocolli di instradamento	122
6.1 Radioparametri	138
6.2 Scambi di performance realizzati dai protocolli	146

Pagina 25

Capitolo 1

introduzione

Pagina 26

CAPITOLO 1 INTRODUZIONE

1.1 Reti di sensori wireless

Le reti di sensori wireless (WSN) sono costituite da dispositivi autonomi distribuiti che sono in grado di monitorare le condizioni fisiche o ambientali. Queste reti consentono per monitorare a distanza il campo. Le WSN possono essere utilizzate a terra (Terrestrial Wireless Sensor Networks (TWSNs)), sul corpo (Body Area Network (BAN)), in acqua (Underwater Wireless Sensor Networks (UWSNs)), ecc. In questa dissertazione noi considera TWSN e UWSN.

1.1.1 TWSN

Un WSN è mostrato nella figura [1.1](#), (dove, Stazione base (BS), Cluster Head (CH) e nodi sono mostrati). Un numero enorme di applicazioni di WSN copre molte aree eas come applicazioni militari (monitoraggio della sicurezza, rilevamento di potenziali nucleari attacchi, targeting, comunicazioni sicure e sorveglianza), applicazioni sanitarie (monitoraggio della pressione sanguigna, temperatura corporea, attività cardiaca, ecc.) e ambiente applicazioni economiche (inquinamento atmosferico, rilevamento di inondazioni o incendi, previsioni del tempo, controllo del traffico, ecc.) [\[1, 2, 3, 4\]](#).

Un tipico dispositivo autonomo che è un nodo sensore, esegue il rilevamento (sensori), conversione da analogico a digitale, elaborazione (processore / controller e memoria) e comunicazione (ricetrasmettitore). Tutti questi processi sono alimentati da un'unità batteria come mostrato nella figura [1.2](#) ([\[1\]](#)). Queste unità consentono ai sensori di rilevare il fisico attribuire dall'ambiente, raccogliere ed elaborare le informazioni rilevate e quindi trasmetterlo al lavandino.

I nodi sono indipendenti quando vengono schierati sul campo perché sono in grado di configurare e sopravvivere. Tuttavia, è difficile ricaricare le batterie. Così, il consumo energetico di questi nodi dovrebbe essere il minimo possibile, se apprezzabile

Pagina 27

CAPITOLO 1 INTRODUZIONE

Figura 1.1: Un tipico WSN

Figura 1.2: Architettura dei nodi

è prevista la durata della rete. Per ottenere la tolleranza agli errori, di solito i WSN sono costituiti da centinaia o addirittura migliaia di nodi sensori [5, 6, 2].

I metodi di consegna dei dati dai nodi alla BS dipendono dall'applicazione e possono essere classificati in quattro tipi: continua, basata su query, basata su eventi e ibrida.

Il primo metodo consente a ciascun nodo di trasmettere periodicamente i dati. Nel secondo

metodo, i dati vengono trasmessi quando una query viene generata dal sink. Allo stesso modo, evento la trasmissione guidata è innescata dal verificarsi di eventi specifici. Un ibrido il metodo di consegna dei dati utilizza due o più metodi contemporaneamente. Routing i protocolli sono fortemente influenzati da questi metodi di consegna dei dati in termini di energia consumo [7, 8]. Pertanto, la selezione del metodo di consegna dei dati corretto è uno dei le principali sfide affrontate dai protocolli di instradamento della rete di sensori.

Poiché ogni nodo è dotato di una fonte di energia limitata; di solito una batteria. Perciò, la corretta selezione del percorso per la trasmissione dei dati è di estrema importanza [9, 10, 11, 12].

Nel [2], gli autori discutono la relazione tra il conteggio del luppolo e il consumo di energia

dal punto di vista teorico e pratico. Ad esempio, considerando il

caso di comunicazione single hop in cui ogni nodo invia direttamente i dati al sink,

penalizzando così i nodi distanti in termini di consumo energetico (fare riferimento alla figura 1.3).

D'altra parte, la trasmissione multi-hop esaurisce la batteria dei nodi più vicini

più rapidamente rispetto a quelli distanti come mostrato in figura 1.3. Perciò,

il raggruppamento è necessario per bilanciare il consumo di energia di più lontano così come

nodi più vicini. Prima del routing, la distribuzione casuale dei nodi lascia alcune regioni

non monitorato. Quindi il posizionamento del lavandino dovrebbe essere tale da poterlo comodamente ottenere pacchetti da ogni parte della rete.

Molti protocolli utilizzano il clustering come schema di routing [13] - [19] come è questa tecnica molto efficace per la trasmissione dei dati nelle WSN. In questa tecnica, i nodi del membro di un cluster seleziona un CH tra di loro per un round particolare. Tutto il cluster i membri inviano i dati ai rispettivi CH. Il CH riceve quei dati, li aggrega e poi lo invia al BS. L'aggregazione elimina i dati ridondanti e solo i dati utili vengono inviati alla stazione base che consente di risparmiare energia. Il clustering può essere eseguito in due tipi di reti, cioè omogenee ed eterogenee. In WSN omogenee, tutti i nodi hanno lo stesso livello di energia iniziale, mentre le reti con nodi diversi i livelli di energia sono definiti reti eterogenee. La speranza multipla tra i CH lo è

4

Pagina 29

CAPITOLO 1 INTRODUZIONE

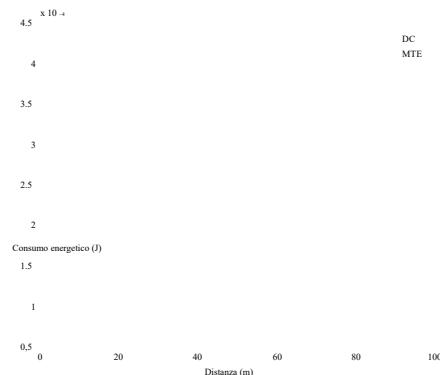


Figura 1.3: Confronto dei consumi energetici: comunicazione diretta (DC) vs Energia di trasmissione minima (MTE)

utilizzato per prolungare la durata delle reti su larga scala [20].

I protocolli possono essere classificati come proattivi [15] e reattivo [14]. Quando i nodi inviare periodicamente i propri dati alla BS, questi vengono definiti proattivi. Queste i protocolli inviano informazioni sui parametri rilevanti dopo un periodo di tempo prefissato. Questi tipi di reti vengono solitamente utilizzati per applicazioni che richiedono dati periodici monitoraggio. Quando i nodi reagiscono immediatamente a cambiamenti improvvisi e drastici in il valore del parametro interessato quindi i protocolli si dicono reattivi. Nel protocolli reattivi, il nodo non deve attendere un periodo di tempo fisso per rilevare e trasmettere i dati. I sensori accendono i trasmettitori ogni volta che è presente un file drastico cambiamento nel valore del parametro interessato. Questi protocolli sono adatti per applicazioni time-critical.

La durata della rete di WSN è direttamente proporzionale all'efficienza energetica di Rete. Generalmente i nodi vengono distribuiti nella rete in modo ad hoc perché di vaste aree geografiche. I nodi si connettono in modalità wireless tra loro o affondano e formare una rete auto-organizzata. Pertanto, i WSN non richiedono cavi preinstallati o infrastrutture esistenti. Grazie a questa caratteristica, è facile ed economico installare WSN

Pagina 30

CAPITOLO 1 INTRODUZIONE

nella zona di interesse.

Tra larghezza di banda di comunicazione, capacità di archiviazione e calcolo, limitata l'alimentazione è un vincolo importante. Poiché questi nodi sono dotati di limited batteria, diventano non funzionali (esaurite) una volta che la batteria è scarica.

La morte del nodo può causare la disconnessione delle informazioni. Con la morte di molti nodi, la rete può dividersi e ostacolare il raggiungimento delle informazioni

Lavello. La gestione dell'energia gioca un ruolo fondamentale nella massimizzazione della durata della rete.

I nodi consumano energia durante il rilevamento, la ricezione, l'inoltro e la trasmissione di dati (vedere eqns. [1.1](#) e [1.2](#)).

$$E_{TX} = E_{elec} k + q_{fs} kd^2 \quad (1.1)$$

$$E_{TX} = E_{elec} k + q_{amp} kd^4 \quad (1.2)$$

dove E_{TX} è l'energia consumata in trasmissione, E_{elec} è l'energia per bit richiesto per eseguire il circuito, k è il numero totale di bit per pacchetto, q_{fs} è il parametro radio utilizzato per ottenere un rapporto SNR accettabile quando d è inferiore a la distanza di riferimento, q_{amp} è il parametro radio utilizzato per ottenere un valore accettabile Rapporto SNR quando d è maggiore o uguale alla distanza di riferimento ed è il distanza di comunicazione.

1.1.2 UWSN

Anche gli UWSN stanno diventando popolari grazie ai loro vantaggi come il monitoraggio dell'inquinamento monitoraggio dell'estrazione di petrolio e monitoraggio dell'acquicoltura [\[21\]](#). Tuttavia, la radio e i segnali ottici sono influenzati da un'enorme quantità di dispersione e perdita di assorbimento in ambiente acquoso. Pertanto, i segnali acustici sono tipicamente utilizzati per la comunicazione sott'acqua che subiscono un ritardo elevato nella comunicazione a causa della sua velocità (1500 m / s). A differenza dei WSN terrestri, i canali acustici hanno un'energia elevata

Pagina 31

CAPITOLO 1 INTRODUZIONE

consumo, larghezza di banda limitata e bassa velocità di trasmissione, riportati nella tabella [1.1](#)

[\[22\]](#). I nodi sottomarini possono sopportare condizioni meteorologiche avverse in acque profonde. Queste i nodi sono anche forniti con una capacità della batteria limitata e dovrebbero rimanere vivo con le batterie per una maggiore durata di tempo senza essere ricaricato [\[21\]](#).

La mobilità del lavandino è uno dei mezzi efficaci per ridurre al minimo / bilanciare i consumi energetici zione dei nodi massimizzando il throughput sia in WSN che in UWSN. Mobile Sink (MS) è un UAV (Unmanned Aerial Vehicle) che non ha vincoli energetici.

Può facilmente spostarsi all'interno del campo di rete per ricevere dati dai CH o addirittura direttamente dai nodi. In questo modo, la distanza di comunicazione è significativa minimizzato che fattori nel prolungamento della vita della rete. Lo SM segue entrambi traiettorie definite o casuali durante lo spostamento nel campo della rete. L'obiettivo di questo tesi è quello di contribuire a nuove soluzioni di routing efficienti dal punto di vista energetico che coinvolgono MS in WSN e UWSN. A tal fine, una panoramica completa e una valutazione attuazione delle strategie di instradamento esistenti in termini di prolungamento della durata della rete e è necessaria la massimizzazione del rendimento.

Il resto della tesi è organizzato come segue. Nel capitolo 2, stato dell'arte viene condotta una revisione della letteratura. Nei capitoli 3, 4 e 5, proponiamo tre differenti schemi di instradamento ent, dove inizialmente la rete ha il clustering e i CH ricevono e inoltrare i dati dai nodi membri. Dopo di che schieriamo uno Stato membro che si trasferisce rete e riceve i dati dai CH. I risultati sia del clustering che del sink la mobilità viene confrontata. Gli schemi ibridi, dove sono considerati clustering e MS ered, si comportano bene. Nel capitolo 6, consideriamo solo la mobilità del lavandino ed esploriamo il traiettorie di sink. Where, sink si muove nel campo della rete e raccogli informazioni zione direttamente dai nodi. Confrontiamo i risultati con gli schemi esistenti che hanno clustering e mobilità del lavandino. I risultati mostrano che la nostra proposta ottiene risultati maggiore durata della rete, periodo di stabilità e throughput. Nel capitolo 7, promuoviamo pongono un protocollo di instradamento per gli UWSN. Consideriamo un campo tridimensionale. Per

Tabella 1.1: Differenza caratteristica tra WSN e UWSN

Caratteristica	Terrestre	Sott'acqua
Segnale	Radio	Acustico
Velocità	Luce velocità (3×10^8 m / sec)	Segnale acustico di velocità 1500 m / sec
Ancora	Basato su GPS	AUV
Segnale	Alto	Basso
larghezza di banda		
Posizione	Basso	Alto
tasso di errore		
Dispositivo mobilità	Statico e mobile	Statico e mobile
Propagazione ritardo	Basso	Alto
Energia fonte	Batteria, solare	Batteria

raccolta dei dati, utilizziamo un MS (Autonomous Underwater Vehicle (AUV)) e nodi del corriere. In UWSN, il modello acustico viene utilizzato per la comunicazione a causa di cambio di mezzo, mostrato nella tabella 1.1.

1.2 Sfide della ricerca

I WSN ricevono sempre più attenzione giorno dopo giorno a causa delle loro potenziali applicazioni. Sono facili da implementare e la loro responsabilità principale è di percepire l'attributi del settore rete. Dopo aver rilevato le informazioni che trasmettono (inviano) al BS (sink) per ulteriori elaborazioni. Principalmente il nodo consuma energia nel rilevamento e l'invio di dati al sink. I nodi hanno risorse limitate anche in termini di energia i collegamenti wireless sono a bassa potenza e inaffidabili. In questo caso c'è un problema di progettazione la sfida per una consegna affidabile dei dati. Applicazioni diverse impongono sfide diverse per una trasmissione dei dati efficiente e affidabile. Con lo sviluppo nella ricerca e applicazioni in WSN, vengono identificate molte sfide [13, 16, 22] per esempio . Localizzazione,

- . Reti omogenee ed eterogenee,
- . Gestione del gruppo,
- . Clustering statico e dinamico,
- . Affidabilità,
- . Controllo della topologia,
- . Statico o MS e il suo numero ottimale,
- . Auto-calibrazione,
- . Autoguarigione,
- . Sincronizzazione dell'orologio,
- . Aggregazione dei dati,
- . Elaborazione di query,
- . Parametri per valutare le prestazioni della rete,
- . Elaborazione e fusione di sensori con capacità limitate,
- . Debug e test, ecc.

1.2.1 Sfide affrontate

Questa tesi indaga vari approcci per migliorare la durata della rete e li convalida attraverso simulazioni. Inoltre, dalle sfide sopra menzionate questa tesi affronta le seguenti sfide di ricerca:

Sfida 1: in che modo il clustering statico riduce al minimo il consumo di energia di nodi e quindi il consumo energetico complessivo della rete?

Sfida 2: in che modo l'eterogeneità influisce sulle prestazioni della rete?

Sfida 3: ruolo della mobilità del lavandino nella rete per il miglioramento della durata. Affondare le traiettorie giocano un ruolo nel raggiungimento della massima durata della rete?

Sfida 4: quale tecnica matematica potrebbe aiutare a ottenere il massimo

Pagina 34

CAPITOLO 1 INTRODUZIONE

Sfida 5: quali sono i parametri più adatti per valutare le prestazioni
una rete?

Sfida 6: qual è il numero ottimale di Stati membri in una rete?

1.2.2 Contributo alle sfide affrontate

Elenco delle pubblicazioni incluso in questa tesi:

a. Mariam Akbar, Nadeem Javaid, et al., "Towards Network Lifetime Maximization: Sink Mobility Aware Multihop Scalable Hybrid Energy Efficient Protocols for Terrestrial WSNs, International Journal of Distributed Sensor Networks, vol. 2015, ID articolo 908495, 16 pagine, 2015. doi: 10.1155 / 2015/908495.
(IF = 0,665).

Rilevanza per la tesi:

- io. Questo documento supporta il lavoro presentato nel documento b,
- ii. Questo documento fornisce la risposta alle sfide 1, 3 e 4,
- iii. Questo articolo fa parte del capitolo 4 della tesi.

b. Mariam Akbar, Ashfaq Ahmad, Nadeem Javaid, Muhammad Imran, Athanasios Vasilakos e Areeba Rao, "Un protocollo di routing angolare multihop per reti di sensori wireless ", Journal of Sensors, 2016. (IF = 1.182)

Rilevanza per la tesi:

- io. Questo documento supporta il lavoro presentato nel documento a,
- ii. Questo documento fornisce la risposta alle sfide 1, 3 e 4,
- iii. Questo articolo fa parte del capitolo 3 della tesi.

c. Mariam Akbar, Nadeem Javaid, Majid Iqbal Khan, Muhammad Imran e

Mohsen Guizani, "Sink mobility aware energy efficient network integrated protocollo super eterogeneo per WSN ", EURASIP Journal on Wireless Comunicazione e Networking 2016, n. 1 (2016): 1. (IF = 0,72)

Rilevanza per la tesi:

Pagina 35

CAPITOLO 1 INTRODUZIONE

- io. Questo documento supporta il lavoro presentato nei documenti aeb,
- ii. Questo documento fornisce le risposte alle sfide 3 e 5,
- iii. Questo articolo fa parte del capitolo 5 della tesi.

d. M. Akbar, N. Javaid, AA Khan, ZA Khan, U. Qasim, "On Modeling Geometric mobility of a mobile sink in a wireless sensor network without cluster tolerance to delays", 4a conferenza internazionale IEEE co-sponsorizzata tecnicamente su Smart Communications in Network Technologies (SaCoNet13) 2013, Francia.

Rilevanza per la tesi:

- io. Questo documento supporta il lavoro presentato nei documenti e,
- ii. Questo documento fornisce le risposte alle sfide 3, 5 e 6,
- iii. Questo articolo fa parte del capitolo 6 della tesi.

e. Mariam Akbar e Nadeem Javaid, "Defined and Random Trajectories of MS in WSN omogenei con trasmissione bilanciata ", accettato in Wireless Reti, 2016. (0.961)

Rilevanza per la tesi:

- io. Questo documento supporta il lavoro presentato nei documenti d,
- ii. Questo documento fornisce le risposte alle sfide 3, 4, 5 e 6,
- iii. Questo articolo fa parte del capitolo 6 della tesi.

f. Mariam Akbar, Nadeem Javaid, Ayesha Hussain Khan, Muhammad Imran, Muhammad Shoaib e Athanasios V. Vasilakos, "Raccolta efficiente dei dati in una rete di sensori wireless subacquea lineare 3D utilizzando la mobilità del lavandino ", Sensors 16, n. 3 (2016): 404. (IF = 2,245)

Rilevanza per la tesi:

- io. Questo documento supporta il lavoro presentato nei documenti g in ambiente sottomarino (tridimensionale con comunicazione acustica).
- ii. Questo documento fornisce le risposte alle sfide 3, 4, 5 e 6.
- iii. Questo articolo fa parte del capitolo 7 della tesi.

11

Pagina 36

CAPITOLO 1 INTRODUZIONE

Sfida	sfida	sfida	sfida	sfida	sfida					
1		2		3		4		5		6

Carta a

Carta h

Input: modifica dimensioni della rete

Input: crescente numero di lavandino

Carta g

Carta b
Input: eterogeneità

Carta f

Input: crescente numero di lavandino

Carta c

Input: modifica traiettorie del sink

Carta e

Input: modifica dimensioni della rete

Carta d

Figura 1.4: Relazioni tra i lavori inclusi nella tesi e i loro contributi.

1.2.3 Impatto della tesi

L'impatto di questa tesi è duplice. In primo luogo, le strategie proposte per la raccolta dei dati La modellazione matematica eering offre una breve panoramica del clustering e del sink schemi di mobilità. Mostra che la mobilità del lavandino riduce il consumo di energia di nodi e in definitiva la durata della rete è prolungata. In secondo luogo, i risultati della simulazione convalidare che i modelli proposti raggiungano la durata della rete prolungata. Noi fornire la breve introduzione sui WSN ed evidenziare le sfide della ricerca. Di Più- inoltre, vengono forniti anche contributi collegati alle sfide. Nel prossimo capitolo breve viene fornita una panoramica degli schemi esistenti.

12

Pagina 37

capitolo 2

Lavoro correlato

2.1 Riepilogo del capitolo

In questo capitolo viene presentata una breve panoramica del lavoro di ricerca correlato. Esaminiamo due ambienti di WSN: terrestre e subacqueo. In TWSN usiamo prima ordinare il modello radio, mentre negli UWSN viene applicato il modello acustico. In entrambi gli ambienti Abbiamo applicato la mobilità sink e analizzato la durata della rete, il throughput, i pacchetti rapporto e ritardo diminuiti.

2.2 Protocolli di instradamento per TWSN

Al fine di ottenere l'efficienza energetica a livello di rete nelle WSN, molti routing sono stati proposti protocolli. Questi protocolli decidono il percorso di instradamento per la consegna dati alla stazione finale [15]. In generale, i protocolli di instradamento possono essere divisi in due categorie: protocolli di routing basati su cluster e protocolli di routing basati su MS.

2.2.1 Protocolli di routing con clustering

Inizialmente, studiamo l'organizzazione del cluster in protocolli di routing gerarchici. Poi per ridurre al minimo il consumo di energia, il ruolo del CH viene sostituito con quello della SM. Per il routing in WSN, LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) [13] è un primo algoritmo di clustering gerarchico che seleziona casualmente i nodi come CH. Fondamentalmente, LEACH funziona in due fasi; fase di impostazione e fase di stato stazionario. Nel fase di configurazione, i nodi vengono distribuiti in modo casuale nel campo della rete in modo tale che ogni nodo sia inizialmente dotato di pari energia. La distribuzione è seguita da una selezione casuale di CH dove ogni nodo genera un numero casuale e lo confronta con a valore di soglia. Se il numero casuale generato è inferiore al valore di soglia, quindi quel nodo viene selezionato come CH per il round corrente. Subito dopo la selezione di CH, i nodi rimanenti si associano al CH più vicino. In stato stazionario

fase, le pianificazioni basate su TDMA vengono assegnate ai nodi e ai CH per la trasmissione dei dati

in modo tale che ogni nodo o CH si associa solo entro la sua fascia oraria assegnata. Quindi, possiamo dire che LEACH utilizza due modalità di comunicazione, ovvero tra i nodi e CHs, e tra CHs e BS. LEACH-Centralizzato (LEACH-C) [23] utilizza algoritmo di clustering centralizzato, dove, le informazioni sull'energia e la posizione dei nodi viene inviata a BS. La selezione CH è casuale in LEACH-C. Nel multihop-LEACH [24], i dati inviati dai nodi vengono ricevuti a BS attraverso una catena di CHs. Advanced-LEACH (A-LEACH) [25] seleziona i CH sulla base dello stato corrente e probabilità casuale. La durata della rete viene prolungata aumentando i dati onere di inoltro su alcuni nodi. Un modello è proposto in [26] che ha utilizzato meccanismo di clustering modificando i criteri di selezione di CH e ha dato meglio prestazione.

TEEN (protocollo Threshold Sensitive Energy Efficient Sensor Network) [14] è il primo protocollo reattivo per WSN omogenei proposto da A. Manjeshwar e D. P. Agarwal nel 2001. È un protocollo reattivo per applicazioni critiche in termini di tempo. In questo schema, CH trasmette due valori di soglia cioè Hard Threshold (HT) e Soft Soglia (ST). HT consente ai nodi di trasmettere l'evento, se l'evento si verifica nel file gamma di interesse. Pertanto, questo non solo riduce il numero di trasmissioni ma aumenta anche la durata della rete. La fase di impostazione di TEEN è simile a quella di LEACH, dove i CH vengono selezionati casualmente dall'insieme di nodi idonei. Mentre, i dati non vengono trasmessi fino al raggiungimento della soglia in fase di stato stazionario. Il lo svantaggio di questo schema è che se la rete non poteva diventare operativa fino a Arriva HT. Se la rete non osserva HT, l'utente non riceverà i dati della formica dal rete e anche nessuna informazione se un nodo è vivo. Ecco perché TEEN non è una buona opzione per le applicazioni che richiedono il monitoraggio periodico dei dati.

Tabella 2.1: Analisi comparativa dei protocolli di instradamento gerarchico nei TWSN

Protocollo	Node de- impegno	Sensore bat- teries	Controllo meccanismo	Itinerario processi- ng	Rete tutta la vita	Ritardo di elaborazione
LEACH	Casuale	Centralizzato omogeneo	Proattivi	+	++	+
LEACH-C	Casuale	Centralizzato omogeneo	Proattivi	+++	+++	++
multihop- LEACH	Casuale	Centralizzato omogeneo	Proattivi	++	++	++
S- LEACH	Casuale	Centralizzato omogeneo	Proattivi	++	++	+
UN- LEACH	Ibrido	Centralizzato omogeneo	Proattivi	++	++	+
TEEN	Casuale	Centralizzato omogeneo	Reattivo	+++	+	++++
AP- TEEN	Casuale	Centralizzato omogeneo	Reattivo	+++	+	++++

SEP DEEC	Casuale Casuale	Centralizzato eterogeneo Distribuito eterogeneo	Proattivi Proattivi	++ +++	++ +++	+++ ++++
-------------	--------------------	--	------------------------	-----------	-----------	-------------

Pagina 41

CAPITOLO 2. LAVORI CORRELATI

APTEEN (Adaptive Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol) [27] invia dati periodicamente e fornisce anche informazioni su tempi critici eventi. SEP (Stable Election Protocol) [15] è il primo WSN che riconosce l'eterogeneità protocollo che utilizza il reporting proattivo dei dati. Gli autori considerano due livelli di energia in una rete gerarchica tale che ogni nodo la elegga indipendentemente-sé come CH basato sul valore di probabilità. Intuitivamente, i nodi avanzati hanno di più probabilità di diventare un CH rispetto ai nodi normali, che sembra logico secondo al loro consumo energetico. Lo svantaggio di SEP è che non considera l'energia residua mutevole del nodo quindi, la probabilità di nodi avanzati diventare CH rimane alto indipendentemente dall'energia residua rimasta nel nodo.

Inoltre, SEP funziona di seguito, se la rete è più di due livelli. A seguire la stessa tecnica di LEACH, la programmazione dei dati e le trasmissioni avvengono anche in SEP. Nel [28], gli autori propongono il protocollo di instradamento Enhanced-SEP (E-SEP) per WSN eterogenee. Il protocollo proattivo E-SEP proposto estende il concetto di SEP dall'eterogeneità a due livelli a tre livelli.

DEEC [29] (Distributed Energy Efficient Clustering) generalizza il concetto di SEP per tutti i livelli di energia in un ambiente proattivo omogeneo. Questo protocollo seleziona i CH sulla base dell'energia residua dei nodi e dell'energia media di il network. Subito dopo la selezione dei CH, associazione basata sulla distanza minima dei nodi con CHs ha luogo. Infine, BS assegna programmi basati su TDMA a nodi così come CH. In questi programmi, le trasmissioni di dati dai nodi ai loro file si verificano rispettivi CH e da CH a BS. Il nodo con maggiore iniziale e residuo L'energia reale ha più possibilità di diventare un CH rispetto al nodo a bassa energia residua.

DEEC si comporta bene in WSN eterogeneo multi-livello rispetto a LEACH e SEP. Stochastic Distributed Energy-Efficient Clustering (SDEEC) [30] introduce un metodo equilibrato per l'elezione in CH. Analisi comparativa di gerarchico i protocolli di instradamento sono forniti in 2.2.1. Questo metodo è più efficiente del precedente

Pagina 42

CAPITOLO 2. LAVORI CORRELATI

tecniche in quanto utilizza il rilevamento di schemi stocastici. SDEEC supera SEP e DEEC in termini di durata della rete.

In EACLE [31], la selezione della rotta viene eseguita indipendentemente dopo aver selezionato CH zione. Questo approccio di controllo a due fasi aumenta le spese generali e riduce la batteria potenza, che riduce la durata delle WSN. Per far fronte a questo problema, autori proporre un protocollo di routing basato su cluster "PARC" per WSN che li riduce spese generali.

ATTENZIONE [32] è un algoritmo di clustering distribuito che seleziona stocasticamente il file CHs. Questo approccio ibrido seleziona i CH sulla base della probabilità e riduce al minimo il costo dell'energia per meccanismo di associazione. Questo algoritmo sfrutta la disponibilità di più livelli di potenza di trasmissione dei nodi e correla la selezione bilità di ogni nodo alla sua energia residua.

DDEEC [33] seleziona i CH sulla base dell'energia residua dei nodi. Quindi, fa i nodi avanzati più probabili essere selezionati come CH durante i round iniziali come rispetto ai nodi normali. Quando l'energia iniziale dei nodi diminuisce con il passaggio del tempo, i nodi avanzati avranno la stessa probabilità di selezione CH come quelli normali.

P. Saini et al. [34] propongono il protocollo EDEEC che estende il concetto di eterogeneity a tre livelli di energia aggiungendo super nodi.

2.2.2 Protocolli di routing con mobilità sink

Autori in [35] introduce il protocollo HRLS (Hierarchical Ring Location Service); un pratico servizio di localizzazione distribuito che fornisce informazioni sulla posizione del sink in modo scalabile e distribuito. In contrasto con l'attuale basato sulla gerarchia servizi di localizzazione, ogni sink in HRLS costruisce in modo distributivo la propria gerarchia di anelli di griglia.

Pagina 43

CAPITOLO 2. LAVORI CORRELATI

Nel [36], gli autori propongono un nuovo metodo per il funzionamento della SM in cui la sonda la priorità di MS è determinata dalla priorità dei dati per aumentare la QoS. Usano la SM per ridurre gli hot spot di routing.

Nel [37], gli autori studiano la mobilità del lavandino articolare e il problema del percorso. Prima loro risolvere il problema con l'algoritmo duale primale considerando la singola BS e poi è generalizzato con la considerazione di più BS. Autori in [38] usa il cellulare BS per massimizzare la durata delle WSN, dove la BS si muove con una velocità finita verso raccogliere dati da nodi statici. Nel [39], gli autori aumentano la durata della rete di

distribuzione di più BS in cui viene utilizzata la programmazione lineare mista (MILP)

determinare la posizione e il flusso di traffico da / verso il BS mobile.

Una pianificazione efficiente per gli MS nelle WSN con Delay Constraint (ESWC) è

proposto da Yu Gu et al. nel [40]. Questo protocollo implementa la mobilità del lavandino per migliorare-

la durata della rete. Limita anche il ritardo causato dal movimento del

Lavello. In questo schema viene fornita anche una formulazione unificata generale e pratica

che analizzano congiuntamente la mobilità del lavandino, l'instradamento e il ritardo della rete. Il

gli autori propongono anche un algoritmo ottimo tempo polinomiale. Confrontano l'annuncio

vantaggi della SM nella rete con quella senza SM. Questo protocollo discute anche

diverse traiettorie di sink e loro effetti sulla durata, sul ritardo e sul rendimento.

Anche in [41], gli autori implementano la tecnica della mobilità del lavandino per migliorare il

durata della rete e regione di stabilità. Poiché lo Stato membro è guidato dalla benzina o dall'elettricità

tricità. Questo protocollo, inoltre, limita la distanza di viaggio di MS per evitare la perdita di dati

durante la transizione della SM tra le posizioni dei lavandini. Quando la SM si ferma a una certa

sink stop, viene costruito un albero di routing che causa un sovraccarico. Per evitare che affondi

si ferma a una fermata per un determinato periodo di tempo a ciascuna fermata. Gli autori in questo

il documento ha definito che il viaggio di soggiorno di uno Stato membro è la somma dei tempi di soggiorno nel viaggio.

Gli autori hanno inizialmente formulato il problema come MILP con l'obiettivo di massimizzare

la somma dei tempi di soggiorno dell'intero viaggio. A causa della sua durezza NP, allora

Pagina 44

CAPITOLO 2. LAVORI CORRELATI

ha ideato un romanzo euristico per questo. Poi hanno condotto ampi esperimenti di

simulazioni per valutare le prestazioni dell'algoritmo proposto in termini di

durata della rete.

Gli autori di [42] ha anche migliorato la durata della rete considerando congiuntamente

affondare la mobilità così come il routing considerando l'affondamento nelle posizioni finite. Essi

ha anche dimostrato la durezza NP del modello proposto che implementa più Stati membri.

Hanno dimostrato la durezza NP del problema e hanno anche studiato l'indotto

sottoproblemi. Hanno sviluppato un efficiente algoritmo primale-duale per risolvere il sub-

problema che coinvolge un singolo sink, quindi hanno generalizzato questo algoritmo a circa

imita il problema originale che coinvolge più lavandini. Infine, hanno applicato il

algoritmo a un insieme di tipici grafici topologici; i risultati dimostrano il bene

idoneo a coinvolgere la mobilità del lavandino, e hanno anche suggerito le tracce in movimento desiderabili

di un lavandino.

Nelle WSN, la mobilità del lavandino bilancia il consumo energetico dei nodi. I nodi devono

ricostruire i percorsi per la trasmissione dei dati quando MS si sposta verso la fermata successiva.

Durante il periodo di transizione, la diffusione dei dati è un compito impegnativo. Nel [43], autori

ha proposto uno schema VGDRA (Virtual Grid Based Dynamic Routes Adjustment).

Riduce il costo di ricostruzione del percorso dei nodi. A questo scopo ottimizzano

la posizione del sink e definire anche le regole di comunicazione. Pochi nodi, ricostruisce i loro percorsi per riadattare il percorso con il lavandino. Attraverso questo schema si estendono la durata della rete.

Nel [44], gli autori hanno proposto un algoritmo di ottimizzazione a vita con nodi MS per WSN basati sulle informazioni sulla posizione (LOA MSN). Per ottenere la posizione in formazione di nodi gli autori hanno utilizzato algoritmi di posizionamento satellitare e RSSI. Essi stabilito i percorsi di movimento con l'aiuto dell'ottimizzazione della durata e della selezione del percorso modelli di lezione. Sink ottiene le informazioni sulla posizione dei nodi. Quindi, attraverso modello di teoria dei grafi, ottengono i percorsi di movimento. Lo Stato membro raccoglie dati da

Pagina 45

CAPITOLO 2. LAVORI CORRELATI

i nodi al centro della griglia. Attraverso esperimenti, mostrano che il lavandino trova percorso ottimale e riduce al minimo il costo del consumo energetico dei nodi, che porta a lunga durata della rete. LOA MSN utilizza più MS e riduce al minimo l'energia costo di consumo, tuttavia, aumenta la latenza nella raccolta dei dati.

Nel [45], gli autori hanno presentato uno schema di routing efficiente dal punto di vista energetico che massimizza il velocità di trasmissione della rete. Per l'inoltro dei dati utilizzano un design di clustering multistrato che trova il nodo del forwarder. Il ruolo di CH ruotava tra i nodi in base ai valori di soglia, questo riduce il numero di pacchetti scartati. Usano Cluster Designing Algorithm (CDA) per la selezione del nodo forwarder e routing inter e intra cluster, rotazione CH e consegna dei dati, tutto questo sono consapevoli dell'energia. Gli esperimenti dimostrano quell'attenta selezione dello spedizioniere nodo conduce verso un instradamento efficiente dal punto di vista energetico in intra cluster e inter cluster. It aumenta anche il throughput e la durata della rete. Si conclude inoltre che CH ruota L'azione in ogni round consuma energia, piuttosto CH funziona fino a quando non ne consuma una certa quantità di energia. Dopo quell'altro nodo adatto prendersi cura di CH. Autori, nel [46] propone uno schema per migliorare il throughput della rete considerando problema di posizionamento della stazione base per WSN con cancellazione di interferenze successive zione (SIC). Attraverso il modello matematico affrontano questo problema. Questo modello è utile per identificare una condizione necessaria per SIC considerando le distanze dal sensore nodi sor alla stazione base. Per ottenere ciò, dividono il campo della rete in regioni ammissibili e selezionare un punto in ogni piccola regione per l'arresto della stazione base. La piccola regione con la maggiore produttività è considerata una soluzione.

Nel [47], gli autori propongono un nuovo protocollo di routing basato su una struttura indipendente che implementa la mobilità del lavandino e fornisce scalabilità sfruttando l'indipendenza di livello k struttura a griglia dentale per la diffusione dei dati dalla sorgente alla destinazione. Però, indipendentemente dal numero di movimenti sia dei pozzi che degli eventi, i puntelli protocollo non costruisce alcuna struttura di routing aggiuntiva.

Pagina 46**CAPITOLO 2. LAVORI CORRELATI**

YS Yun et al. [48] propongono un framework per massimizzare la durata delle WSN utilizzando un MS. Gli autori formulano anche modelli di programmazione lineare per static as così come MS. Entro un livello di tolleranza di ritardo predefinito, ogni nodo non ha bisogno per inviare i dati immediatamente non appena disponibili. Invece, il nodo può archiviare dati temporaneamente e trasmetterli quando MS arriva nella posizione più favorevole per raggiungimento di una maggiore durata della rete. Autori in [49] concentrarsi sul limite superiore di distanza totale percorsa da MS. Gli autori ritengono che la distanza inter-transizione tra due posizioni successive di uno Stato membro deve essere limitato per evitare la perdita di dati. Inoltre, considerando l'overhead sulla costruzione di un albero di instradamento ad ogni soggiorno sede dello Stato membro, è necessario che lo Stato membro soggiorna per almeno un certo periodo in ciascuna delle sue località di soggiorno.

Nel [37], J. Luo et al. considerare congiuntamente la mobilità e il routing del sink per massimizzare i dati raccolta durante la vita della rete.

Una tecnica di localizzazione distribuita è stata presentata in [50] per WSN. In questo tecnica, la stima della posizione viene eseguita da ciascun nodo in modo iterativo da risolvere programmi locali spazialmente limitati. Sulla base di autonomia e stima posizione (i), i vincoli definiti consentono ai nodi di aggiornare le loro posizioni intervalli regolari. Al fine di ridurre il consumo energetico della rete, un arresto sono stati introdotti criteri per le trasmissioni wireless.

Schema di routing, basato sul meccanismo di clustering; RE-LEACH [51] funziona su stesso principio di LEACH, tuttavia, considera l'energia residua del nodo durante Selezione CH. Un altro schema, Distributed Regional Energy Efficient Multi-hop Protocollo di instradamento basato sull'energia massima nelle WSN (DREEM-ME) [52]; un protocollo di routing basato sul clustering statico, riduce al minimo la distanza tra i nodi e CHs che alla fine risparmia l'energia di trasmissione. In questo schema, l'area quadrata è diviso in cerchi concentrici e ogni anello è ulteriormente suddiviso in quattro regioni, mentre il cerchio centrale rimane lo stesso. Otto regioni esterne sono considerate come

Pagina 47**CAPITOLO 2. LAVORI CORRELATI**

cluster (quattro cluster sono presenti in ogni cerchio centrale ed esterno). Ogni cluster seleziona CH sulla base dell'energia residua per raccogliere dati dai nodi membri. CHs nell'anello più esterno inoltrano i propri dati tramite il relè dai CH dell'anello centrale, sulla base della distanza minima. Tuttavia, l'energia viene ancora consumata periodicamente selezione di CH.

DYNAMIC sink mobility con Need-based Clustering (DYN-NbC) [53] utilizza entrambi

clustering e SM. In questo protocollo, il sink si sposta alla più alta densità di nodi gion. Mentre nelle altre regioni del campo di rete si formano cluster e la selezione CH si basa sui criteri LEACH. Affonda la mobilità insieme al clusterbilancia il consumo di energia in una certa misura, tuttavia, il clustering stesso è un processo che consuma energia. Un algoritmo di clustering irregolare basato su MS (UC-MS), è proposto in [54]. In questo schema, CH riceve i dati dai nodi membri e attende che lo Stato membro rimanga in un luogo di soggiorno più vicino per la trasmissione dei dati. Qui, energia il consumo di CH è ridotto al minimo in quanto invia i dati a una distanza minima, tuttavia, l'energia è ancora consumata nella formazione dei cluster e nella selezione di CH.

Gli schemi di routing vengono utilizzati per accelerare la comunicazione tra sink e nodi.

Nel [55], gli autori hanno proposto un uso efficiente dal punto di vista energetico di più Stati membri che ne risultano in una maggiore durata della rete. Hanno usato MILP per determinare le posizioni del lavandino.

Hanno concluso che; utilizzo di un approccio rigoroso per ottimizzare i lead di utilizzo dell'energia a un aumento significativo della durata della rete. Gli autori hanno utilizzato questo approccio per il denso campo.

Autori in [56], si consideri il problema della velocità e del percorso di pianificazione del data mule (es MS) in WSN. Considerano diverse situazioni in cui si verifica questo problema, come modellare il movimento di un UAV di raccolta dati per il monitoraggio della salute strutturale attraverso i nodi. Hanno usato MS per evitare l'inoltro multi-hop. Questi Stati membri possono salvare energia del nodo, la latenza aumenta. In questo articolo, gli autori programmano il framework MS per ridurre al minimo la latenza di consegna dei dati. Hanno formulato il problema e hanno proposto un file

Pagina 48

CAPITOLO 2. LAVORI CORRELATI

algoritmo per ridurre al minimo il trade-off tra consumo energetico e latenza dei dati.

In alcune reti, i dati ricevuti vengono inviati al sink in modo tempestivo. Questi net-i lavori sono progettati in modo tale che i nodi bufferizzino i dati per un certo intervallo. Senza essendo overflow, i dati vengono inviati al sink tramite inoltro multi-hop o diretto trasmissione a seconda della distanza tra il nodo e il pozzo. Questi sono definito come reti tolleranti al ritardo. Autori in [57], ha sfruttato la mobilità del lavandino in WSN tollerante al ritardo considerando il problema di ottimizzazione per la scoperta del trajecto-protocollo di routing efficiente dal punto di vista energetico.

Il protocollo BEGR (Balance-aware Geographical Routing) a risparmio energetico è posato in [58]. Considera la posizione e l'energia residua del nodo come una funzione di costo per selezionare un relè. Questo schema seleziona il nodo del salto successivo sulla base del residuo massimo energia doppia per bilanciare il consumo di energia tra i nodi. Implica anche dei compromessi tra efficienza energetica e bilancio energetico. I risultati della simulazione lo dimostrano BEGR ha una durata della rete più lunga, tuttavia, un periodo di stabilità più breve.

Nel [59], gli autori hanno proposto un nuovo framework di ottimizzazione congiunta per studiare il interruzioni tra tolleranza al ritardo e durata della rete in un WSN aiutato da MS. Essi anche ha ideato un'euristica per trovare una traiettoria vincolata dal salto per la SM. Essi anche

ha proposto un protocollo di instradamento efficiente dal punto di vista energetico, dove, MS ai fini dei dati raccogliendo traverse lungo la traiettoria fissa. I risultati sperimentali lo dimostrano l'algoritmo proposto offre prestazioni migliori in termini di massimizzazione della durata della rete.

Nel [60], gli autori esplorano il problema della durata della sosta di soggiorno su un predeterminato fermarsi per la raccolta dei dati. Hanno proposto MILP e approcci di generazione di colonne per affrontare questo problema. L'approccio alla generazione di colonne ha strutture speciali di le formulazioni di programmazione lineare per trovare cammini minimi con non negativo costi.

S. Basagni et al. nel [61], ha definito un modello, in cui il sink si sposta su un percorso predefinito.

24

Pagina 49**CAPITOLO 2. LAVORI CORRELATI**

Sfruttano il movimento della SM vicino a diversi nodi per minimizzare il consumo di energia sumption dei nodi. Di conseguenza, la durata della rete aumenta. Autori, ha proposto tre schemi che rappresentano diverse soluzioni per la mobilità del lavello. Uno di lo schema, calcola i percorsi ottimali del pozzo e calcola i tempi di soggiorno formulazione MILP proposta. Inoltre, hanno considerato parametri realistici di WSN e affondare la mobilità. Questo schema prolunga la durata della rete considerando MS i movimenti dipendono dai costi di trasmissione del nodo in modo centralizzato. Nel [62], autori hanno proposto un modello di mobilità di una SM che assume una forma discreta in cui MS il tempo di arresto è maggiore del tempo di spostamento tra due località di soggiorno. Questo è studiato per un carico di traffico bilanciato con MS e si traduce in comprovata durata della rete. Hanno anche studiato i vantaggi dell'utilizzo della SM rispetto a una statica Lavello. Gli autori hanno simulato sia la rete di rete che una speciale rete interna con nodi che formano un anello.

Utilizzando l'algoritmo QVF per il tracciamento del target, gli autori in [63], considera il problema di clustering sicuro nelle WSN. Usano metodi bayesiani per la selezione congiunta di il sensore e il rilevamento ottimali del nodo dannoso per evitare attacchi. Inoltre, loro considerare il compromesso tra qualità dei dati rilevati, potenza di trasmissione e iniziale energia dei nodi. Per rilevare i nodi dannosi, hanno utilizzato Kullback-Leibler Distanza (KLD) tra l'attuale distribuzione della posizione target e osservazione del sensore fuso.

Nel [64], Shi et al. ha proposto un protocollo di routing per sfruttare la funzionalità di trasmissione di trasmissione wireless. L'overhead di controllo è ridotto perché non richiede extra messaggi di controllo per l'apprendimento del percorso. L'ascolto di tali pacchetti di dati fornisce il informazioni sul percorso verso lo Stato membro e i nodi.

MS, sul campo, aiuta a ridurre l'utilizzo di energia dei nodi utilizzando il diretto trasmissione, mentre, MS ha bisogno di una pianificazione temporale per ridurre le perdite di dati. Autori nel [65], ha presentato un modello in cui sono presenti due Stati membri in una rete quadrata

Pagina 50**CAPITOLO 2. LAVORI CORRELATI**

diverse traiettorie definite. Introducendo due dissipatori, il carico è bilanciato e gli MS accelerare il processo di raccolta dei dati e di conseguenza la durata della rete è prolungata. UN La panoramica completa dei protocolli di routing WSN esistenti con mobilità sink è dato in [2.2.](#)

Pagina 51**Tabella 2.2: Panoramica dei protocolli di instradamento WSN esistenti con mobilità sink**

Schema / caratteristiche	Prestazioni raggiunte	Difetti	Commenti
Energia efficiente Comunicazione nocal per Reti di microsensori [26] Ottimizzazione	Durata della rete prolungata e è aumentato mettere. È basato sul clustering schema che riduce globale comunicazione. MS e data mules lo sono Energia-	attraverso- mettere. È basato sul clustering schema che riduce globale comunicazione. MS e data mules lo sono Il consumo di energia aumenta per trovare	Questo schema utilizza il clustering adattivo e anche numero di nodi in ogni cluster non è fisso. Così, la densità dei nodi varia in ogni cluster. Il cluster dove la densità dei nodi è elevata, il carico su CH aumenta per la trasmissione dei dati e prosciuga rapidamente la sua energia. Questo schema riduce la latenza di consegna dei dati

27

Latenza in WSN con Controllato [28]	Scambio Mobilità.	utilizzato per il trasporto multi-hop. La latenza della missione diminuisce perché questo schema utilizza percorso ottimale per l'indirizzo dati con l'aiuto dei dati nulli.	percorso ottimale. I nodi che inoltrano il file dati dei nodi che non si trovano nel gamma di missione di MS prosegue le energie velocemente.	il costo dell'energia del nodo che utilizza per la comunicazione collegamento tra di loro per trovare percorsi ottimali.
SRP-MS: una nuova rotta protocollo di ritardo WSN tollerante [29]	Rete vita-tempo.	Prolungato. Gli Stati membri comunicano direttamente nascosto e riceve i dati dai nodi.	MS riceve direttamente i dati rilevati dai nodi. I nodi aspettano l'arrivo di MS nascosto e riceve i dati dai nodi.	La comunicazione diretta tra MS e nodi rideuce la comunicazione globale tra i nodi, come mai aumenta end-to-end nella rete.
BEGR [30]. multi-sperando con energia del nodo)	scenari di funzione residuo	È senza loop e si adatta al risparmio di energia.	Consuma più energia durante la selezione nodo spedizioniere per bilanciare l'energia suposizione, questo processo consuma extra energia quindi questo schema non è energetico.	Questo schema bilancia il consumo di energia assegnando un criterio di costo al nodo che include la sua energia residua e la sua posizione. Mentre questo schema non è efficiente dal punto di vista energetico che significa i nodi consumano più energia nella ricerca di percorsi e applicando il costo per ulteriori trasmissioni.
Uno studio sul cluster A vita in multi-hop WSN con Cooperative MISO schema [31]	Prolungato Rete attraverso la cooperazione.	MS e multi-hop, insieme ottimizzate la vita della rete tempo con la consegna dei dati disponibili.	L'energia consuma anche durante il raggruppamento CH trasmette altri dati CH e scarica i suoi energia rapidamente quindi la sua durata è breve.	Per massimizzare la durata della rete aggregato lineare viene introdotto la gattina. Dove dopo l'aggregazione la quantità di dati varia direttamente con la dimensione di gruppo.
Avido Residuo (GMRE), OPT Casuale (RM) MS [32]	Massimo Energia Movimento	Durata della rete prolungata in OPT, dove affondare sono definite in modo ottimale rispetto al GMRE e RM.	La latenza aumenta nel GMRE e OPT rispetto a RM.	MS aumenta il ritardo nella rete a causa di sperando. I nodi del relè consumano energia extra in proteggere i dati di nodi lontani.
MobRoute; WSN [33]	Routing verso uno SM per dimostrando Tutta la vita nel	Prolungato Rete vita-tempo, rapporto di consegna del pacchetto aumenta.	Il consumo di energia è maggiore in quanto parato a static sink network.	Nel complesso, a causa della rete di mobilità, la durata della vita è sull'elenco. La latenza aumenta quando i nodi inviano i dati direttamente a MS.
DDRP, MS e multi-sperando [34]		DDRP riduce il protocollo sovraccarico in confronto, prolungato Rete	Energia consumata durante l'inoltro dei dati di altri nodi, anche in manutenzione la tabella di indirizzamento.	Questo schema considera una rete su scala molto piccola per reti più grandi in cui la densità dei nodi è elevata potrebbe non essere così efficiente.

Pagina 52

CAPITOLO 2. LAVORI CORRELATI

2.3 Protocoli di instradamento per UWSN

I tipi di schemi di instradamento utilizzati negli UWSN sono l'intradamento basato sulla profondità, schemi di instradamento e raccolta dati bilistici utilizzando AUV ecc. Molte tecniche ha introdotto i CN nel routing basato sulla profondità per ridurre al minimo il carico sui nodi di inoltro. Autori, in [66] hanno proposto schemi di routing basati sulla profondità, che hanno conferito loro potere attraverso il fattore di priorità efficiente del ritardo e il tempo di mantenimento (anche sensibile al ritardo). Questo lo schema mira a ridurre al minimo i ritardi end-to-end a costo di una riduzione della produttività della rete. Hanno affrontato la sensibilità al ritardo scegliendo dati ottimali spedizionieri nella regione di bassa profondità. Inoltre, per evitare i buchi di energia e la perdita di dati selezionato quei nodi come forwarder che avevano un numero elevato di nodi vicini. Hanno anche introdotto la mobilità adattativa dei CN. Questo schema è libero dalla localizzazione. Wahid e Dongkyun [67] analizza gli schemi di instradamento libero della localizzazione UWSN che riduce al minimo il consumo di energia. Durante il processo di inoltro dei dati considera l'energia residua del nodo come metrica di instradamento. Gli autori hanno proposto una direttiva protocollo di instradamento basato sul flooding nazionale [68]. Questo schema controlla la qualità del collegamento di nodi che stanno partecipando all'alluvione. Il numero di nodi partecipanti in caso di allagamento sono controllati per evitare allagamenti di pacchetti in tutto il campo. Se ci sono inondare i nodi con una scarsa qualità del collegamento, quindi il routing basato sul flusso direzionale (DFR) consente a più nodi di inoltrare i dati. Questo viene fatto per ottenere dati affidabili consegna. D'altra parte, pochi nodi sono sufficienti per inoltrare i dati. Gli autori hanno proposto uno schema AUV-aided underwater routing protocol (AURP) in [69], utilizza la mobilità controllata di più AUV nonché acustica eterogenea

canali di comunicazione. Il ruolo dei nodi di inoltro viene sostituito con AUV, che raccolgono dati dai nodi gateway e inviarli al sink. In questo modo le trasmissioni dei dati sono ridotti al minimo. AURP ha utilizzato la mobilità controllata dell'AUV che si traduce in brevi gamma di velocità dati elevate. Per simulazione, AURP mostra il rapporto di consegna migliorato

Pagina 53

CAPITOLO 2. LAVORI CORRELATI

e ridotto al minimo il consumo energetico dei nodi.

Mobicast [70] ha affrontato il problema energetico in ambiente sottomarino per ottenere risultati massima produttività. Mobicast ha considerato la rete in cui è suddiviso Zone 3D. Gli AUV si spostano nelle zone per la raccolta dei dati su un percorso predefinito. Là sono due fasi del protocollo: raccolta dati all'interno della zona 3D, la seconda fase sta risvegliando i nodi nella prossima zona in cui AUV si sta dirigendo per la raccolta dei dati. quando AUV entra nella prossima zona 3D i sensori entrano in modalità attiva e forniscono il dati rilevati. A causa della divisione del campo in diverse zone e dell'introduzione del sonno modalità di risveglio, questo protocollo riduce al minimo il consumo di energia dei nodi. Questo porta alla massimizzazione del rendimento del sistema.

I nodi dispiegati sott'acqua hanno movimento a causa delle correnti d'acqua che portano a influenzare l'efficienza energetica della rete. In sott'acqua, a causa del lungo ritardo di propagazione, è preferibile la trasmissione multi-hop. I nodi più vicini al lavandino diventano più pesanti trasmettendo i dati di nodi distanti e dissipando presto l'energia, comunque essi minimizzare il consumo energetico complessivo. In modalità Adaptive Power Controlled Routing protocollo (APCR) [71], gli autori hanno affrontato congiuntamente la mobilità sia del lavandino di superficie che nodi. Inoltre, copertura tramite capacità di controllo dell'alimentazione. Gli autori hanno presentato a schema di ridistribuzione adattiva dei pozzi che riduce il consumo energetico totale in APCR. Questa strategia non compromette il ritardo e la consegna medi end-to-end rapporto. Nel [72], gli autori hanno analizzato una rete sottomarina eterogenea. I nodi hanno sono state assegnate categorie diverse in base alle loro funzionalità. Il nodo principale è selezionato ed è responsabile della raccolta dei dati dai nodi vicini. Capo i nodi sono distribuiti sulla rete e raccolgono i dati dai rispettivi nodi vicini e inoltrare i dati a un AUV che sta effettuando una raccolta dati tour. I criteri di selezione del nodo principale e il suo posizionamento non vengono discussi verso un consumo di energia non uniforme. Il rapido esaurimento dell'energia porta verso diminuisce la durata della rete.

Pagina 54

CAPITOLO 2. LAVORI CORRELATI

Nel [73], gli autori hanno utilizzato un AUV lavorando come SM. Risparmia efficacemente energia ri-
https://translate.googleusercontent.com/translate_f

duzione del raggio di trasmissione dei nodi. I punti del tour sono predefiniti per i dati raccolta dalla rete. A causa delle condizioni ambientali drastiche, i nodi lo sono mobile e cambiando in modo casuale le loro posizioni, pertanto gli autori li quartiere abilistico della fermata AUV. L'UWSN progettato è tridimensionale, dove la profondità dei nodi è la stessa ancorandoli al fondo dell'oceano. AUV è anche muovendosi su una profondità costante cioè $D_{avu} < D$. In questo modo gli autori hanno semplificato il problema e hanno simulato il campo bidimensionale, con uniforme casuale distribuzione dei nodi a profondità fissa D . Questo piano bidimensionale A è diviso in diverse sottoregioni denominate cluster. Inizialmente, quando il funzionamento in rete avvia, AUV partiziona la rete in cluster tramite il punto generatore di Voronoi e trasmettere le informazioni sul cluster. I nodi utilizzano queste informazioni per identificare il cluster a cui appartengono. Dopo la fase di associazione di nodi e cluster MN seleziona un nodo delegato noto come CH. Il CH selezionato in ogni cluster ulteriormente divide il cluster in diversi sotto-cluster. In ogni sotto-cluster un Path Node (PN) viene selezionato tramite CH, che raccoglie i dati primari dagli MN e li inoltra a AUV. CH trasmette le informazioni PN in tutto il cluster. Dopo questa fase, AUV fa un altro tour che si chiama tour di raccolta dati di cui visita ogni PN di quali indirizzi sono informati dal CH. AUV trova queste tesi probabilistiche vicino Il cappuccio del suo tour si ferma per un periodo di tempo specifico e si chiama intervallo di sonda. Nel fase successiva AUV identifica i nodi e crea un programma di comunicazione per questi nodi. AUV attende ad ogni fermata finché tutti i dati non vengono raccolti dai vicini. Come i vicini stanno cambiando a causa della natura probabilistica, i nodi consumano non uniformi energia e alcuni nodi si esauriscono più rapidamente, anche il ritardo end to end dello schema aumenta.

Tabella 2.3: Panoramica dei protocolli di instradamento esistenti per le UWSN

schema	Caratteristiche	Prestazioni raggiunte	Costo pagato
AURP [60]	Canale acustico eterogeneo dove multiplo AUV che raccogliono dati dai nodi tramite gate-nodi di modo.	Massimizzato consegna RA- tio, Ridotto al minimo energia consumo.	Ritardo aumentato.
Dati collezione [21]	AUV raccoglie i dati dai nodi. Rete logicamente diviso in quattro sottoregioni e ogni regione riceve un CH. Ogni sottoregione si divide ulteriormente in cluster e ogni cluster seleziona una PN che col-Riceve i dati dagli MN e li inoltra ad AUV.	Ridotto al minimo totale energia consumo, massimizzato rendimento e ridotto al minimo in testa.	Ritardo end to end in pieghe.
Sensibile al ritardo instradamento schemi per sott'acqua acustico reti [61]	Instradamento gratuito di localizzazione basata sulla profondità. CNs gather i dati e li inoltra alla superficie affondata.	Ridotto al minimo totale energia consumo, minimizzato ritardo medio end-to-end e trasmissione ridotta al minimo perdita di sone.	Diminuito attraverso mettere.
EEDB [62]	Instradamento libero dalla localizzazione basata sulla profondità. il consumo è equilibrato. App basata sul mittente proach, dove il mittente seleziona un numero limitato di file nodi di indirio idonei.	Esteso Rete vita- tempo, minimizzato energia consumo e mini- ritardo end-to-end misurato.	Riduzione del rapporto di consegna tio.
DFR [63]	I nodi riconoscono la posizione e il vicino. Sostituisce spedizione in caso di collegamento debole. Inoltre acattività viene eseguita hop by hop. Consegnà pacchetti attraverso le inondazioni.	Maggiore consegna dei pacchetti rapporto e meno comunicazione zione sopra la testa.	Ritardo aumentato.
Mobicast [70]	La posizione dei nodi può essere modificata a causa della corrente d'acqua affini. AUV si muove sulla traiettoria definita dall'utente e raccoglie i dati dalle zone 3D. I nodi registrano i suoi file posizione in un periodo di tempo specifico per calcolare il andare alla deriva e osservare anche il meccanismo del sonno sveglio. Capace di coprire la distanza di deriva del nodo.	Ritardo ridotto al minimo, aumentato e aumento tasso di consegna di successo.	È aumentato in testa e nel messaggio e nel segnalato energia contro sumption.

Superfici adaptive sostituzione del livello strategia [71]	Surface sink è in grado di auto-configurazione e non ha vincoli energetici. Sink aggiorna la tabella degli ID nodo e delle loro energie, e la prossima volta quando riceve i dati si confronta con l'esistente registrare il suo stesso nodo o è cambiato. Se il livello di potenza dei nodi viene modificato, quindi lo farà il sink cambiare la sua posizione nel piano (x, y) per ridurre il distanza tra i nodi per ridurre al minimo l'energia consumo.	Minimizza sumpzione e end to end ritardo. energia controllo Diminuto mettere. attraverso-
A distanza strategia di recupero [72]	I nodi di testa ricevono i dati dal vicino nodi e inoltrarlo ad AUV nella topologia a griglia.	Maggiore consegna dei pacchetti rapporto, diminuito end to end ritardo e riduzione al minimo consumo di energia

Pagina 56

CAPITOLO 2. LAVORI CORRELATI

La raccolta dei dati si completa in tre fasi: MN invia i dati rilevati alla PN, nella fase successiva PN invia i dati ricevuti ad AUV e nella fase finale AUV invia tutti i dati ricevuti dalle PN al sink. Le PN raccolgono dati continuamente tranne l'intervallo in cui trasferiscono i dati all'AUV. All'inizio dei dati raccolta del tour AUV visita ogni cluster e ottiene l'elenco delle PN in quel cluster, dopo aver ottenuto gli elenchi da ogni cluster, AUV visita ogni PN nell'ordine dell'elenco. Dopo aver completato un tour, AUV torna al punto di partenza e invia i dati in superficie Lavello. TDMA viene utilizzato per multiplexare il collegamento tra MN e PN. PN assegna le fasce orarie agli MN per l'invio dei dati. Per evitare l'interferenza tra i file cluster CDMA è impiegato. CH con AUV e PN con CH scambiano solo il controllore le informazioni e condividono il canale di controllo contesa a base di $F_{\text{di controllo}}$.

Tra AUV e sink viene impiegato CDMA con codice ortogonale dedicato.

Domingo et. al. nel [74] ha presentato uno schema basato sul clustering. Dov'è la rete suddiviso in numero di cluster e ogni cluster seleziona un CH per la raccolta dei dati dalle MNs. Non esiste uno Stato membro per la raccolta dei dati dai CH. CH inoltra il ha ricevuto dati per affondare direttamente o tramite multi-speranza. Inoltre, il framework dovrebbe anche essere in grado di gestire la selezione di ogni nodo di relè per un vicinato in modo tale che un consumo energetico uniforme possa avvenire sulla rete.

Protocollo DDRP (Data Driven Routing Protocol) [75] ha nodi statici e MS può muoversi nella rete. I nodi distribuiti e MS hanno lo stesso raggio di comunicazione. Due i nodi possono comunicare se si trovano all'interno del raggio di comunicazione. La SM ha energia illimitata mentre i nodi sono dotati di energia limitata. Trasmissioni MS un pacchetto di controllo e nodi che lo ricevono si impostano come un salto vicinato. Questo pacchetto di controllo contiene l'identificazione MS, il timestamp (quando pacchetto di controllo viene emesso) e l'intervallo di controllo che può essere influenzato dalla velocità di MS o raggio di comunicazione. I nodi che ricevono questo pacchetto di controllo non lo fanno trasmetterlo ulteriormente. I pacchetti di dati contengono informazioni sulla distanza

Pagina 57

CAPITOLO 2. LAVORI CORRELATI

dal MS e registra la distanza più breve per l'invio dei dati. Se il valore di Dist2mSink = 2, significa che il nodo è a due hop di distanza dalla MS. Il massimo valore consentito di Dist2mSink = K, dove, $K \geq 1$. Se il valore di Dist2mSink è maggiore di $K + 1$ o maggiore significa che il nodo non ha route per MS. Inoltre i nodi distribuiti si dividono in tre tipologie in base alla loro distanza dal file Lavello:

- i) I nodi presenti nel raggio di comunicazione di MS inviano i propri dati direttamente e sono vicini un salto (O-nodi).
- ii) I nodi che condividono il raggio di comunicazione e hanno un percorso valido per MS sono chiamati M-nodi.
- iii) I nodi che non hanno un percorso valido per la MS e hanno infinite speranze si chiamano nodi I. Questo protocollo ha il seguente principio di funzionamento. Inizialmente all'inizio della rete ogni nodo è I-nodo. Perché a quel tempo la SM non ha iniziato a raccogliere dati e nessuno dei nodi ha ricevuto alcun pacchetto di controllo. Come per quanto la rete si evolva, MS avvia il tour, i nodi ricevono il pacchetto di controllo e impostano se stessi come O-nodi nel suo percorso. Quando un potenziale vicino di due salti sente una trasmissione dati effettuata da O-node, aggiorna la sua tabella di routing. Quando questi due hop neighbour invia il suo pacchetto di dati impone il suo Dist2mSink come due e include anche nell'invio di pacchetti di dati. In questo modo i nodi M impostano la loro tabella di instradamento per i dati consegna. Nella tabella viene fornita una panoramica completa dei protocolli di instradamento UWSN

2.3. La revisione della letteratura sui protocolli di routing con clustering e sink mobility lo sono presentato in questo capitolo. Nel prossimo capitolo vengono presentati gli schemi di raggruppamento e successivamente il ruolo dei CH viene sostituito con il movimento BS. Confrontiamo i risultati della simulazione di entrambi gli schemi con gli schemi esistenti.

Pagina 58

capitolo 3

Un protocollo di routing angolare multihop per WSN

34

Pagina 59

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS

3.1 Riepilogo del capitolo

In questo capitolo, proponiamo due nuovi protocolli di routing per WSN. Il primo è Angular Multi-hop Distance based Clustering Network Transmission (AM-DisCNT) protocollo che utilizza la distribuzione circolare di sensori (nodi) per un'energia uniforme consumo in rete. Il protocollo funziona in modo tale che i nodi con la massima energia residua vengono selezionati come CH per ogni round. Il secondo è protocollo AM-DisCNT (iAM-DisCNT) migliorato che sfrutta sia mobile che BS statici per la massimizzazione del throughput. Oltre alla proposta di routing protocols, iAM-DisCNT è dotato di tre modelli matematici; due pro lineari modelli basati sulla grammatura per la massimizzazione del flusso di informazioni e la velocità di rilascio dei pacchetti minimizzazione e un modello per il calcolo del consumo energetico dei nodi. Grafico-Ne fa parte anche l'analisi ical per la formulazione matematica basata sulla programmazione lineare di questo lavoro.

3.2 Motivazione

In LEACH, i CH vengono selezionati in base alla probabilità. Mentre durante la fase di non si tiene conto dell'energia residua di selezione del nodo. I CH sono responsabili per la comunicazione tra nodi e BS. Anche la formazione di cluster è casuale ciò significa che non esiste alcun controllo sul numero di nodi presenti nel file cluster. Può portare alla perdita di dati. In LEACH-C, gli autori considerano il l'energia residua di un nodo dovrebbe essere maggiore dell'energia media della rete per diventando CH che porta alla partizione di rete (copertura impropria della rete). Inoltre, la selezione di CH è casuale come LEACH, provocando così i nodi esauriscono le loro energie in modo sbilanciato che alla fine porta a diminuire durata e velocità di trasmissione della rete. Multihop-LEACH [24] ha una funzione extra

35

Pagina 60**CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS**

da LEACH e LEACH-C [23] cioè i nodi scollegati che sono lontani e non rientrare nell'intervallo di alcun CH, scegli un nodo CH vicino inviandolo su richiesta. Tuttavia, questo schema segue gli stessi criteri operativi di LEACH e LEACH-C, presentano quindi gli stessi problemi. TEEN e APTEEN si stanno raggruppando schemi basati. Tuttavia, a causa della natura reattiva dei protocolli, vengono utilizzate le soglie che lo rendono complesso. DEEC ha diversi livelli di energia tra i nodi e per la selezione di CH considera l'energia residua di un nodo. Numero del cluster nella rete e il numero di nodi nel cluster non sono fissi porta a un maggiore consumo di energia. Consideriamo il clustering statico nel nostro schema proposto che riduce il consumo energetico complessivo della rete. Anche, i nodi in un cluster inviano i loro dati alla distanza minima al CH. La nostra proposta schema è dato di seguito in dettaglio.

3.3 Il protocollo proposto: AM-DisCNT

Per far fronte ai problemi indicati nella sezione motivazione, proponiamo un nuovo protocollo di instradamento proattivo; AM-DisCNT, per WSN eterogenei. Minimizzare il consumo energetico dei nodi, abbiamo implementato il clustering statico nel schema posto. Questo schema possiede una comunicazione diretta. La descrizione dettagliata è fornito nelle seguenti sottosezioni.

3.3.1 Distribuzione del campo

AM-DisCNT divide l'area della rete in due cerchi concentrici; cerchio interno con raggio " r_i " e cerchio esterno con raggio " r_o ". BS è posto al centro del cerchio. Si ritiene che la regione circolare ottenga il massimo rendimento da ogni regione del Rete. A differenza delle reti rettangolari, i nodi d'angolo non consumano energia extra

Pagina 61**CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS**

durante la comunicazione. I nodi del cerchio interno inviano direttamente i dati rilevati a BS, mentre i nodi del cerchio esterno comunicano con i rispettivi CH.

3.3.2 Architettura

In questa sezione viene riepilogato il diagramma schematico di AM-DisCNT. I nodi sono dispiegato in modo casuale in due regioni circolari, cerchio interno e cerchio esterno. I nodi si presume che siano statici, ovvero la loro posizione non cambia dopo il dispiegamento. BS è posto al centro del cerchio interno ed è fisso. Nodi del cerchio interno direttamente inviare le informazioni rilevate a BS (mostrato nella figura [3.2](#)), mentre i nodi del cerchio esterno sono ulteriormente organizzati in otto sottoregioni, come mostrato nella figura [3.1](#). Ogni sottoregione è considerato come un cluster e rimangono gli stessi per l'intera durata della rete. In esterno cerchio ci sono otto gruppi. In ogni correzione del cluster il numero di nodi è casuale schierato. I nodi nel cluster inviano i dati rilevati ai rispettivi CH come mostrato come mostrato in figura [3.3](#). Dopo aver raccolto i dati dai nodi membri, i CH li inoltrano al BS. I CH inviano i propri dati direttamente al BS o tramite nodi intermedi a seconda della distanza come mostrato in figura [3.4](#). Questa topologia fornisce copertura completa della rete.

3.3.3 Formazione di regioni

Il cerchio esterno di AM-DisCNT è diviso in otto regioni uguali. Quindi, la rete l'area è composta da nove regioni; regione circolare interna ' T_1 ' e otto regioni esterne (da r_1 a r_8). La divisione dell'area riduce la distanza di comunicazione tra il mittente e ricevitore. T_1 della rete è formato per separare i nodi più vicini da quelli più lontani nodi. I nodi T_1 su N vengono distribuiti in modo casuale in T_1 . coordinate xey di n_{T_1} sono calcolati come:

$$X_{n_{T_1}} = r_i \cos(\theta) \quad (3.1)$$

Pagina 62**CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS**

Figura 3.1: AM-DisCNT: schema

Figura 3.2: Cerchio interno: nodi per la comunicazione BS

$$Y_{nT_i} = r_{io} \text{ peccato}(\theta) \quad (3.2)$$

dove, $0 \leq \theta \leq 2\pi$ e $0 < r_i \leq S$. Si può essere qualsiasi numero intero positivo. In ordine per distribuire i nodi, assumiamo la capacità di rilevare le aree vuote e il file distribuire i nodi in quelle aree vuote. Prima di tutto, n_{Ti} nodi sono distribuiti in T_i allora

38

Pagina 63

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS

Figura 3.3: Regione esterna: comunicazione dei nodi con CH

Figura 3.4: Comunicazione di CH con BS: (a) direttamente, (b) tramite inner nodi del cerchio

i nodi n_{r1}, \dots, n_{r8} sono distribuiti rispettivamente in r_1, \dots, r_8 . Partiamo dal presupposto che il gli intervalli di comunicazione di due cluster adiacenti non si sovrappongono. I nodi possono comunicare con nei cluster, tuttavia i CH possono comunicare con BS o nodi con nel cerchio interno. Le otto regioni esterne sono da r_1 a r_8 e x e y le coordinate dei nodi in queste regioni sono presentate come segue:

$$X_i = r_0 \cos(\theta) \quad (3.3)$$

Pagina 64

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS

$$Y_i = r_0 \sin(\theta) \quad (3.4)$$

Qui consideriamo $n = 0, \dots, 8$ e sostituendo questo valore in $n(\pi/4)$ otteniamo la variante di θ per $i = 1, \dots, 8$. Inoltre, $r_0 = r_j = r_{(i+1)} - r_{(i)}$. Attraverso i valori di θ regione esterna è partizionato.

3.3.4 Selezione dei CH

In ogni round, vengono selezionati otto CH per la regione circolare esterna; uno da ciascuno sottoregione. Questi CH sono selezionati sulla base delle energie residue dei nodi. CHs raccolgono i dati dalle proprie regioni e dopo l'aggregazione inviare questi dati a BS. I CH trasmettono direttamente a BS o attraverso i nodi del cerchio interno; a seconda di l'energia residua. Dopo il primo round, viene calcolata l'energia di ciascun nodo e i nodi a più alta energia sono selezionati come CH. Questo tipo di raggruppamento garantisce il massimo copertura dell'area.

3.3.5 Modello radio

AM-DisCNT considera il modello radio del primo ordine per il consumo energetico dei nodi; mostrato in figura 3.5 [29]. Nel modello radio considerato l'energia iniziale è di $50nJ / \text{bit}$ e $q_{amp} = 100pJ / \text{bit} / m^2$. q_{amp} è il parametro radio. Regola l'SNR desiderato.

Durante la trasmissione consideriamo anche la perdita di percorso. Per la trasmissione di k pacchetto di bit su una distanza d usiamo le equazioni del modello radio, se $d < d_0$ è dato in 1.1 e per $d \geq d_0$ è dato in 1.2.

Di seguito viene fornita l'energia consumata durante la ricezione del pacchetto di k bit equazioni,

$$E_{RX} = E_{elec} k \quad (3.5)$$

Pagina 65

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS

Figura 3.5: Modello radio

3.3.6 Eterogeneità della rete

Consideriamo una rete eterogenea a più livelli in modo tale da svilupparla prima un modello di rete eterogeneo a due livelli, seguito da tre livelli, e infine il suo generalizzazione in un modello di rete eterogeneo a più livelli. I nodi con l'energia iniziale è considerata come nodi normali e la loro energia è indicata con E_0 . I nodi avanzati hanno energia $E_0(1 + \alpha)$. N è il numero totale di nodi nella rete, dove m è la frazione di nodi avanzati e N_m è il numero totale di nodi avanzati nodi e $(1 - m)N$ sono nodi rimanenti normali. Calcoliamo l'iniziale energia della rete come:

$$E_{\text{totale}} = E_0(1 - m)N + mNE_0(1 + \alpha) \quad (3.6)$$

$$E_{\text{totale}} = NE_0(1 + m\alpha) \quad (3.7)$$

Allo stesso modo, per reti eterogenee a tre livelli l'energia totale è data da;

$$E_{\text{totale}} = NE_0(1 + m(\alpha + m\beta)) \quad (3.8)$$

nell'equazione precedente m rappresenta la frazione di super nodi e β rappresenta la frazione di energia dei super nodi nella rete.

Progettiamo rete wireless eterogenea multi-livello AM-DisCNT. In questo schema

Pagina 66

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS

viene introdotta un'eterogeneità in termini di energia che porta all'energia casuale distribuzione tra tutti i nodi della rete. L'energia dei nodi è data da l'equazione;

$$E_{\text{nodo}} = E_0(1 + t\alpha) \quad (3.9)$$

Nell'equazione precedente il nodo è nodo avanzato perché ha α volte maggiore energia rispetto all'energia iniziale del nodo. In questo modo, l'energia totale di una rete è calcolato dalla seguente equazione. Quindi, l'energia totale di è data da;

$$E_{\text{totale}} = \sum_{t=1}^N E_0 (1 + t\alpha) \quad (3.10)$$

3.4 Estensione di AM-DisCNT: iAM-DisCNT

Questa sezione contiene cinque sottosezioni: (i) dichiarazione del problema, (ii) iAM-DisCNT, (iii) calcolo del consumo energetico, (iv) modello di massimizzazione del flusso di informazioni, e (v) modello di minimizzazione della perdita di pacchetti. I dettagli sono forniti nella prossima sottosezione sezioni.

3.4.1 La dichiarazione del problema

L'AM-DisCNT proposto è progettato in modo tale da ridurre la comunicazione distanza tra i nodi e CH in un cluster, nonché tra CH e BS.

Questo schema ha un clustering statico e una volta che i cluster si formano rimangono gli stessi. Ogni cluster ha un CH. In questo modo, il consumo di energia si riduce ad ogni round. AM-Tuttavia, DisCNT esegue LEACH rispetto a DEEC, il suo throughput è meno. In media, DEEC supera AM-DisCNT; due volte su cinque. Il la ragione è che in DEEC il ruolo dei CH cambia ad ogni round. Se il numero di CHs sono maggiori, il throughput della rete aumenta.

42

3.4.2 iAM-DisCNT

iAM-DisCNT ha le stesse funzionalità di AM-DisCNT tranne la distribuzione e azioni di BS. Pertanto, discutiamo solo del posizionamento e del funzionamento di BS. Tre BS; uno statico e due mobili, vengono distribuiti per massimizzare il throughput durante la fornitura copertura completa dell'area.

- Static BS: Static BS viene distribuito nel cerchio interno dell'area di rete. Così, i nodi che si trovano in r_1 comunicano direttamente con il BS statica. Questo tipo di BS l'implementazione riduce al minimo il consumo di energia dei nodi.
- BS mobili: i BS mobili forniscono una raccolta dati efficiente dal punto di vista energetico nelle WSN. Raccolgono dati (durante gli intervalli di soggiorno), rimanendo nei luoghi di soggiorno zioni, direttamente dai nodi come mostrato nella figura 3.6. Dove, luogo di soggiorno è la posizione in cui una delle due stazioni mobili si ferma per la ricezione dei dati zioni. Il periodo di tempo durante il quale BS mobile rimane in qualsiasi luogo di soggiorno all'interno di una qualsiasi delle sottoregioni si chiama tempo di soggiorno. Questa tecnica riduce

distanza di comunicazione tra BS e nodi riducendo così al minimo l'energia consumo.

iAM-DisCNT considera due BS mobili che si muovono nel cerchio esterno dell'area di rete.

Le BS mobili si muovono secondo una traiettoria circolare; uno in senso orario mentre l'altro in senso antiorario, raccogliendo nel frattempo i dati dai nodi.

La traiettoria circolare è un percorso che si trova esattamente al centro del cerchio esterno come mostrato in figura 3.6. viene mostrata la traiettoria circolare delle BS mobili. Il raggio di questa traiettoria è $(r_2 - r_1) / 2$. Due BS si muovono in modo sincrono con velocità costante durante il loro movimento. Ogni BS trasmette un messaggio durante lo spostamento. Dopodiché, i nodi condividere il loro stato attuale con BS dicendo se questi sono in comunicazione gamma o no. Se un nodo riceve un messaggio da due BS, risponde con un pacchetto di dati a uno qualsiasi di essi (a caso). Nodi, che non sono nel raggio di comunicazione

43

Pagina 68

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS



Figura 3.6: iAM-DisCNT: schema

di qualsiasi BS, passa alla modalità sleep. Considerando che, i nodi che vengono alla comunicazione portata da qualsiasi BS passare alla modalità attiva e avviare le trasmissioni.

Le BS esterne sono denominate come (S_A) e (S_B). Queste BS si muovono nella traiettoria circolare e seguire le equazioni del cerchio fornite di seguito per ogni BS in movimento. Per S_A , le equazioni sono:

$$x_A = R_A \cos(\theta) \quad (3.11)$$

$$y_A = R_A \sin(\theta) \quad (3.12)$$

Per S_B , le equazioni sono;

$$x_B = -R_B \cos(\theta) \quad (3.13)$$

$$y_B = -R_B \sin(\theta)$$

(3.14)

Pagina 69

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS

Tabella 3.1: Differenza tra AM-DisCNT e iAM-DisCNT

schema nome	Clustering	CH selezione	Mobilità del lavandino
AM- DisCNT	Clus statico tering	Dipende da energia residua di un nodo	Lavello statico
sono- DisCNT	Clus statico tering	Ricambio lavello mobile riceve dati da nodi	Un lavandino statico + 2 lavelli mobili

dove, $0^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$ e $R_A = R_B$.

3.4.3 Calcolo del consumo energetico

Sviluppiamo la seguente serie di equazioni matematiche per calcolare l'energia

consumo di nodi in ogni segmento.

Facendo riferimento alla figura 3.6, se A_i è l'area della regione interna e A_o è l'area esterna regione (composta da 8 sottoregioni) quindi:

$$A_i = \pi r_i^2 \quad (3.15)$$

e

$$A_o = \pi (r_o^2 - r_i^2) \quad (3.16)$$

dove r_i e r_o sono rispettivamente i raggi dei cerchi interno ed esterno. Allo stesso modo, il numero di nodi nella regione interna e nella regione esterna viene calcolato come segue:

$$n_{io} = \rho_{io} \pi r_{io}^2 \quad (3.17)$$

$$n_o = \rho_o \pi (r_o^2 - r_i^2) \quad (3.18)$$

Pagina 70

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS

dove ρ_i e ρ_o sono le densità dei nodi nelle regioni interna ed esterna, rispettivamente. Così, il numero totale di nodi nell'area della rete viene calcolato come segue:

$$N = \rho_0 \pi r_0^{-2} - \pi r_i^{-2} (\rho_0 - \rho_1) \quad (3.19)$$

Poiché la regione interna si trova in nodi in entrambi i protocolli; AM-DisCNT e iAM-DisCNT, consumano la stessa quantità di energia di trasmissione, quindi sviluppiamo le seguenti equazioni.

$$E_{tx}^i = \rho_{io} \pi r_{io}^{-2} (M_{elec} + Q_{fs} d_2) k \quad (3.20)$$

dove E_{elec} è l'energia per bit del circuito elettronico, Q_{fs} è il tipo di amplificatore, d è la distanza di comunicazione tra mittente e destinatario k è la dimensione del pacchetto in bit.

Utilizzando un approccio simile, calcoliamo il consumo di energia per la regione esterna nodi non CH di AM-DisCNT come segue:

$$E_{tx, \text{non CH}}^{0, \text{AM-DisCNT}} = (\pi \rho_0 (r_0^{-2} - r_i^{-2}) - 8) \times (M_{elec} + Q_{fs} d_2) k \quad (3.21)$$

L'energia di trasmissione dei CH di AM-DisCNT viene calcolata come segue:

$$E_{q_{CH}^{\text{AM-DisCNT}}} = 8 (E_{elec} + Q_{fs} d_2) k \quad (3.22)$$

Il consumo di energia dei CH in AM-DisCNT durante la raccolta dei dati viene calcolato come:

$$E_{q_{da, CH}^{\text{AM-DisCNT}}} = 8 (E_{elec} + E_{da} + Q_{fs} d_2) k \quad (3.23)$$

dove E_{da} è l'energia di aggregazione dei dati per bit.

Pagina 71

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS

In iAM-DisCNT, nessuno dei nodi è selezionato come CH dalla regione esterna. Così questi nodi consumano solo energia di trasmissione che viene calcolata come segue:

$$E_{q_{iAM-DisCNT}} = (\pi \rho_0 (r_0^{-2} - r_i^{-2})) \times (E_{elec} + Q_{fs} d_2) k \quad (3.24)$$

Da questi calcoli, concludiamo che il consumo di energia delle energie esterne gion nodes di iAM-DisCNT è inferiore a quello di AM-DisCNT. Tuttavia, l'energia il consumo è ridotto al minimo a scapito delle BS mobili.

3.4.4 Modello di massimizzazione del flusso di informazioni

Sia il WSN un grafo $G = (N, L, S); |N| = n$ nodi, $|L| = l$ link e $|S| = k$ BS tali che $\exists (i, k) \in L$ se e solo se si intendono i dati del nodo i trasmissione diretta verso BS. Quindi, modello di programmazione lineare per il throughput

la massimizzazione è la seguente.

$$\text{Max} \sum_r lq_{k_{io}}(r) \forall r \in R \quad (3.25a)$$

$$\text{soggetto a: } C_1 : q_{k_{io}} - R_{k_{io}} \leq 0 \quad \forall i \in N \text{ e } k \in S \quad (3.25b)$$

$$C_2 : \lambda_i t_{k_{io}} \leq F_k \quad \forall i \in N \text{ e } k \in S \quad (3.25c)$$

$$C_3 : t_{k_{io}} \leq t_{\min} \quad \forall k \in S \quad (3.25d)$$

$$C_4 : E_i \leq E_0 \quad \forall i \in N \quad (3.25e)$$

dove,

$$l = \begin{cases} 1 & \text{se } p_i \geq p_s \\ 0 & \text{se } p_i < p_s \end{cases} \quad (3.26)$$

Pagina 72

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS

La funzione obiettivo nell'equazione 3.25a è massimizzare il flusso di informazioni 'q' dal nodo 'i' a BS 'k' durante il round corrente 'r' appartenente all'insieme di round "R" per tutta la durata della rete. Questa funzione obiettivo dipende dal collegamento flag 'l' che dipende dalla probabilità di un dato collegamento 'p_i' tale che se il suo valore è \geq il probabilità minima richiesta per la trasmissione di successo 'p_s' allora il flag viene sollevato altrimenti non lo è. Il vincolo nell'equazione 3.25b determina $R_{k_{io}}$ come limite superiore velocità di trasmissione del collegamento $(i, k) \in L$ durante il periodo di soggiorno 't' di BS 'k' durante il soggiorno posizione 'm' in M' come mostrato nella figura 3.6. Allo stesso modo, vincolo nell'equazione 3.25c determina che il tasso di generazione delle informazioni " λ " non deve superare quello in uscita flusso 'F' durante il periodo di soggiorno. La violazione di C_1 e / o C_2 porta alla perdita di dati che alla fine si traduce in una diminuzione del flusso di dati. Il vincolo nell'equazione 3.25d fornisce spiegazione sul tempo di soggiorno (tempo di permanenza nella posizione m) del BS che questo intervallo dovrebbe essere almeno uguale al tempo minimo richiesto per il successo trasmissione dati. In alternativa, l'equazione 3.25d indica l'esistenza di compromesso tra ritardo e durata della rete. L'equazione 3.25e si occupa di energia vincolo, cioè, ogni nodo è dotato di una sorgente di energia ' E_i ' delimitata superiore di E_0 . I nodi interrompono le trasmissioni ogni volta che le batterie si scaricano per questo motivo massimizzazione del flusso di dati l'energia dei nodi deve essere risparmiata. A questo proposito, iAM-DisCNT interrompe la comunicazione da nodo a nodo ($q_{ij} = 0$ e $q_{ji} = 0$) che è ulteriormente facilitato impostando $q_{ik} = 0$. Ciò significa che ogni nodo può solo trasmettere pacchetti di dati a BS, quindi non preoccuparsi della ricezione dei pacchetti di dati da nodo (i) o BS (s) risparmiando così energia. Inoltre, il flusso di dati viene massimizzato con l'introduzione di due Stati membri e un lavandino statico.

3.4.5 Modello di minimizzazione della caduta di pacchetti

Oltre alla massimizzazione del flusso di informazioni, il nostro secondo obiettivo è ridurre al minimo imitare la velocità di rilascio dei pacchetti in modo tale da massimizzare il throughput della rete. Nel

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS

fatto salvo ciò, sviluppiamo una formulazione matematica basata sulla programmazione lineare come segue.

$$\text{Min } \sum_r PD(r) \quad \forall r \in R \quad (3.27a)$$

$$\text{soggetto a: } C_1 : n_s \rightarrow n_{opt} \quad s \quad (3.27b)$$

$$C_2 : d_{i,k} \rightarrow d_{min_{i,k}} \quad \forall i \in N \text{ e } k \in S \quad (3.27c)$$

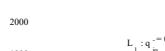
$$C_3 : \text{Min } I_{cap} \quad (3.27d)$$

$$C_4 : q_{-io} + \lambda_{io} t \leq q_{+io} \quad \forall i \in N \quad (3.27e)$$

La funzione obiettivo nell'equazione [3.27a](#) mira a minimizzare; $\sum_r PD(r)$, il totale numero di pacchetti scartati. Il vincolo [3.27b](#) afferma che il numero di soggiorni posizioni ' n_s ' dovrebbe avvicinarsi al suo valore ottimale n_{opt} . Accordo con C_1 significa dimensione corretta del cluster che a sua volta significa minore contesa per l'accesso al canale nelle località di soggiorno. Quindi, con conseguente diminuzione del tasso di rilascio dei pacchetti durante i round procedere. Allo stesso modo, il vincolo [3.27c](#) si concentra sulla minimizzazione della comunicazione distanza ' $d_{i,k}$ ' per avvicinarsi al suo valore minimo possibile $d_{min_{i,k}}$ ogni volta che il nodo "i" è destinato a comunicare con BS "k" in una particolare località di soggiorno. Violazione di C_2 significa un valore SNR basso all'estremità del ricevitore che causa un aumento del pacchetto tasso di caduta. Inoltre, il vincolo [3.27d](#) mira a ridurre al minimo l'interferenza del canale 'Io ch'; include sia l'interferenza co-canale che quella del canale adiacente. In caso di alto interferenza del canale, la velocità di rilascio dei pacchetti aumenterebbe e viceversa. Infine, il vincolo [3.27e](#) non consente il flusso di dati in entrata in un dato nodo ' q_{-io} ' più i dati generati da quel nodo ' λ_{io} ' durante l'arco di tempo 't' superano la sua uscita limite del flusso di dati ' q_{+io} '. La violazione di C_4 porterebbe a un buffer overflow a causa dell'arrivo la velocità supera la capacità di gestione dei pacchetti. In altre parole, la violazione di C_4 sarebbe portare a un aumento della velocità di rilascio dei pacchetti.

Analisi grafica: sia q_{+io} varia tra 0 e 2000 bit, in modo tale che $\lambda_{io} t$ sia

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS



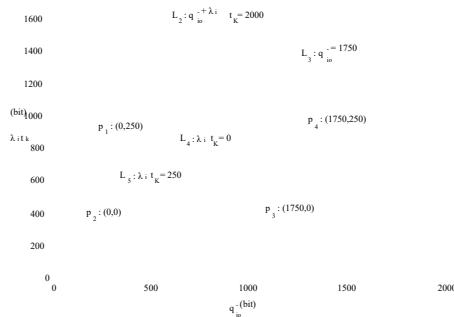


Figura 3.7: Regione ammissibile

tra 0-250 bit eq .
è compreso tra 0 e 1750 bit. Considerando questi valori,
i limiti per il vincolo in 3.27e possono essere riscritti come segue:

$$0 \leq q_i^-_{io} + \lambda_{io} t_k \leq 2000 \quad \forall i \in N \quad (3.28a)$$

$$0 \leq q_i^-_{io} \leq 1750 \quad \forall io \in N \quad (3.28b)$$

$$0 \leq \lambda_i t_k \leq 250 \quad \forall i \in N \quad (3.28c)$$

In soggetto ai limiti forniti dalle equazioni 3.28a, 3.28b e 3.28c, figura 3.7 mostra l'intersezione di cinque linee (L_1, L_2, L_3, L_4 e L_5). Come si può vedere in questa figura, l'intersezione risulta in una regione delimitata (che è di colore ciano) come la regione ammissibile. In questa regione si trova l'insieme di tutte le possibili soluzioni. Altro che questa regione, tutte le altre soluzioni non sono valide. Al fine di verificare la validità del ns dichiarazione, testiamo ogni vertice della regione ammissibile per una soluzione valida.
in $p_1 : (0,250) = 0 + 250 = 250$ bit,
in $p_2 : (0,0) = 0 + 0 = 0$ bit,
in $p_3 : (1750,0) = 1750 + 0 = 1750$ bit, e

50

Pagina 75

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS

in $p_4 : (1750,250) = 1750 + 250 = 2000$ bit.

Quindi, è dimostrato che l'insieme di tutte le possibili soluzioni che si trovano all'interno dei locali di regione ammissibile sono valide.

3.5 Risultati della simulazione

Le simulazioni di iAM-DisCNT vengono eseguite in stimolatori basati su C. In questa sezione i risultati della simulazione vengono discussi insieme ai compromessi delle prestazioni.

3.5.1 Metriche delle prestazioni - definizioni

Vengono prese in considerazione le seguenti metriche di rendimento:

1. Durata della rete: è il periodo di tempo dall'inizio della rete fino al

morte dell'ultimo nodo in campo. Viene misurato nell'unità di tempo (secondi).

È uno dei parametri più importanti che ogni rete dovrebbe avere.

2. Throughput: è il numero totale di pacchetti ricevuti con successo in

BS. Esclude il pacchetto inviato dai nodi sensori nel campo ma scartato

sulla strada per BS per qualsiasi motivo. La sua unità è pacchetti / sec.

3. Packet drop: è definito come il numero di pacchetti inviati verso la BS,

tuttavia, non vengono ricevuti da BS. Numero di pacchetti persi a causa di

cattiva qualità del collegamento. Abbiamo considerato il modello uniforme [83] per pacchetto

calcolo interrotto, in cui la probabilità di caduta di pacchetti è impostata su 0,3.

4. Consumo energetico totale: è definito come l'energia totale consumata da tutti

i nodi vivi. Si misura in Joule.

5. Ritardo end-to-end: è il tempo totale impiegato da tutti i pacchetti per raggiungerlo

nodo di origine a BS. Viene anche misurato in secondi.

3.5.2 Metriche delle prestazioni - discussioni

In questa sezione, valutiamo le prestazioni dei protocolli proposti. Venti
i nodi vengono distribuiti in modo casuale nel cerchio interno. Per la formazione di grappoli esterni
il cerchio è suddiviso in otto regioni uguali. Ogni cluster contiene un numero uguale
di nodi che è 10. I cerchi interno ed esterno hanno raggio rispettivamente di 20 me 35 m.
Il raggio della traiettoria BS è di 27 m. I parametri di simulazione sono mostrati nella tabella 3.2,
e i risultati medi con un intervallo di confidenza del 90% sono mostrati e discussi nel
prossime sottosezioni.

Tabella 3.2: Parametri di simulazione

Valore parametro

N	100
R ₁	27 m
R ₂	100 m
E ₀	0,5 J
Q _{fs}	10 pJ / bit / m ²
E _{elec}	50 nJ / bit

La Fig. 3.8 mostra che il periodo di stabilità e la durata della rete del programma proposto
tocols è maggiore dei protocolli esistenti. Prestazioni superiori di AM-DisCNT
rispetto a LEACH e DEEC è dovuta la minimizzazione della comunicazione
distanza e corretta selezione dei CH. iAM-DisCNT mostra un ulteriore miglioramento
nel periodo di stabilità e durata della rete al costo di più BS (uno statico e
due mobili). Inoltre, a differenza di LEACH e DEEC nello schema proposto li
è il numero fisso di CH: un CH per regione nel cerchio esterno. Questo tipo di CH

la selezione garantisce la consegna dei dati da ogni parte della rete a BS. Quindi, assicurando copertura completa dell'area.

La velocità con cui i CH vengono selezionati sia nella proposta che nella scelta esistente protocolli di instradamento è mostrato nella figura 3.9. Questa figura mostra che il file selezionato I CH nel protocollo di instradamento LEACH variano da 5 a 15 (per round) durante l'iniziale

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS

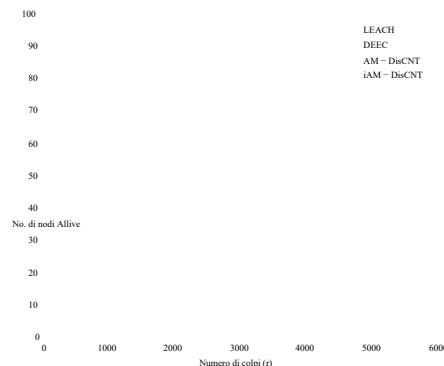


Figura 3.8: Periodo di stabilità e durata della rete

round e quindi questo tasso scende a zero. Simile è il caso del protocollo DEEC, dove i CH selezionati oscillano tra 3 e 36 durante i round iniziali. Entrambi questi protocolli non garantiscono un numero ottimale di CH in tutta la rete tutta la vita. La fluttuazione del numero di CH è dovuta a criteri di selezione casuale di questi protocolli. In risposta, questo numero casuale di CH selezionati può portare a uno dei due svantaggi: (i) i CH selezionati sono più del numero richiesto di CH, e (ii) i CH selezionati sono inferiori al numero di CH richiesto. In alternativa, il primo inconveniente significa un surplus di consumo energetico e il secondo inconveniente significa grandi dimensioni del cluster. Il consumo di energia in eccesso porta a una diminuzione della rete la durata e le dimensioni del cluster di grandi dimensioni comportano un carico maggiore sui CH selezionati. AM-DisCNT Il protocollo di routing risolve entrambi questi inconvenienti selezionando un CH per round da ciascuna delle otto regioni esterne. iAM-DisCNT estende ulteriormente la durata della rete introducendo BS mobili.

Dalla figura 3.10, vediamo che LEACH invia il minor numero di pacchetti a BS rispetto a DEEC, AM-DisCNT e iAM-DisCNT. Ciò è dovuto a LEACH in cui tutti i nodi sono omogenei. La selezione basata su tale presupposto fa nodi a bassa energia come CH che alla fine si traducono in un aumento del numero di nodi morti.

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS

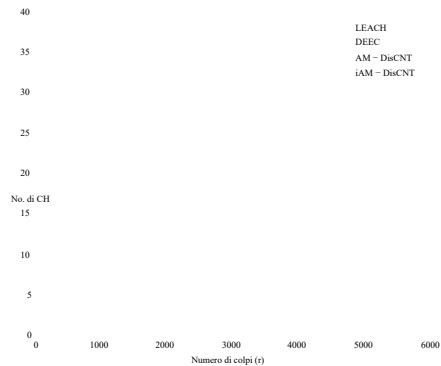


Figura 3.9: Tasso di selezione CH

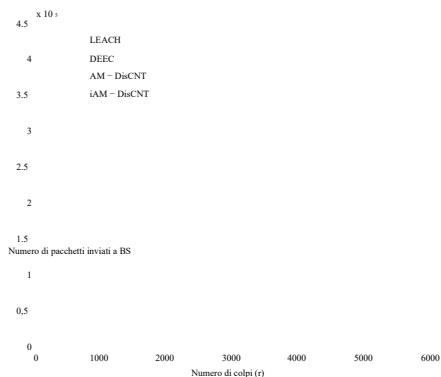


Figura 3.10: Numero di pacchetti inviati a BS

DEEC ha prestazioni migliori di LEACH perché seleziona i CH in base al rapporto di energia residua dei nodi ed energia media della rete. Questo conserva energia e aumenta la durata della rete, quindi aumenta il numero di pacchetti inviati teppisti. Le prestazioni di DEEC e LEACH non sono soddisfacenti a causa di dimensioni variabili dei cluster. I nodi più lontani utilizzano più energia per inviare i dati rilevati e morire rapidamente lasciando alcune aree non monitorate. AM-DisCNT supera LEACH, tuttavia, DEEC ha un throughput di pastella (numero di pacchetti inviati a BS) a causa di

54

Pagina 79**CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS**

maggior numero di nodi. In media, DEEC supera AM-DisCNT; due volte su cinque. Un numero maggiore di CH implica un numero maggiore di pacchetti inviati a BS.

Questo problema viene risolto in iAM-DisCNT utilizzando un BS statico e due mobili.

Questo approccio aumenta la probabilità di comunicazione diretta tra i nodi e BS e una minore distanza tra i nodi e BS riduce il consumo di energia di nodi che portano al numero massimo di pacchetti inviati a BS.

Durante la trasmissione di pacchetti dalla sorgente alla destinazione tramite canali wireless nel, alcuni pacchetti trasmessi potrebbero cadere a causa di cattive condizioni del canale. Nel per calcolare i pacchetti persi, utilizziamo un modello uniforme casuale [76]. Prepariamo

la probabilità che il canale sia in cattivo stato è pari a 0,3 (30%). La Figura 3.11 mostra

il numero di pacchetti ricevuti con successo in BS per i nuovi e selezionati

protocolli di instradamento esistenti. iAM-DisCNT mostra un numero maggiore di errori pacchetti ricevuti su BS rispetto al routing LEACH, DEEC e AM-DisCNT protocolli.

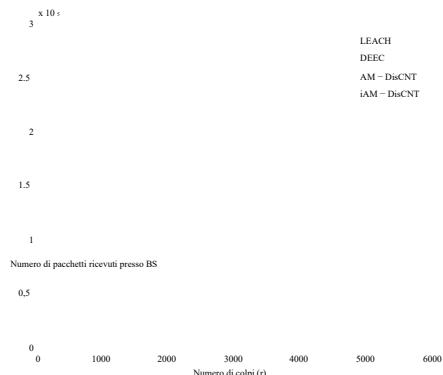


Figura 3.11: Numero di pacchetti ricevuti da BS

La Figura 3.12 mostra il confronto del ritardo end-to-end di iAM-DisCNT, AM-DisCNT, LEACH e DEEC. Maggiore ritardo end to end, in caso di DEEC e LEACH

55

Pagina 80

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS

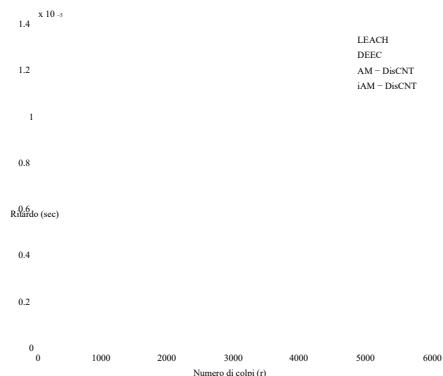


Figura 3.12: Ritardo end-to-end

protocolli è dovuto a maggiori ritardi nell'accodamento e nell'elaborazione. A causa della lontananza comunicazione tra mittente e destinatario, LEACH e DECC mostrano una fine maggiore per terminare il ritardo. In AM-DisCNT, la divisione logica dell'area di rete diminuisce la distanza di comunicazione per la consegna dei pacchetti causando la minimizzazione di il tempo di propagazione, mostrando così il minor ritardo end-to-end tra i protocolli di instradamento scelti. Introduzione di BS mobili e statici, in iAM-DisCNT, aumenta le possibilità di comunicazione diretta con BS che diminuisce la prop- ritardo di agazione dai nodi alle rispettive BS in una certa misura. Tuttavia, i dati la consegna dei pacchetti alla destinazione finale aumenta il ritardo di propagazione complessivo che in alternativa aumenta il ritardo end-to-end.

3.5.3 Metriche delle prestazioni - compromessi:

Al fine di raggiungere un (alcuni) obiettivi desiderati, il protocollo di instradamento paga il suo (loro) costo in termini di altre metriche di performance; compromesso / i. In questa sottosezione, noi analizziamo i quattro protocolli di routing simulato (LEACH, DEEC, AM-DisCNT e iAM-DisCNT) in termini di compromessi delle prestazioni. Si fa quindi riferimento alla figura [3.8](#), [3.11](#), [3.12](#) e la tabella [3.3](#); DEEC raggiunge una maggiore efficienza energetica e produttività come

56

Pagina 81

CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS

rispetto a LEACH, tuttavia, a costo di un elevato ritardo end-to-end. Un importante motivo della ragione di questo ritardo end-to-end relativamente più elevato è la comunicazione a distanza. AM-DisCNT divide logicamente l'area di rete per ridurre al minimo il ritardo end-to-end porta anche a una maggiore efficienza energetica. Questo è ovvio come lo sono i cluster locali più ristretti, cioè minimizzazione della distanza di comunicazione.

57

Pagina 82

Tabella 3.3: Analisi comparativa dei protocolli di routing selezionati

Protocollo	Nodo de- stretto strategia ment	Batteria del sensore	Mech di controllo	Lavello mobile	No. di affonda	Itinerario processi- ing	Rete tutta la vita	Ritardo di elaborazi
LEACH	Omogeneo casuale		Centralizzato	NIL	1	Proattivo +		++
DEEC	Random eterogeneo		Distribuito	NIL	1	Proattivo +++		+++
AM-DisCNT ibrido	Eterogeneo		Ibrido	sì	1	Proattivo +++++		+++
iAM-DisCNT ibrido	Eterogeneo		Ibrido	sì	2	Proattivo ++++++ +++++		

Tabella 3.4: Analisi comparativa dei protocolli di routing selezionati

58

Protocollo	Realizzazione (i) realizzati	Costo pagato
LEACH	libertà nella durata della rete di distribuzione dei nodi	
DEEC	Rete tutta la vita e ritardo end-to-end portata	
Ritardo end-to-end AM-DisCNT e rete vita lavorativa		libertà nella distribuzione dei nodi
Rete iAM-DisCNT tutta la vita e portata		ritardo end-to-end e un'ulteriore Stato membro

Pagina 83**CAPITOLO 3. UN PROTOCOLLO DI ROUTING ANGOLARE MULTIHOP PER WSNS**

Tuttavia, questo risultato viene ottenuto a scapito della libertà limitata al momento di distribuzione dei nodi (distribuzione casuale uniforme dei nodi). iAM-DISCTN ulteriormente migliora la durata e il rendimento della rete al costo di uno Stato membro aggiuntivo.

Inoltre, questo protocollo paga anche il costo di un ritardo end-to-end leggermente maggiore rispetto a AM-DisCNT. Tutti questi compromessi sono riassunti nella tabella 3.4.

3.6 Conclusione del capitolo

Abbiamo proposto due protocolli di instradamento ad alta efficienza energetica per le WSN; AM-DisCNT e iAM-DisCNT. Nella prima c'è il raggruppamento statico e la selezione di CH si basa sui nodi di energia residua massima. Il secondo; iAM-DisCNT, ne ha due BS mobili che raccolgono dati direttamente dai nodi. I BS mobili seguono un predefinito percorso, riducendo al minimo la distanza di comunicazione. Oltre ai due protocolli proposti, analisi grafica della programmazione lineare proposta basata su modelli matematici fornisce i limiti entro i quali l'insieme di tutti i possibili soluzioni mentono. I risultati della simulazione mostrano che AM-DisCNT ha ca. 32% mentre, iAM-DisCNT ha ca. Il 48% ha migliorato il periodo di stabilità rispetto a

Protocolli di instradamento LEACH e DEEC. Allo stesso modo, la velocità effettiva di AM-DisCNT e

iAM-DisCNT sono migliorati di ca. 16% e 80% rispettivamente dal confronto

schemi. Sulla base di questi risultati, abbiamo anche analizzato i quattro percorsi simulati

protocolli in termini di compromessi delle prestazioni.

Nel prossimo capitolo, abbiamo proposto un altro schema che è reattivo. Per prima cosa noi

considerare il raggruppamento statico e la selezione dei CH si basa sull'energia residua.

capitolo 4

Affonda ibrido scalabile multi-hop consapevole della mobilità

protocolli di efficienza energetica

Pagina 85

CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID
PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

4.1 Riepilogo del capitolo

In questo capitolo, proponiamo due protocolli di instradamento per TWSN; Efficienza energetica ibrida client Reactive (HEER) e Multi-hop Hybrid Energy Efficient Reactive (MHEER) protocollo di instradamento. Lo scopo principale della progettazione di questi protocolli è migliorare il durata della rete e in particolare il periodo di stabilità della rete sottostante.

In MHEER, il nodo con la massima energia in una regione diventa CH di quella regione per quel particolare round (o ciclo) di tempo e il numero di CH in ogni round rimane lo stesso. Insieme alla stabilità e alla durata della rete, anche noi calcolato l'intervallo di confidenza di tutti i nostri risultati che ci aiuta a visualizzare il file possibile deviazione dei nostri grafici dal valore medio. Inoltre, implementiamo mobilità del lavandino su HEER e MHEER. Li chiamiamo HEER-SM e MHEER-SM. I risultati della simulazione mostrano che HEER-SM e MHEER-SM producono una rete migliore durata e regione di stabilità rispetto alle sue tecniche di controparte.

4.2 Protocolli proposti: HEER e MHEER

Poiché questo lavoro di ricerca è focalizzato sul miglioramento dell'efficienza energetica delle reti cienza e i protocolli reattivi sono più efficienti dal punto di vista energetico di quelli proattivi, quindi, abbiamo esplorato i protocolli reattivi. In questa sezione, spieghiamo il nostro protocolli proposti HEER [77] e MHEER. Sono disponibili numerosi protocolli di routing stato proposto nel campo delle WSN. La maggior parte di loro coinvolge il raggruppamento. Però, non è stata dedicata molta attenzione alle applicazioni time-critical. DEEC, essendo un protocollo di rete eterogeneo proattivo non è adatto per la critica del tempo applicazioni cal. TEEN è un protocollo reattivo e garantisce quello instabile regione sarebbe breve in una rete omogenea. Ciò è dovuto al ben distribuito consumo energetico uniforme in TEEN. D'altra parte, TEEN produce un grande

Pagina 86

CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID
PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

regione instabile in una rete eterogenea perché il processo di selezione CH diventa instabile ei nodi rimangono in stato di inattività per la maggior parte del tempo. HEER sceglie CH sulla base delle energie residue dei nodi. A causa della sua natura reattiva, riduce il numero di trasmissioni e si traduce in una migliore durata della rete e regione di stabilità rispetto a TEEN e DEEC. D'altra parte, MHEER rende meglio

risultati in termini di durata e periodo di stabilità rispetto a HEER. Il numero
ber di CHs in HEER non sono fissati in ogni round. Considerando che, MHEER utilizza statico
raggruppamento. Prende anche in considerazione i nodi di energia massima all'inizio di
ogni round per la selezione CH. Spieghiamo in dettaglio entrambi i protocolli proposti
nelle sezioni seguenti.

4.2.1 HEER

Come abbiamo già spiegato, i protocolli proattivi rilevano il loro ambiente e
trasmettere i dati periodicamente. Consumano energia continuamente a causa del periodico
trasmissioni. L'obiettivo principale nei protocolli proattivi è aumentare la durata, attraverso
mettere e diminuire il consumo di energia. Nei protocolli reattivi, un nodo rileva
l'ambiente periodicamente ma trasmette i dati solo quando il suo valore raggiunge il
valore di soglia dell'attributo. Questa tecnica riduce il numero di trasmis-
sioni. I protocolli reattivi dipendono dall'applicazione. Tenendo presente il fatto
che la trasmissione dei dati consuma più energia rispetto al rilevamento dei dati, il rendimento può
essere minimizzato o massimizzato secondo l'applicazione della rete. Il rendimento
nelle reti reattive è inversamente proporzionale alla durata della rete o alla sua stabilità
periodo di vita. Quindi, se il numero di trasmissioni è inferiore, risulterà esteso
periodo di stabilità e durata della rete. Tuttavia, se il valore rilevato corrente
raggiunge ripetutamente il valore di soglia (valore assoluto) quindi il numero massimo di
le trasmissioni avverranno e i nodi moriranno rapidamente.

62

Pagina 87

CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

In questa sezione, proponiamo HEER, che migliora la regione stabile per cluster-
processo gerarchico per una rete reattiva omogenea ed eterogenea
ambiente. Simile a DEEC, questo protocollo tiene conto anche dell'iniziale
ed energia residua dei nodi per la selezione CH. Quando la formazione del cluster è terminata,
il CH trasmette due valori di soglia, cioè HT e ST. I nodi percepiscono il loro
ripetutamente e se un parametro dal set di attributi raggiunge il suo HT
valore, il nodo accende il suo trasmettitore e trasmette i dati. Il valore attuale
(CV), su cui avviene la prima trasmissione, è memorizzato in una variabile interna nel file
nodo chiamato Valore rilevato (SV). Ora i nodi trasmetteranno nuovamente i dati a
i rispettivi CH se:

$$CV - SV \geq ST \quad (4.1)$$

Se il CV differisce da SV di un importo pari o superiore a ST, solo allora
i nodi trasmetteranno i propri dati. Si traduce in un numero ridotto di trasmissioni.

La Figura 4.1 mostra i diversi stati di un cluster. Il cerchio più esterno di tutti gli stati è indicato come un cluster. I nodi rilevano il loro ambiente continuamente fino a quando il parametro (CV) raggiunge il suo valore HT. Quando CV raggiunge il valore HT, i nodi iniziano inviando i propri dati al CH come mostrato nello stato – 2. Il CH riceve, aggrega e quindi trasmette questi dati alla BS. Il CV su cui avviene la prima trasmissione è memorizzato in SV. Il nodo quindi inizia di nuovo a rilevare il suo ambiente come mostrato in stato – 3 fino a quando il CV differisce da SV di un importo uguale o superiore a ST. Quando questa condizione è nuovamente soddisfatta, il nodo riaccende il suo trasmettitore e invia i dati al CH. Questi dati vengono poi trasmessi alla BS dal CH come mostrato nello stato – 4.

63

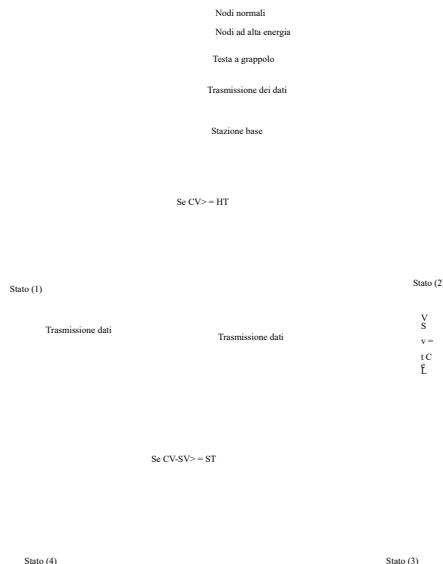
Pagina 88**CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI**

Figura 4.1: Figura di idea per HEER dal rilevamento dei dati alla trasmissione dei dati per un grappolo

4.2.2 MHEER

Un protocollo di instradamento efficiente è quello [77] che consuma energia minima e fornisce anche una buona area di copertura. Il consumo minimo di energia porta a migliore durata della rete e in particolare il periodo di stabilità. Considerando che, buona coverage è utile per ottenere le informazioni richieste dall'intera rete la zona. Le aree non presidiate vengono chiamate buchi di copertura. Questi buchi di copertura risultano in un'area di copertura inefficiente e quelle aree non possono essere monitorate. Così l'obiettivo principale di un protocollo di instradamento è ottenere il minimo utilizzo di energia e area di copertura completa. Molte ricerche hanno affrontato questioni come in [44] - [46]. Diversi approcci possono essere utilizzati per risolvere questo problema, uno dei quali è il suddivisione dell'area di campo della rete in sotto-aree. Nella tecnica proposta, noi

Pagina 89**CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID
PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI**

Consideriamo un WSN di area $100m \times 100m$. L'intera area è suddivisa in dieci regioni di uguale area. Ciascuna di queste 10 regioni agisce come un cluster. Il totale il numero di nodi è 100. Ciascuna delle 10 regioni contiene 10 nodi distribuiti in modo casuale dentro. Questa divisione aiuta a migliorare l'area di copertura della rete e tutte le aree sono monitorati in modo efficiente. La topologia della rete può essere osservata nella figura 4.2.

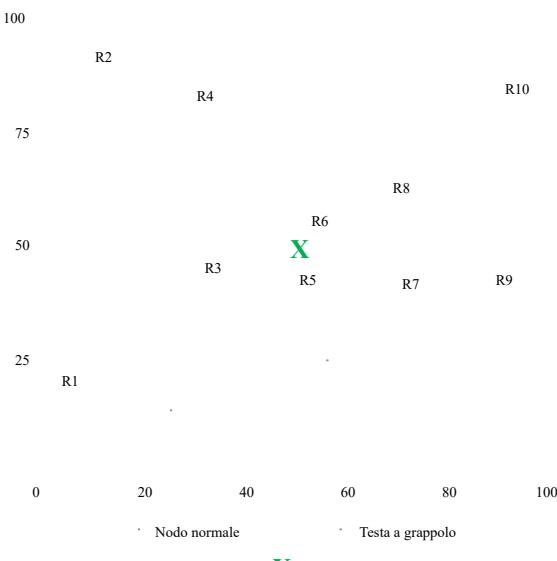


Figura 4.2: Topologia di rete MHEER

L'area della rete è divisa in 10 regioni uguali (cioè R1 – R10) come mostrato in figura 4.2. MHEER utilizza il clustering statico. Il clustering statico si riferisce al tipo di clustering in cui i cluster sono predeterminati e non cambiano il loro numero e dimensione durante ogni round. Viene scelto un solo CH da ogni regione durante ogni round. Questi CH sono responsabili della trasmissione dei dati alla BS. Tutti i nodi rilevano i propri dati e inviarli al CH della loro regione. Il CH riceve quei dati, li aggrega e poi lo trasmette alla BS. L'energia consumata durante i dati la trasmissione dipende in modo significativo dalla distanza tra CH e BS.

Pagina 90**CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID
PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI**

Maggiore è la distanza, maggiore è l'energia richiesta per trasmettere quei dati alla BS. Tutti i CH hanno le proprie distanze dalla BS che dipendono dalla loro regione e la loro posizione in quella regione. Un CH che è più lontano dalla BS consuma di più energia rispetto al CH che è vicino alla BS. MHEER utilizza una tecnica multi-speranza per

affrontare questo problema. Secondo questa tecnica, i CH che sono più lontani da le BS non inviano i propri dati direttamente alla BS. Invece, prima lo inviano a il CH che è più vicino a loro rispetto al BS. Quei CH poi avanti tali dati alla BS. Secondo la figura [4.2](#), CH nella regione R1, R2, R9 e R10 non invia i propri dati direttamente al BS. Calcolano la loro distanza da i CH delle regioni adiacenti e poi inviano i loro dati a quella più vicina. Nel in questo modo, un CH nella regione R1 calcola prima la sua distanza dai CH della regione R3 e R4, quindi trasmette i suoi dati alla BS tramite il CH che è vicino a esso. Allo stesso modo, R2 calcola la sua distanza da R3 e R4. Considerando che, R9 e R10 calcolare le loro distanze da R7 e R8. Questa multi-speranza aiuta a migliorare l'efficienza del consumo energetico e migliora la durata della rete e in particolare la regione di stabilità.

Come in ogni caso reale, il numero di pacchetti ricevuti alla BS non è mai pari al numero di pacchetti inviati alla BS. Questo perché alcuni pacchetti lo sono perso a causa di determinati fattori. Questi fattori possono includere interferenze, attenuazione, rumore, ecc. Ecco perché implementiamo il modello di distribuzione casuale uniforme [\[78\]](#) per il calcolo della caduta dei pacchetti. Questo rende MHEER più pratico. MHEER seleziona un nodo come CH della sua regione se ha la massima energia prima l'inizio di quel round. Inizialmente, tutti i nodi hanno la stessa quantità di energia e qualsiasi nodo può diventare il CH per il primo round. Un nodo viene scelto a caso per diventare il CH di quella regione per il primo round. Tutti gli altri nodi inviano i propri dati a CH che riceve tali dati, li aggrega e li invia alla BS. Quando il primo round è completato, la quantità di energia in ogni nodo non è più la stessa.

66

Pagina 91**CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI**

Questo perché l'utilizzo dell'energia dipende dalla distanza tra i nodo o CH che sta trasmettendo e il CH o sink che sta ricevendo. Distanza è direttamente proporzionale al costo del consumo energetico di un nodo trasmittente. Come la distanza per la trasmissione e la ricezione è diversa per i diversi nodi, la loro energia anche il consumo sarà diverso. Per ogni turno successivo, i CH vengono selezionati la base delle massime energie. Il nodo con la massima energia in una regione diventa il CH di quella regione per quel particolare round.

4.3 Mobilità lavabo in HEER e MHEER: HEER-SM e MHEER-SM

In questa sezione proponiamo l'applicazione della mobilità lavello su HEER e MHEER e riferirli rispettivamente come HEER-SM e MHEER-SM. La mobilità del lavandino sì si sono dimostrati molto efficaci nel prolungare la durata della rete e in particolare il

regione di stabilità. Diamo maggiore enfasi alla regione di stabilità perché questa è la regione in cui i dati ricevuti dalla BS sono più affidabili come ogni nodo vivo in questa regione. Quindi, in termini di integrità dei dati, la regione di stabilità è molto importante. Più Stati membri prolungherebbero in modo significativo la durata della rete e massimizzare il rendimento. Tuttavia, anche il costo di installazione sarebbe significativo aumentare. Pertanto, per prolungare la durata della rete e massimizzare il throughput mentre mantenendo il costo di installazione entro un limite più equo, abbiamo utilizzato un solo MS. La mobilità del sink si riferisce al movimento del sink nella rete da cui raccogliere i dati i nodi statici. Questi nodi possono essere nodi normali o CH, a seconda di la sua applicazione. La mobilità del lavandino è di due tipi; mobilità controllata e incontrollata. Per quest'ultimo, lo Stato membro può muoversi in modo casuale nella regione della rete. Mentre per la prima può muoversi solo lungo la traiettoria predefinita. Mobilità controllata può essere implementato in due modi. Nel primo modo, il lavandino può spostarsi in

67

Pagina 92**CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI**

Tabella 4.1: Differenza tra HEER, MHEER, HEER-SM e MHEER-SM

schema nome	Tipo di clustering	Sink Mobility Node	schierare ment
HEER	Clus dinamico tering	Lavello statico	Casuale
MHEER	Clustering statico Dissipatore statico		Casuale uniforma in ciascuno grappolo
HEER-SM	Clus dinamico tering	Mobile lavabo + CHs	Casuale
MHEER- SM	Lavello mobile a clustering statico		Casuale uniforma in ciascuno grappolo

rete nelle sue posizioni predefinite e queste posizioni predefinite non possono essere cambiato per tutta la durata della rete. Mentre secondo il secondo modo, il sink si sposta nelle posizioni predefinite ma queste posizioni vengono modificate dopo ogni il giro. In questo modo, il sink si muove in modo controllato, ma la sua traiettoria lo è cambiato dopo ogni round. Nella nostra tecnica, implementiamo il primo metodo in in cui le posizioni dei sink sono predefinite e non vengono modificate in tutto il file durata della rete. Queste posizioni del lavandino sono anche chiamate località di soggiorno. Il sink si ferma in queste posizioni per raccogliere i dati dai nodi / CH.

4.3.1 Topologia di rete

Il numero di lavandini è limitato a uno. Tutti i nodi della rete sono statici, ovvero non si muovono. Il sink si sposta tra diverse regioni nell'area della rete in esame. Si ferma in determinate località di soggiorno e raccoglie i dati dai nodi. Al fine di ridurre al minimo la distanza di comunicazione tra i nodi di una determinata sottoregione e di uno Stato membro, le località di soggiorno sono scelte come punti centrali

di ogni sottoregione. La Figura 4.3 mostra la topologia di rete del nostro sink proposto
mobilità. I segni **X** mostrano le posizioni di soggiorno nella rete. Il lavandino è

68

Pagina 93
**CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID
PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI**

montato su un veicolo telecomandato senza pilota e si muove da un soggiorno
posizione a quella successiva e raccoglie i dati dai nodi in queste posizioni di soggiorno.
I nodi raccolgono i dati e li inviano ai rispettivi CH. Il MS si ferma al suo
il sink si ferma e raccoglie i dati dai nodi o CH.

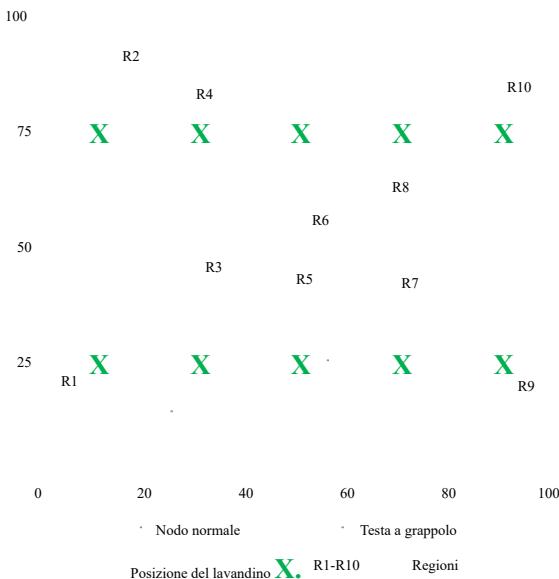


Figura 4.3: Mobilità del lavandino

L'intera distanza percorsa dal pozzo durante l'intera vita della rete dovrebbe
essere limitato perché uno Stato membro è solitamente guidato da carburante o elettricità. Quando uno SM si muove
da una posizione del lavandino a un'altra, la probabilità di perdita di dati è alta, quindi la distanza
tra due posizioni del lavandino dovrebbe essere limitato. La trasmissione dei dati da
nodi / CH da sink si verifica solo quando il sink non si muove, ovvero il sink si trova
in qualsiasi posizione del lavandino. Pertanto, la somma dei tempi di arresto nel tour MS dovrebbe essere
massimizzato. Dovrebbe esserci un numero massimo di punti di sosta per gli Stati membri; come potrebbe
essere visto dalla figura 4.4.

69

Pagina 94
**CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID
PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI**

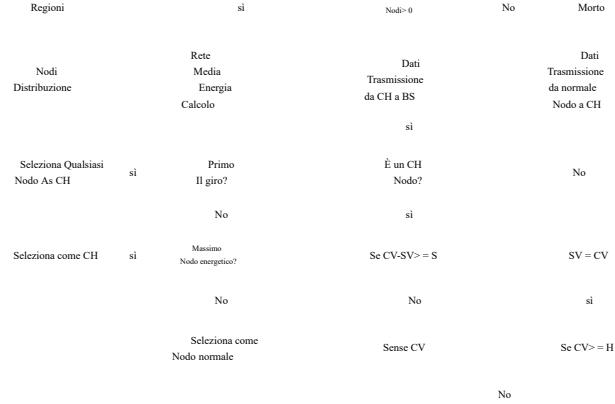



Figura 4.4: Diagramma di flusso del protocollo MHEER

4.3.2 Meccanismo di clustering

Nel nostro modello, un singolo sink si sposta sulla rete per raccogliere i dati dal file nodi / CH dalle sue posizioni sink. Queste posizioni dei sink sono predefinite e non lo fanno cambiare per tutta la vita della rete.

In MHEER, il sink si sposta in ciascuna regione e si ferma nella sua specifica posizione di soggiorno per raccogliere tali dati. Poiché ci sono 10 regioni e il sink deve raccogliere i dati da tutte le regioni, quindi ci sono 10 sink stop predefiniti. Queste fermate si trovano nel mezzo di ogni regione. I CH raccolgono dati dai nodi, aggregati e inviarlo al lavandino ogni volta che il lavandino arriva nella loro regione per raccogliere il dati. In caso di HEER, l'area non è suddivisa in sottoregioni. Ma il anche le posizioni dei lavelli per HEER sono le stesse di MHEER. La differenza è che in MHEER, ogni regione è predefinita e ogni regione ha il proprio CH to trasmettere i dati al sink. Quindi, quando arriva il sink, il CH gli invia i dati ad esso. Mentre in HEER le regioni non sono predefinite e i cluster cambiano il loro

70

Pagina 95

CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

Tabella 4.2: Parametri di simulazione

Parametro	Valore
Numero di nodi	100, 500, 1000
Numero di dissipatori statici	1
Numero di SM	1
Posizione statica del lavandino	(50,50)
Posizione MS	Traiettoria specificata (rif. Figura 4.3)
Energia iniziale	0,5 J
La zona	100 m × 100 m

forma e dimensione. Il numero di CH non è lo stesso. Quindi, ogni CH calcola il suo distanza dalle posizioni vicine del lavandino e si associa al più vicino uno. I nodi normali, oltre a calcolare la loro distanza dal CH, anche calcolare la loro distanza dalla posizione del lavandino. Questi nodi inviano quindi i propri dati a quello che è più vicino a loro rispetto agli altri. In questo modo l'energia è abbastanza consumato in modo efficiente.

4.4 Esperimenti e discussioni

In questa sezione, discutiamo i risultati della simulazione dei nostri protocolli proposti. tavolo [4.2](#) riassume i parametri di simulazione utilizzati per convalidare i protocolli proposti.

4.4.1 Metriche delle prestazioni - definizioni

Consideriamo le definizioni fornite nel capitolo 3 nella sezione [3.5.1](#).

4.4.2 Metriche delle prestazioni - discussioni

In questa sezione, discutiamo i parametri di prestazione con cui misuriamo, valutare e quindi confrontare i nostri protocolli proposti con la controparte esistente protocolli. Per motivi di equo confronto, abbiamo assunto il morbido e il duro

71

Pagina 96

CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

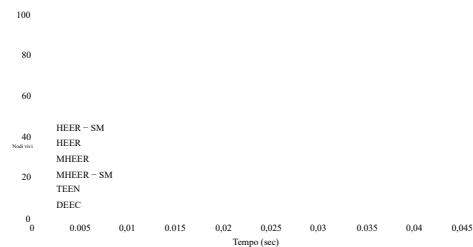
intervalli di soglia come nel protocollo selezionato per il confronto, cioè TEEN. Simile la ragione vale per l'energia iniziale dei nodi.

4.4.2.1 Durata della rete

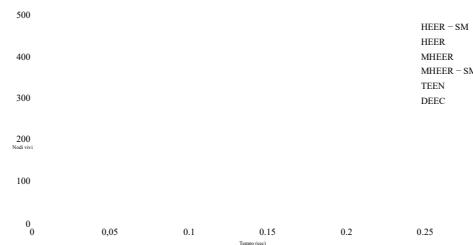
Per comprendere il tempo di vita della rete, definiamo prima i nodi attivi. I nodi con energia sufficiente per rilevare, elaborare e quindi trasmettere i dati al vicino bors, e / o BS o qualsiasi altro nodo nel suo raggio di trasmissione, sono generalmente indicati a nodi vivi [77]. Generalmente, la durata di qualsiasi rete dipende il numero di nodi vivi (che in effetti dipende dall'energia iniziale e consumo di energia). Come da nostra ipotesi, anche se un singolo nodo vivo nel file rete funziona, si presume che la rete sia attiva. Elevato consumo energetico potrebbe tradursi in una breve durata e viceversa. I protocolli di instradamento efficienti generano risultato finale in un consumo efficiente di energia che alla fine migliora il durata della rete.

Pagina 97

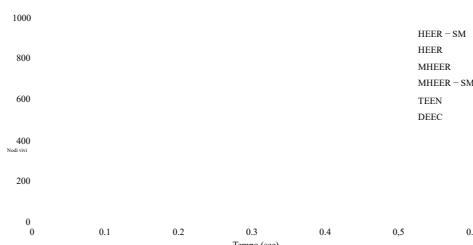
CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID
PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI



(a) Durata della rete per 100 nodi



(b) Durata della rete per 500 nodi



(c) Durata della rete per 1000 nodi

Figura 4.5: Durata della rete per diversi n. di nodi

Pagina 98

Tabella 4.3: Nodi morti in diversi istanti di tempo (per 100 nodi)

Nome protocollo	Primo nodo inattivo all'ultimo nodo inattivo alle		Nodi morti			
			0,01 sec	0,02 sec	0,03 sec	0,04 sec
HEER	0,024 sec	0,044 sec	0	0	15	81
HEER-SM	0,037 sec	0,044 sec	0	0	0	19
MHEER	0,0344 sec	0,044 sec	0	0	0	56
MHEER-SM	0,037 sec	0,044 sec	0	0	0	9
TEEN	0,0138 sec	0,027 sec	0	60	100	100
DEEC	0,013 sec	0,031 sec	0	17	94	100

Pagina 99**CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI**

Nella figura 4.5, confrontiamo la durata della rete di TEEN, DEEC, HEER, MHEER, HEER-SM e MHEER-SM. Possiamo vedere che MHEER-SM ha la migliore durata come rispetto agli altri protocolli. Considerando che, TEEN ha la durata minima della rete.

Questo perché MHEER-SM ha la stessa topologia di rete di MHEER con l'eccezione che MHEER-SM ha MS. Questo SM si sposta in ogni regione e raccoglie i dati dal CH di ogni regione. In questo modo, la distanza tra i file Riduzione di CH e sink, il che si traduce in un consumo efficiente di energia. Noi possiamo osservare che HEER supera TEEN e DEEC. Questo perché HEER seleziona i CH sulla base delle loro energie residue. I dati vengono trasmessi solo quando il limite di soglia è raggiunto. Riduce ulteriormente il numero di trasmissioni e migliora la durata della rete. MHEER, d'altro canto, supera HEER.

Questo perché MHEER è basato su speranze multiple e le distanti CH tramit i loro dati tramite muti-hoping. In questo modo l'energia viene consumata in modo efficiente. MHEER ha cluster statici e ogni cluster ha un CH e ha fissato un numero di nodi. Questo aiuta a migliorare l'area di copertura e i buchi di copertura sono ridotti. HEER-SM e MHEER-SM hanno prestazioni migliori di HEER e MHEER perché la mobilità aiuta a ridurre la distanza tra i CH e il lavandino. In questo modo, la durata della rete e la regione di stabilità sono ulteriormente migliorate. Durata e nodi morire a intervalli frequenti è riportato nella tabella 4.3.

4.4.2.2 Modello di massimizzazione della durata

Il nostro protocollo proposto modella un WSN come un grafo $G = \{\zeta \cup \zeta_0, v \cup v_0\}$, dove ζ e ζ_0 è rispettivamente l'insieme dei sensori e delle posizioni dei sink. $N = |\zeta|$ è il numero di sensori e $N_0 = |\zeta_0|$ è il numero di siti sink. $v = \{\zeta \cup \zeta\}$ è l'insieme di collegamenti wireless tra i nodi dei sensori e $v_0 = \{\zeta_0 \cup \zeta_0\}$ è l'insieme dei collegamenti tra i nodi dei sensori e le posizioni dei pozzi. $\ell_{ic} \in v$ se CH c è all'interno di raggio di comunicazione ρ_i del nodo i, dove $\forall i, c \in \zeta$. Allo stesso modo, $\ell_{ik} \in v_0$ se il sink

75

Pagina 100

CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

la posizione k è all'interno del raggio di comunicazione del nodo i, e $\ell_{ck} \in v_0$ se CH c è all'interno del raggio di comunicazione della posizione sink k, dove $\forall k \in \zeta_0$. α_i sono i dati velocità di generazione di un nodo i e il suo valore è lo stesso per tutti i nodi. La velocità di discesa è preso come infinito.

Il lavandino ha energia illimitata e non ci sono problemi di energia per il lavandino. Il residuo il tempo del pozzo in ogni posizione è definito come τ_k . I nodi inviano solo i propri dati durante questo periodo. I nodi non inviano i propri dati ogni volta che il sink è in movimento.

λ_{ic} è la quantità di dati dal nodo i a CH c. λ_{ik} è la quantità di dati da

nodo i alla posizione del sink k. E λ_{ek} è la quantità di dati da CH c a

posizione del lavandino k. $\sigma = 1$, se il pozzo si trova nel sito del pozzo di una regione. $\sum_{ic} \lambda_{ic}$ l'energia richiesta per trasmettere dati di un'unità dal nodo i al CH c. L'energia dissipata per

la trasmissione di una unità di dati dal nodo i alla posizione sink k è definita come e_T

 τ_k .

La quantità di energia consumata per la ricezione di una unità di dati è data come e_R

 σ_{ci} .

Poiché la funzione obiettivo e i suoi vincoli dati sono interi misti non lineari,

abbiamo scelto il modello di programmazione non lineare a interi misti.

$$\text{Massimizza } (X = \sum_r \sum_k \tau_k) \quad (4.2a)$$

Soggetto a:

$$(\sum_r (e_T \sum_{\ell_{ck} \in v_0} \lambda_{ck} + e_R \sum_{\ell_{jk} \in v} \lambda_{jk}) \leq E_c, \omega_{cr} = 1, \forall j, c \in v, \forall k \in v_0) \quad (4.2b)$$

$$(\sum_i (e_T \sum_{\ell_{ik} \in v_0} \lambda_{ik} + e_R \sum_{\ell_{ek} \in v} \lambda_{ek}) \leq E_i, \omega_{ri} = 0, \forall i, c \in v, \forall k \in v_0) \quad (4.2c)$$

$$(\sum_i \sigma_{ic} = 0, \text{ iff } d_{ic} \leq d_{ik}, \forall i, c \in v, \forall k \in v_0) \quad (4.2d)$$

$$(\tau_k > 0, \lambda_{ij} \geq 0, \forall k, i, j) \quad (4.2e)$$

$$(\forall i, j, c \in v, \forall k \in v_0) \quad (4.2f)$$

76

Pagina 101

CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID
PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

Questo modello è un modello di programmazione non lineare misto intero. Spieghiamo ciascuno
equazione di seguito:

- Funzione obiettivo eq. [4.2a](#): La funzione obiettivo di questa mobilità del lavandino

modello è quello di massimizzare il tempo di soggiorno del lavandino. Il motivo è questo
il sink raccoglie i dati dai nodi o dai CH solo quando si trova nel relativo sink
Posizione. Non raccoglie i dati quando è in movimento. Quindi, finché il file
sink rimane nella sua posizione sink, raccoglie i dati. In questo modo, migliorando
il tempo di soggiorno si tradurrà in un miglioramento della durata della rete che è la nostra
obiettivo principale.

- Eq sui vincoli energetici. [4.2b](#) e [4.2c](#): In base a questi vincoli,

se un nodo è un CH, riceve i dati dai nodi e li invia a
il lavandino. L'energia consumata durante questo processo dovrebbe essere inferiore a quella
dell'energia iniziale del CH. Allo stesso modo, se un nodo non è un CH, allora lo sarà
inviare i suoi dati al CH o al sink a seconda della loro distanza
da quel nodo. Anche questo consumo di energia dovrebbe essere inferiore a
energia iniziale del nodo.

- [Vincolo di flusso 4.2d](#): Questo vincolo mostra che un nodo invia solo i suoi file

dati al CH se e solo se la distanza del CH dal nodo è minore
rispetto alla distanza tra il lavandino e il nodo. Se questa distanza è maggiore,
quindi il nodo trasmette i suoi dati direttamente al sink invece di inviarli
dati al lavandino tramite il CH.

- [Vincolo di tempo di pausa 4.2e](#): Questo vincolo mostra che i tempi di pausa

di sink dovrebbe essere maggiore di zero perché sink non raccoglie i dati
quando è in movimento. Raccoglie i dati solo dai nodi o dai CH
quando si trova nel sito del pozzo. Quindi, il tempo di soggiorno dovrebbe essere maggiore di zero
per raccogliere i dati.

Pagina 102

CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID
PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

4.4.2.3 Velocità effettiva

In questa sottosezione, discuteremo il numero di pacchetti inviati alla BS. Figura [4.6](#)
mostra il numero totale di pacchetti inviati a BS in TEEN, DEEC, HEER, MHEER,
HEER-SM e MHEER-SM. Sappiamo che la selezione CH in HEER e HEER-
L'SM si basa sulla probabilità assegnata a ciascun nodo. Ciò si traduce in irregolare
numero di CH in ogni turno. Come il numero di CH in ogni turno
non è lo stesso, anche il numero di pacchetti inviati alla BS per volta non lo è

fisso. Il numero di pacchetti inviati alla BS varia di volta in volta. Come la probabilità di CH per round in HEER e HEER-SM è 0,1 (ovvero, come in DEEC), il numero di CH in ogni turno dovrebbe essere 10. Quindi il numero di anche i pacchetti inviati alla BS dovrebbero essere 10. Ma il numero di CH non rimane fisso. Di conseguenza, anche il numero di pacchetti inviati a BS non è lo stesso.

In caso di MHEER e MHEER-SM, la selezione di CH si basa sul massimo energia residua di un nodo nella sua regione. Poiché sono 10 regioni e ogni regione ha 1 CH in ogni round, anche il numero di CH in ogni round è 10.

Ogni CH è responsabile dell'invio dei propri dati alla BS. Quindi, i pacchetti inviati al BS in ogni turno è anche 10.

4.4.2.4 Modello di massimizzazione della raccolta dei dati

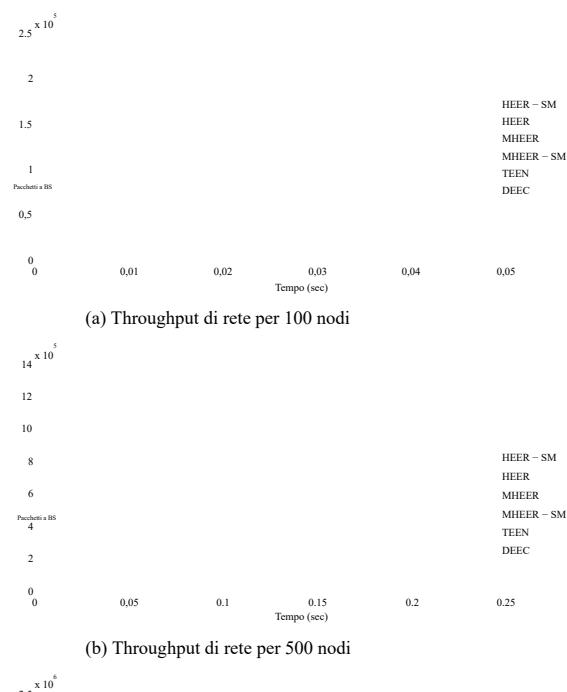
Definiamo anche un nuovo modello per la raccolta dei dati. In questo modello, massimizziamo la raccolta dei dati al sink che si traduce in un throughput massimizzato. Massimo il throughput porta alla conclusione che i dati massimi vengono raccolti nel sink.

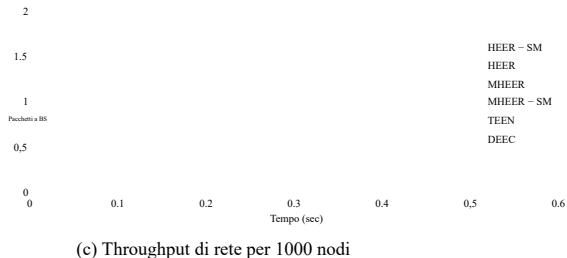
Questa raccolta totale di dati λ_k nel sito del pozzo k può essere definita come la somma di dati trasmessi dai nodi e dai CH al sito sink. τ_{\min} è il minimo tempo di soggiorno per il quale il lavandino rimane nel sito k . N è il numero totale di regioni. It può essere dato dalla seguente equazione:

78

Pagina 103

CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI





79

Pagina 104**CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI**

$$\lambda_k = \sum_r (\sum_{l_{ik} \in v_0} \lambda_{ik} + \sum_{l_{ck} \in v_0} \lambda_{ck}), \forall i, c \in v, \forall k \in v_0 \quad (4.3)$$

Anche questo è un modello MILP:

$$\text{Massimizza } (\lambda_k) \quad (4.4a)$$

soggetto a:

$$\tau_k \geq \tau_{\min}, \forall k \in v_0, \forall r \quad (4.4b)$$

$$|\zeta_0| = \frac{x_{\max} \times S}{N}, \text{ dove } S_{\max} \geq S \geq 1 \quad (4.4c)$$

$$|\zeta_0| = \frac{y_{\max} \times S}{N}, \text{ dove } S_{\max} \geq S \geq 1 \quad (4.4d)$$

- Funzione obiettivo eq. 4.4a: Massimizziamo la raccolta dei dati presso il sink che si traduce in un throughput massimizzato. Massima velocità di trasmissione lead alla conclusione che il massimo dei dati viene raccolto nel lavandino. Questo totale la raccolta di dati λ_k nel sito del pozzo k può essere definita come la somma dei dati trasmessa dai nodi e dai CH al sito del sink.
- Eq sui vincoli di tempo di soggiorno. 4.4b e 4.4c: Secondo questo con L'aumento del tempo di soggiorno aumenta la quantità di dati raccolti. Questo perché maggiore è il tempo in cui il lavandino rimane nella sua posizione, maggiore è i nodi temporali e i CH arrivano a inviare i propri dati al sink. Quindi, un lavandino dovrebbe rimanere per più tempo nella posizione del lavandino rispetto al limite di soggiorno minimo possibile. Ciò si traduce nella massima raccolta di dati.
- Vincolo delle posizioni dei lavandini eq. 4.4d: Questo vincolo discute il numero di siti sink. Maggiore è il numero di siti sink, maggiore è la quantità di dati si riunirono. Quindi, se un sink si ferma in più posizioni, raccoglie più dati rispetto al file

Pagina 105

CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID
PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

lavandino che rimane in pochi punti. Secondo questo vincolo, il numero delle posizioni dei pozzi dovrebbero essere in base all'area di rete e al numero di regioni in esso. Quindi, il numero di siti sink può essere determinato utilizzando il limiti massimi di lunghezza x, larghezza y della rete e numero di regioni.

4.4.2.5 Packet drop

La consegna dei pacchetti può essere definita come il numero totale di pacchetti inviati meno il numero totale di pacchetti ricevuti. Interferenze tra flussi e intra-flussi, congestione, perdita di percorso, attenuazione, rumore, ecc. potrebbero essere le ragioni per la caduta del pacchetto. Nella nostra proposta tecniche, abbiamo utilizzato la distribuzione casuale uniforme per calcolare il numero di pacchetti persi. Partiamo dal presupposto che renda il nostro protocollo relativamente robusto come rispetto agli schemi controparte. Usiamo 0,3 come probabilità di caduta del pacchetto valore dal modello uniforme casuale [81]. Ciò significa che in ogni momento, a il pacchetto ha una probabilità del 30% di essere eliminato.

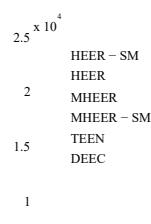
Le figure 4.6 e 4.7 mostrano il numero totale di pacchetti trasmessi nella rete e numero di pacchetti ricevuti successivamente solo nella BS, rispettivamente. A partire dalle cifre si può osservare che il numero totale di pacchetti ricevuti alla BS è notevolmente inferiore al numero totale di pacchetti inviati nell'intera rete

4.4.2.6 Consumo energetico

In questa sezione viene presentata l'analisi del consumo energetico totale. Energia totale in comprende l'energia necessaria per la trasmissione, la ricezione e l'aggregazione. Energia il consumo della rete è inversamente proporzionale alla durata della rete. A partire dalle figure 4.5 e 4.8 è ovvio che una durata della rete più breve si traduce in una maggiore consumo energetico. La figura 4.8 confronta il consumo energetico di HEER, HEER-SM, MHEER-SM, TEEN e DEEC. All'inizio, TEEN

Pagina 106

CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID
PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI



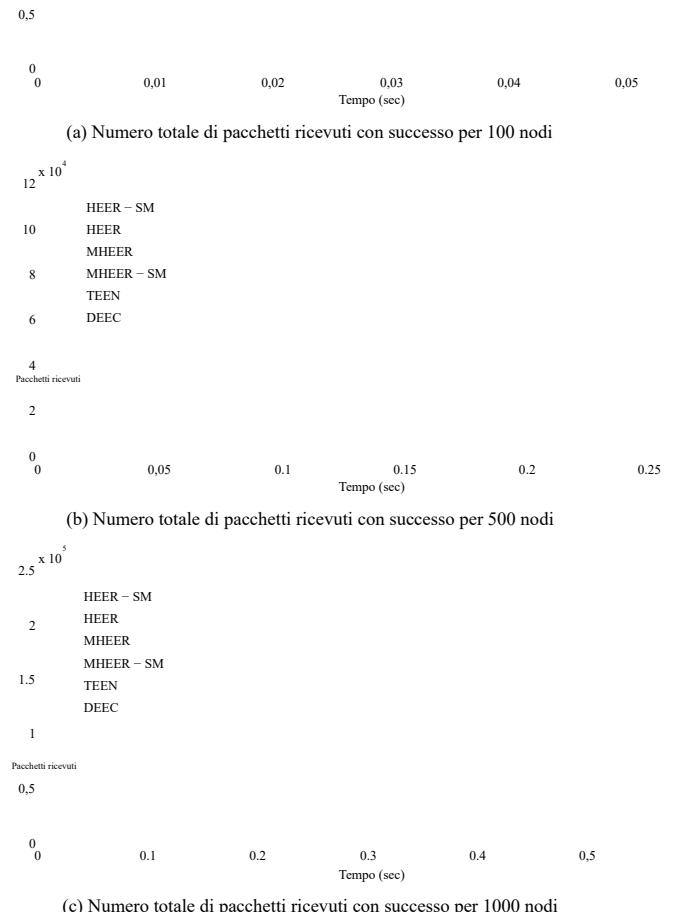
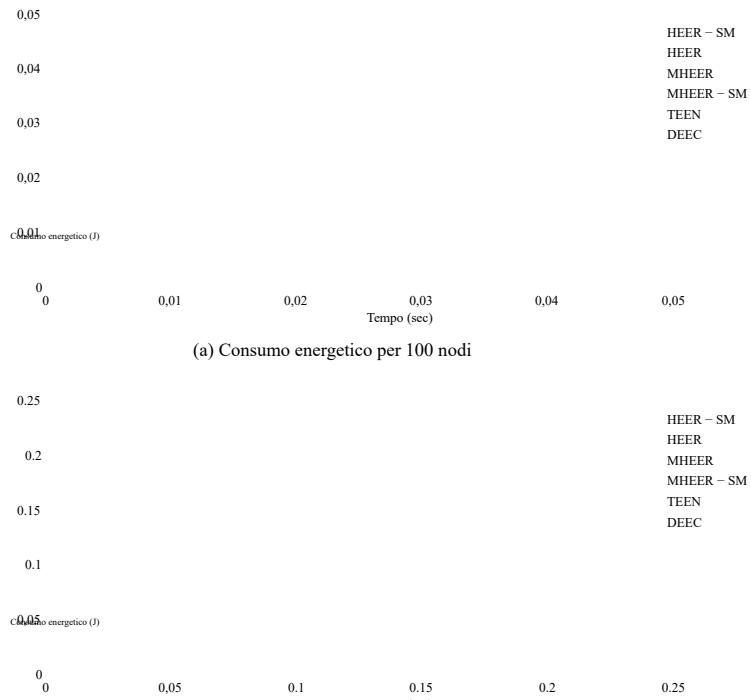
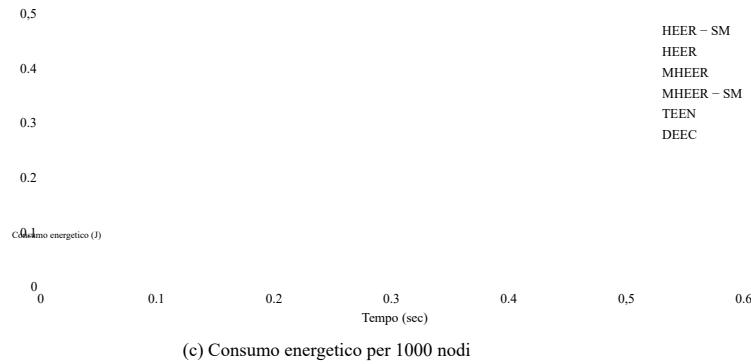


Figura 4.7: Pacchetto ricevuto con successo nella BS per 100, 500 e 1000 nodi

82

Pagina 107**CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI**

(b) Consumo energetico per 500 nodi



(c) Consumo energetico per 1000 nodi

Figura 4.8: Consumo energetico della rete per 100, 500 e 1000 nodi

Pagina 108**CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI**

e DEEC hanno il massimo consumo di energia rispetto al restante trame tocol. Il DEEC essendo un protocollo proattivo consuma più energia a causa di trasmissioni periodiche e aggiunta di nodi avanzati che si aggiungono all'energia totale conteggio dei consumi.

Il protocollo TEEN essendo reattivo consuma più energia tra tutti i protocolli reattivi a causa della selezione casuale di CH e si estingue più velocemente. HEER è anche un reattivo protocollo, tuttavia tiene conto dell'energia residua e iniziale dei nodi in CH processo di selezione. Pertanto, ha un consumo energetico migliore a causa del carico bilanciamento rispetto a TEEN e DEEC. Sebbene, regione stabile di HEER è più di TEEN e DEEC (figura 4.5), le fluttuazioni nei lotti di HEER è a causa della sua natura reattiva. Il protocollo può avere poche o molte trasmissioni in qualsiasi tempo particolare. La selezione CH è dinamica in HEER, quindi ha di più consumo energetico rispetto a MHEER e MHEER-SM. Nella selezione dinamica del canale processo a volte CH è lontano da BS e viene consumata più energia di trasmissione.

MHEER consuma meno energia e mostra una migliore durata della rete a causa dell'elettricità statica clustering e trasmissioni non distanti da CH a BS. Nel caso in cui CH è lontano da BS, trasmette i dati al CH più vicino invece di inviarli a BS.

L'introduzione della SM in HEER-SM produce un minor consumo di energia perché affonda potrebbe essere più vicino di CH o BS per ricevere i dati. Quindi, i nodi o CH non lo fanno trasmissioni a distanza. Tuttavia, la mobilità del lavandino in MHEER ha un impatto minimo su consumo energetico e durata della rete grazie all'architettura di clustering statica di MHEER è sufficiente per raggiungere tale durata con l'attuale modello di mobilità di Lavello.

4.4.2.7 Ritardo

La Figura 4.9 mostra il ritardo end-to-end della rete. Questo ritardo include il tempo richiesto da tutti i nodi vivi per trasmettere i dati a CH e da CH a BS.

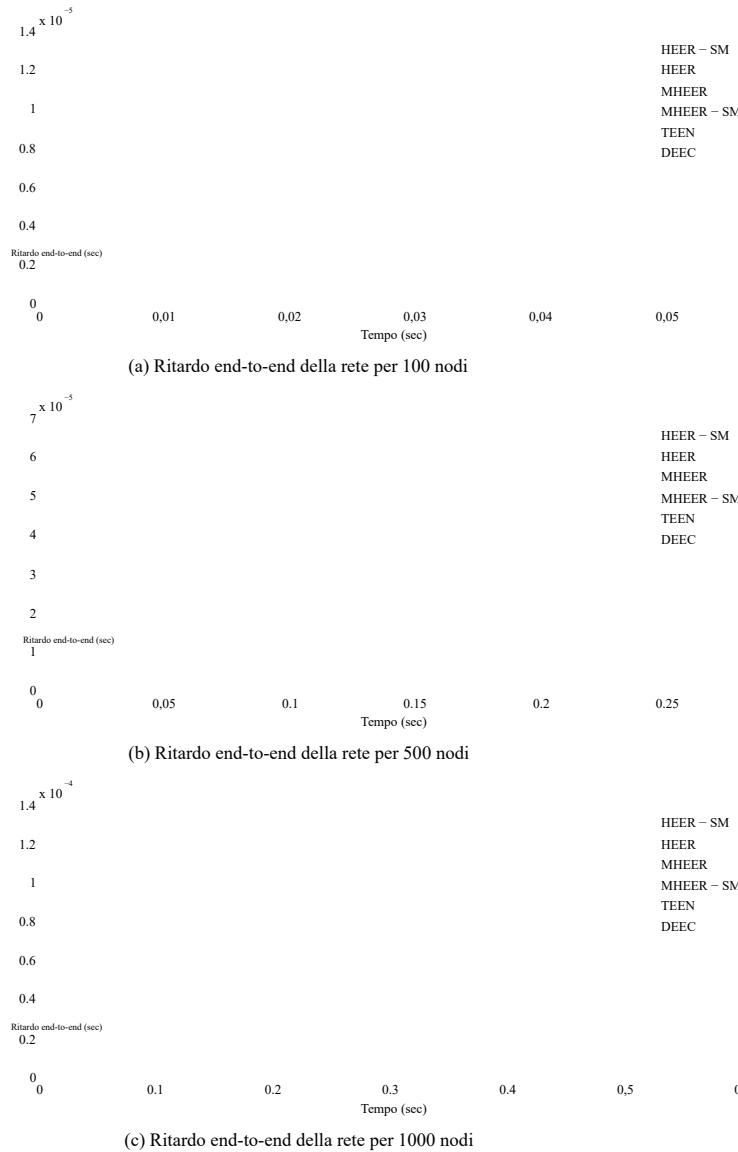
Pagina 109
**CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID
PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI**


Figura 4.9: Ritardo end-to-end della rete per 100, 500 e 1000 nodi

Pagina 110
**CAPITOLO 4. SINK MOBILITY AWARE MULTI-HOP SCALABLE HYBRID
PROTOCOLLI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI**

Dalla figura 4.9, si può vedere che la mobilità del lavandino migliora le prestazioni di ritardo.

MHEER-SM ha il 39,8% di ritardo in meno rispetto a MHEER ei risultati sono uniformi
migliore in HEER-SM con il 65% di ritardo in meno rispetto a HEER. Il miglioramento
la prestazione in ritardo è dovuta alla disponibilità del lavandino nelle immediate vicinanze dopo

intervalli frequenti. Nodi, invece di trasmettere dati a CH e poi CH prende altri pochi secondi per trasmettere i dati a BS, trasmettere direttamente a MS. MHEER sceglie il nodo di massima energia come CH che poi trasmette i dati a BS. CH può essere in qualsiasi posizione nella regione particolare e potrebbe non essere più vicino a tutto il cluster membri in quella regione. Tuttavia, in MHEER-SM le località di soggiorno di MS sono quasi al centro di ogni regione che lo rende fattibile per tutto il cluster membri e anche CH per trasmettere i dati con il minimo ritardo ed energia quando

La SM è lì.

La differenza di ritardo in HEER e DEEC è piccola all'inizio perché entrambi lo sono seguendo gli stessi criteri di selezione CH, tuttavia, aumenta in seguito a causa di differenza nella durata di entrambi i protocolli. HEER ha molti nodi attivi quando DEEC si spegne completamente (rif. figura 4.5).

Un'altra osservazione dalla figura 4.9 è che i protocolli di clustering statico come MHEER e MHEER-SM hanno un ritardo minore rispetto ai protocolli di clustering dinamico come TEEN, DEEC, HEER, HEER-SM. La posizione dei CH in caso di dinamica il clustering non è fisso. CH e i membri del cluster possono essere troppo vicini o troppo lontani BS e CH rispettivamente. Inoltre, il numero di CH non è fisso. Pertanto, li può essere inferiore al numero ottimale di CH in un particolare periodo di tempo che porta a regioni squilibrate. Nodi e CH, di conseguenza, fanno troppe trasmissioni distanti, quindi aggiungere più ritardo.

4.4.3 Metrica delle prestazioni - compromessi

Nel nostro schema di MHEER, il miglioramento del ritardo end-to-end è ottenuto a costo di frequenti trasmissioni dovute alla perdita di pacchetti mentre in MHEER-SM, il ritardo alla fine è ottenuto a scapito di un maggiore consumo di energia. L'end-to-end il ritardo della rete in MHEER e MHEER-SM è migliorato rispetto a HEER e HEER-SM. Il miglioramento delle prestazioni del ritardo è dovuto alla disponibilità di affondare nelle immediate vicinanze dopo frequenti intervalli. Invece di trasmettere dati a CH e quindi CH inoltra i dati alla stazione base dopo un certo ritardo, i nodi trasmettono dati direttamente agli Stati membri.

In MHEER-SM, le posizioni di soggiorno della stazione mobile sono quasi al centro di ogni regione che lo rende fattibile per tutti i membri del cluster e anche per i CH trasmettere i dati con il minimo ritardo quando MS è presente. Differenza di ritardo in HEER e DEEC è piccolo all'inizio perché entrambi seguono lo stesso CH criteri di selezione; tuttavia, aumenta in seguito a causa della differenza di durata

di entrambi i protocolli. In MHEER e MHEER-SM, il periodo di stabilità è migliorato a causa della stessa topologia di rete in entrambi gli schemi con l'eccezione che MHEER-SM ha la SM. Questo MS si sposta in ogni regione e raccoglie i dati da CH di ogni regione. In questo modo la distanza tra CH e sink si riduce, che si traduce in un consumo energetico efficiente. Il periodo di stabilità di MHEER è migliorato ma a costo di trasmissioni ridondanti a causa della perdita di pacchetti nel sink.

Tabella 4.4: compromessi delle prestazioni realizzati dai protocolli

Protocollo	Parametro raggiunto	Riferimenti	Parametro compromesso	Riferimenti
HEER	Il ritardo end-to-end migliora	Figura 4.9	Throughput	Figura 4.6
MHEER	Il ritardo end-to-end migliora	Figura 4.9	Trasmissioni frequenti dovute alla perdita di pacchetti	Figura 4.7
HEER-SM	Il ritardo end-to-end migliora	Figura 4.9	Consumo di energia	Figura 4.8
MHEER-SM	Il ritardo end-to-end migliora	Figura 4.9	Consumo energetico	Figura 4.8
HEER	Il periodo di stabilità si estende	Figura 4.5	Ritardo end-to-end	Figura 4.9
MHEER	Il periodo di stabilità si estende	Figura 4.5	Trasmissioni ridondanti dovute alla perdita di pacchetti	Figura 4.7
HEER-SM	Il periodo di stabilità si estende	Figura 4.5	Maggior consumo di energia	Figura 4.8
Il periodo di stabilità di MHEER-SM si estende		Figura 4.5	Velocità effettiva	Figura 4.6
HEER	La vita si estende	Figura 4.5	Ritardo end-to-end e consumo energetico	Figura 4.8, 4.9
MHEER	La vita si estende	Figura 4.5	Velocità effettiva	Figura 4.6
HEER-SM	La vita si estende	Figura 4.5	Ritardo end-to-end	Figura 4.9
La durata di MHEER-SM si estende		Figura 4.5	Velocità effettiva	Figura 4.6

Il periodo di stabilità di MHEER-SM [4.5](#) è migliorato ma a scapito della rete portata. MHEER ha cluster statici e ogni cluster ha un CH e fisso un numero di nodi. Questo aiuta a migliorare l'area di copertura e sono i buchi di copertura ridotto.

HEER-SM e MHEER-SM hanno prestazioni migliori di HEER e MHEER perché la mobilità aiuta a ridurre la distanza tra i CH e il lavandino. In questo modo, la durata della rete e la regione di stabilità sono ulteriormente migliorate. Fluttuazioni negli appesamenti di HEER sono dovuti alla sua natura reattiva. Il protocollo può avere pochi o molti trasmissioni in un determinato momento. La selezione CH è dinamica in HEER, quindi ha un consumo di energia maggiore rispetto a MHEER e MHEER-SM. Nel processo di selezione dinamica, CH può essere lontano da BS e più energia di trasmissione è consumato. MHEER consuma meno energia e mostra una migliore durata della rete a causa del clustering statico e delle trasmissioni non distanti da CH a BS. Nel caso CH è lontano da BS, trasmette i dati al CH più vicino invece di inviarli a BS.

In MHEER e MHEER-SM, la durata della rete è migliorata al costo del netto rendimento della rete. Il calo della durata della rete in MHEER e MHEER-SM è molto inferiore a quello di altri schemi. In HEER e HEER-SM, rete la durata è migliorata a scapito del ritardo end-to-end della rete e del consumo. HEER migliora la regione stabile per il processo di gerarchia di clustering per una rete reattiva in un ambiente omogeneo ed eterogeneo. I nodi rilevare il loro ambiente ripetutamente e se un parametro dagli attributi impostato raggiunge il suo valore HT, il nodo accende il suo trasmettitore e trasmette i dati. Nel caso di HEER, l'area non è suddivisa in sottoregioni. Ma le posizioni del lavandino per HEER sono anche gli stessi di MHEER. La differenza è che in MHEER, ogni regione è predefinita e ogni regione ha il proprio CH a cui trasmettere i dati il lavandino. Mentre è HEER, le regioni non sono definite e i cluster cambiano la loro forma e dimensione.

4.5 Conclusione del capitolo

Nella proposta di due protocolli di instradamento scalabili; HEER e MHEER, la selezione di CHs si basa sull'energia residua dei nodi. Fissare il numero di CH (solo in MHEER) sono selezionati in ogni ciclo di funzionamento del protocollo. A causa di HEER natura reattiva, riduce il numero di trasmissioni e si traduce in una migliore vita lavorativa e regione di stabilità rispetto a TEEN e DEEC. I risultati della simulazione mostrano che HEER-SM ha ca. 38%, MHEER ha ca. 40% e MHEER-SM ha ca. Periodo di stabilità migliore del 46% rispetto a HEER. Inoltre HEER-SM e MHEER-SM produce una migliore durata della rete e una regione di stabilità rispetto alla sua

tecniche di controparte.

Nel prossimo capitolo, consideriamo una rete eterogenea a quattro livelli. Dove prima noi

si consideri il clustering, i CH sono selezionati sulla base dell'energia residua e della media

energia della rete.

90

Pagina 115

Capitolo 5

Affondare la mobilità consapevole della rete ad alta efficienza energetica

protocollo integrato super eterogeneo per

WSN

Pagina 116

CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS

5.1 Riepilogo del capitolo

In questo capitolo, proponiamo il Super Integrato Rete ad alta efficienza energetica bilanciata Eterogeno (BEENISH), BEENISH migliorato (iBEENISH), Mobile BEENISH (MBEENISH) e protocolli Mobile BEENISH (iMBEENISH) migliorati per WSN erogenee. BEENISH considera quattro livelli di energia dei nodi e seleziona CH sulla base dei livelli di energia residua dei nodi e del livello medio di energia di il network. Mentre iBEENISH varia dinamicamente le probabilità di selezione dei CH in modo efficiente che porta a una maggiore durata della rete. Presentiamo anche un modello matematico di mobilità del lavandino e convalidare questo modello implementandolo in BEENISH (risultante in MBEENISH) e iBEENISH (risultante in iMBEENISH). Infine, i risultati della simulazione mostrano che BEENISH, MBEENISH, iBEENISH e iMBEENISH superano i protocolli contemporanei in termini di stabilità periodo di vita, durata della rete e velocità effettiva.

5.2 Modello WSN eterogeneo a quattro livelli

Un WSN può avere nodi con energie iniziali differenti. Questo tipo di rete lo è eterogeneo dove le energie iniziali dei nodi sono diverse. Nel nostro schema proposto, consideriamo quattro diversi livelli di energia dei nodi. Sulla base della loro energia noi definirli normali, avanzati, super e ultra super. Dove, nodi normali '
l'energia è E_0 , i nodi avanzati sono di frazione m dei nodi normali nella rete e la loro energia è una volta superiore a quella di quelle normali, cioè $E_0(1+a)$.
I super nodi hanno una maggiore energia rispetto ai nodi avanzati e lo sono di frazione m di nodi normali con energia b volte maggiore di rispetto a nodi normali; $E_0(1+b)$. Allo stesso modo, i super nodi ultra sono di frazione m dei normali nodi con u volte più energia dei nodi normali; $E_0(1+u)$. Numero totale di file

Pagina 117

CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK

i super nodi ultra presentati nella rete sono calcolati come segue:

$$\text{Numero totale}_{\text{ultra super}} = Nm_1 \quad (5.1)$$

dove, N è il numero totale di nodi nella rete. Super nodi nella rete sono calcolati come:

$$\text{Numero totale}_{\text{super}} = Nm_0 \quad (5.2)$$

I nodi avanzati nella rete sono calcolati da:

$$\text{Num totali}_{\text{avanzati}} = Nm \quad (5.3)$$

Invece, i nodi normali sono calcolati come segue:

$$\text{Numero totale}_{\text{normale}} = N (1 - m_1 - m_0 - m) \quad (5.4)$$

L'energia iniziale degli ultra super nodi viene calcolata come segue:

$$E_{\text{ultra super}} = T_{\text{totale}} E_0 (1 + u) = Nm_1 E_0 (1 + u) \quad (5.5)$$

L'energia iniziale dei super nodi viene calcolata come segue:

$$E_{\text{super}} = T_{\text{totale}} E_0 (1 + b) = Nm_0 E_0 (1 + b) \quad (5.6)$$

L'energia iniziale totale di tutti i nodi avanzati è calcolata da:

$$E_{\text{avanzato}} = T_{\text{totale}} E_0 (1 + a) = Nm E_0 (1 + a) \quad (5.7)$$

L'energia iniziale dei nodi normali viene calcolata come segue:

$$E_{\text{normale}} = T_{\text{totale}} E_0 = N (1 - m_1 - m_0 - m) E_0 \quad (5.8)$$

L'energia iniziale della rete eterogenea viene calcolata sommando le energie di nodi normali, avanzati, super e ultra supers. Viene fornita l'energia iniziale totale nell'equazione (9) e nell'equazione (10) come segue:

$$E_{\text{totale}} = E_{\text{ultra super}} + E_{\text{super}} + E_{\text{avanzato}} + E_{\text{normale}} \quad (5.9)$$

$$E_{\text{totale}} = Nm_1 E_0 (1 + u) + Nm_0 E_0 (1 + b) + NmE_0 (1 + a) + N (1 - m_1 - m_0 - m) E_0$$

(5.10)

Rispetto alla rete omogenea con energia iniziale E_0 nostra proposta

WSN eterogeneo contiene $Nm_1 (1 + u) + Nm_0 (1 + b) + Nm (1 + a) + N (1 - m_1 - m_0 - m)$ volte più energia. Entrambe le reti hanno lo stesso numero di nodi.

La Figura 5.1 presenta il modello di rete di BEENISH.

Quando la rete inizia a funzionare, i nodi consumano una quantità diversa di energia per trasmissione a seconda della distanza. Inoltre, rispetto ai nodi in il cluster, CH ha più carico di trasmissione, poiché riceve i dati dal membro nodi e lo invia a BS. In questo modo, i CH consumano più energia. Dopo qualche tempo, l'energia residua dei nodi presenti nella rete può variare. Concludiamo quello dopo un certo tempo (round) un sistema omogeneo diventa eterogeneo perché di differenza di energia residua dei nodi.

94

Pagina 119

CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS

Figura 5.1: Topologia di rete di BEENISH

5.3 Proposto BEENISH e iBEENISH proto-

cols

Questa sezione presenta la breve panoramica del nostro schema proposto BEENISH, quindi descriviamo iBEENISH. Il criterio di selezione dei CH in BEENISH considera il energia residua dei nodi e livello energetico medio della rete. Inoltre,

BEENISH considera una rete eterogenea con quattro diversi nodi di livello energetico (cioè normale, avanzato, super e ultra super).

L'epoca di rotazione è definita con n_i che rappresenta il numero di round per un nodo s_i in cui può diventare un CH, dove $i = 1, 2, \dots, N$. Consumo energetico di CH (nodo) è maggiore dei nodi membri in un cluster. Se p_{opt} rappresenta l'ottimo

probabilità per la selezione di CH in una rete omogenea, allora $p_{opt}N$ è il numero di CH per round è assicurato in media. n_i è definito come $n_i = \frac{1}{p_{opt}}$,

Pagina 120

CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS

in cui ogni nodo s_i almeno una volta diventa CH. Stiamo considerando diversi livelli di energia tra i nodi, quindi quando il funzionamento della rete inizia, segue LEACH criteri ed epoca n_i vengono mantenuti costanti per tutti i nodi. A causa della quale non c'è distribuzione uniforme dell'energia. Il nodo a bassa energia può essere selezionato come CH e scarichi la sua energia. Di conseguenza, meno nodi di energia muoiono prima dei nodi con maggiore energia.

Per ovviare a questa carenza, BEENISH ruota l'epoca sulla base dei nodi livelli di energia residua; $E_{io}(r)$. Di conseguenza, il consumo di energia è equilibrato perché inizialmente i nodi con alta energia hanno un'energia residua elevata e lo sono frequentemente selezionati come CH rispetto a quelli normali. Più specificamente, ultra super nodi hanno un'alta frequenza per diventare CH rispetto al resto dei tre livelli. Dopo che i super nodi vengono selezionati più frequentemente come CH rispetto ai restanti due livelli. Allo stesso modo, i nodi normali hanno meno frequenza di diventare CH rispetto ai nodi avanzati. In questo modo, la distribuzione del carico su ogni nodo è quasi uniforme.

Sia per l'epoca n_i , $p_i = \frac{1}{n_i}$ definisce la probabilità che un nodo diventi un CH. Nostro lo schema proposto sceglie la probabilità media p_i come p_{opt} che lo garantisce ci sono p_{opt} numero di CH in ogni round. Quindi, tutti i nodi muoiono approssimativamente lo stesso tempo. Se i livelli di energia dei nodi sono diversi, allora $p_i > p_{opt}$ per alto nodi di energia.

$\bar{E}(r)$ rappresenta l'energia media della rete durante il r -esimo round [79]. È calcolato come segue:

$$\bar{E}(r) = \frac{1}{N} E_{totale} \left(1 - \frac{r}{R}\right) \quad (5.11)$$

Dove, R mostra il numero totale di round dall'inizio della rete fino a tutto il nodi muoiono che è dato come:

$$R = \frac{E_{totale}}{E_{tondo}} \quad (5.12)$$

Pagina 121

CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS

dove, E_{round} è il consumo energetico della rete per round ed è calcolato come:

$$E_{\text{round}} = L (2NE_{\text{elec}} + NE_{\text{DA}} + k\epsilon_{\text{mp}} d_4 \frac{\epsilon_{\text{fs}}}{\epsilon_{\text{mp}}} \frac{M}{d_{\text{toBS}} + N\epsilon_{\text{fs}} d_2 \frac{\epsilon_{\text{mp}}}{d_{\text{toCH}}}}) \quad (5.13)$$

dove, il numero di cluster in ogni round è indicato con k , CH paga il costo in forma di aggregazione dati energia E_{DA} , è rappresentata la distanza tra CH e BS da d_{toBS} , mentre la distanza tra il nodo in un cluster e CH è d_{toCH} . Se N nodi vengono distribuiti in modo casuale in una regione M^2 , quindi

$$d_{\text{toCH}} = \sqrt{2\pi k}, d_{\text{toBS}} = 0,765 \frac{M}{2} \quad (5.14)$$

Di seguito è fornito il valore di k_{opt} (ovvero il numero ottimale di cluster nella rete).

Si calcola prendendo la derivata di E_{round} rispetto a k e impostandola

uguale a zero.

$$k_{\text{opt}} = \frac{\sqrt{N}}{\sqrt{2\pi} \frac{\epsilon_{\text{fs}}}{\epsilon_{\text{mp}}} \frac{M}{d_{\text{toCH}}^2}} \quad (5.15)$$

Il valore della probabilità di soglia viene calcolato allo stesso modo degli autori fatto in [13, 79]. In base a questo valore, un nodo s_i decide se diventare un CH o non. La probabilità di soglia è indicata di seguito:

$$T(s_{\text{io}}) = \begin{cases} \frac{p_i}{1 - p_i \pmod{\frac{p_i}{p_i}}} & \text{se } s_i \in G \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases} \quad (5.16)$$

dove G è l'insieme di nodi che possono essere selezionati come CH. Imposta G rappresenta i nodi che non diventano CH. Questi nodi scelgono un numero casuale tra 0 e 1. Quindi confrontano il numero scelto con la soglia $T(s_i)$, se numero è inferiore al valore di soglia, quindi il nodo s_i diventa CH per quel particolare giro.

Pagina 122

CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS

Come abbiamo descritto in precedenza, dopo alcuni round, la rete omogenea diventa eterogeneo con più livelli di energia. In BEENISH, inizialmente introduciamo rete eterogenea a quattro livelli e quattro tipi di nodi con differenti iniziali energie (normali, avanzati, super e ultra super nodi). Probabilità di selezione CH di normale, avanzato, super e ultra super è riportato di seguito:

$$\begin{aligned} & \frac{p_{\text{opt}}(1+a)}{(1+m(a+m(-a+b+m(-b+u))))^{-E(r)}} \quad \text{per nodi normali} \\ & \frac{p_{\text{opt}}(1+a)E(r)}{(1+m(a+m(-a+b+m(-b+u))))^{-E(r)}} \quad \text{per i nodi avanzati} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p_{i\text{BEENISH}}^{\text{opt}} &= \frac{p_{\text{opt}}(1+b)E_i(r)}{(1+m(a+m(-a+b+m(-b+u))))^{-E_i(r)}} && \text{per Super nodi} \\
 &= \frac{p_{\text{opt}}(1+a)E_i(r)}{(1+m(a+m(-a+b+m(-b+u))))^{-E_i(r)}} && \text{per i super nodi Ultra}
 \end{aligned} \tag{5.17}$$

L'espressione sopra mostra che i nodi con un'elevata energia residua hanno un'alta probabilità di diventare CH. Questa strategia è efficiente dal punto di vista energetico e distribuisce il carico tra i nodi in modo equilibrato. Di conseguenza aumenta il periodo di stabilità della rete.

Poiché è possibile che in alcune fasi della vita della rete tre tipi di nodi energetici maggiori (ultra super, super e advanced) hanno la stessa energia come quella dei nodi normali. In questo caso, i super nodi ultra hanno un'alta frequenza essere selezionati come CH e sono penalizzati più dei nodi super e avanzati. Allo stesso modo rispetto ai nodi avanzati i super nodi sono più penalizzati. Per evitare questo approccio convenzionale per selezionare CH, nello schema proposto, probabilità di nodo per diventare CH varia al variare dell'energia residua. Implementazione strategia sopra citata di penalizzare frequentemente i nodi con residuo maggiore energie equilibra il consumo di energia con conseguente comportamento regolare del proposto schemi.

A questo proposito, il nostro protocollo iBEENISH proposto apporta alcune modifiche al problema abilità definite nel protocollo BEENISH. La differenza si basa sull'assoluto energia residua T_{assoluto} , che varia la probabilità in base alla variazione del

98

Pagina 123

CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS

energia residua. Se i nodi ultra super, super e avanzati drenano le loro energie e la loro energia residua diventa uguale allo stesso livello di energia di quella normale nodi. Quindi la probabilità di diventare un CH varia e tutti e quattro i tipi di nodi avrà la stessa probabilità. Le probabilità di selezione dei nodi di diventare CH in iBEENISH sono riportati nell'equazione 5.18:

$$\begin{aligned}
 p_{i\text{BEENISH}}^{\text{opt}} &= \frac{p_{\text{opt}}(1+b)E_i(r)}{(1+m(a+m(-a+b+m(-b+u))))^{-E_i(r)}} && \text{per i nodi Nrm se } E_i(r) > T_{\text{assoluto}} \\
 &= \frac{p_{\text{opt}}(1+a)E_i(r)}{(1+m(a+m(-a+b+m(-b+u))))^{-E_i(r)}} && \text{per i nodi Adv se } E_i(r) > T_{\text{assoluto}} \\
 &= \frac{p_{\text{opt}}(1+b)E_i(r)}{(1+m(a+m(-a+b+m(-b+u))))^{-E_i(r)}} && \text{per i nodi Sup se } E_i(r) > T_{\text{assoluto}} \\
 &= \frac{p_{\text{opt}}(1+a)E_i(r)}{(1+m(a+m(-a+b+m(-b+u))))^{-E_i(r)}} && \text{per i nodi Ult se } E_i(r) > T_{\text{assoluto}} \\
 &= c \times \frac{p_{\text{opt}}(1+u)E_i(r)}{(1+m(a+m(-a+b+m(-b+u))))^{-E_i(r)}} && \text{per i nodi Nrm, Adv, Sup Ult se } E_i(r) \leq T_{\text{assoluto}}
 \end{aligned} \tag{5.18}$$

Il livello di energia residua assoluta è indicato da T_{assoluto} e il suo valore è indicato equazione 5.19:

$$T_{\text{assoluto}} = zE_0 \tag{5.19}$$

dove il valore di z è compreso nell'intervallo $[0, 1]$. Se $z = 0$ e $T_{\text{assoluto}} = 0$, allora il
lo schema che lavora dietro è BEENISH. Eseguiamo la simulazione molte volte variando
il valore di z . Per il valore di $z = 0,71$ sta mostrando i migliori risultati in termini di rete
tutta la vita. L'obiettivo principale è ottenere un periodo di stabilità più lungo. È osservato
che non è necessario che tutti i nodi con un livello di energia più alto diventino CH. C'è
sempre un numero ottimale di CH nella rete. Alcune volte, è anche probabile
che i nodi normali diventano CH. Nella figura 5.2 si ottengono i migliori risultati per i primi morti

99

Pagina 124
**CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS**

nodo utilizzando i parametri riportati nella tabella 5.1.

$$T_{\text{assoluta}} = 0,71 \times E_0 \quad (5.20)$$

Tabella 5.1: Parametri di simulazione

Parametro	Valore
Campo di rete	$100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$
Numero di nodi	100
E_0	0,5J
Dimensione del messaggio	1000 bit
E_{elec}	50nJ / bit
E_{fs}	10nJ / bit / m ²
E_{amp}	0,0013 pJ / bit / m ⁴
E_{DA}	5nJ / bit / segnale
d_0 (soglia distanze)	70m
p_{opt}	0.1

Attraverso il valore c il numero di CH viene ottimizzato ed è un numero intero positivo. Per
sia valori più piccoli che più grandi di c , il nostro schema funziona in "comunicazione diretta"
maniera. I nodi lontani dalla BS consumano più energia a lunga distanza
trasmissioni. Per evitare comunicazioni a lunga distanza troviamo l'ottimale
valore di c che fornisce i migliori risultati in termini di morte del primo nodo.
A questo scopo eseguiamo simulazioni molte volte variando il valore di c tra
range $[0, 1]$ e scopri che in $c = 0,02$ la rete mostra risultati migliori in termini di
morte del primo nodo a. La figura 5.2 mostra come c influisce sul round in cui first
il nodo muore.

5.4 Mobilità del lavandino

L'efficienza energetica è l'obiettivo principale in qualsiasi WSN in modo che la vita della rete
e il periodo di stabilità può essere massimizzato. Ora un giorno, la mobilità del lavandino è efficace

100

Pagina 125

CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS

Figura 5.2: Rotonda di variazione di c e z fino alla morte del primo nodo

modo per massimizzare la durata della rete e il periodo di stabilità della rete. Quindi noi introduire la mobilità del lavandino nei protocolli BEENISH e iBEENISH e quindi esaminare i loro effetti. Diamo maggiore enfasi al periodo di stabilità della rete perché un periodo di maggiore stabilità fornisce dati migliori e affidabili.

La mobilità del lavandino è divisa in due classi: mobilità non controllata e controllata [28]. Nella prima tecnica, il lavandino è in grado di muoversi liberamente / in modo casuale nel rete, mentre nella seconda tecnica il sink può seguire solo predefiniti percorso per tutta la durata della rete. Inoltre, la mobilità controllata è di due tipi. Il primo è non adattivo e non flessibile, che sceglie il soggiorno fisso posizioni del sink per l'intera durata della rete, mentre la seconda tecnica è adattabile, robusto e flessibile perché sceglie le località di soggiorno per la SM in ogni round per massimizzare la durata della rete. Implementiamo questo adattivo tecnica.

Quando il sink è statico, la probabilità di ottenere buchi di copertura nella rete aumenta. Dopo qualche tempo, quando la rete è operativa, l'energia di pochi nodi nella rete potrebbe diventare basso, il che può portare al problema del buco di copertura.

I buchi di copertura vengono evitati in WSN perché vengono lasciate quelle regioni in cui il nodo muore incustodito e poi è diventato difficile essere monitorato. Affonda la mobilità in modo efficace minimizza la generazione di buchi di copertura e riequilibra il consumo energetico tra i sensori. Questo è il motivo per cui implementiamo la mobilità del lavandino in BEENISH e

101

Pagina 126

CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS

Tabella 5.2: Differenza tra BEENISH, iBEENISH, MBEENISH e iMBEENISH

Nome dello schema	Probabilità di selezione CH	Tipo di lavello
BEENISH	Dipende dall'energia iniziale di un nodo	Lavello statico
iBEENISH	Dipende dall'energia residua di un nodo	Lavello statico
MBEENISH	Dipende dall'energia iniziale di un nodo	Lavello mobile
iMBEENISH	Dipende dall'energia residua di un nodo Mobile sink + CH	

iBEENISH e migliora il periodo di stabilità di entrambi. Lavello mobilità ver-

Le sioni di BEENISH e iBEENISH sono rispettivamente MBEENISH e iMBEENISH.

5.4.1 Modello di sistema

Nel nostro modello di sistema, la rete segue i seguenti presupposti:

1. Il WSN considerato è proattivo. Tutti i nodi nella rete generano lo stesso quantità di dati per unità di tempo.
2. Ogni unità di dati ha la stessa lunghezza.
3. Tutti i nodi hanno lo stesso raggio di trasmissione.
4. Ogni nodo ha un ID predefinito univoco.
5. Il funzionamento del protocollo prevede cicli che corrispondono a intervalli di tempo uguali.
6. All'inizio di ogni round, vengono calcolate le nuove posizioni dei sink rimangono fissi durante quel round.
7. I lavandini non hanno vincoli energetici e possono spostarsi da una posizione del lavandino a un altro.
8. Il lavandino si sposta in una posizione al di fuori della rete per ricaricare il carburante o l'elettricità.

5.4.2 Questioni da affrontare nella mobilità del lavandino

Uno Stato membro è solitamente guidato da carburante e / o elettricità, ecco perché, il viaggio totale la distanza coperta dal sink per tutta la durata della rete dovrebbe essere limitata.

Quando uno Stato membro si sposta da una posizione del pozzo a un'altra, la probabilità di perdita di dati è

102

Pagina 127

CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS

alto, quindi, la distanza tra due posizioni del lavandino dovrebbe essere al minimo. Adattivo La mobilità del sink richiede che il sink debba ricostruire la tabella di routing o il routing albero in ogni nuova posizione, che richiede un tempo specifico. Quindi, uno SM dovrebbe risiedere per una quantità minima di tempo in ciascuna posizione del lavandino. La trasmissione dei dati da nodi / CH a un sink si verifica solo quando il sink non è in movimento, ovvero, il sink si trova in qualsiasi posizione del lavandino. Pertanto, la somma dei tempi di arresto in un tour MS dovrebbe essere massimizzato. Ci dovrebbe essere il numero massimo di posizioni di fermata per uno Stato membro in modo che il rendimento è massimizzato.

Un altro aspetto importante su cui elaboriamo qui è l'uso della mobilità del lavandino in un ambiente cluster. La maggior parte dei lavori di ricerca recenti implementano il sink mobilità in topologie senza cluster. La ragione di ciò è la non compatibilità tra clustering e mobilità del lavandino. Se applichiamo la stessa mobilità del lavandino in un file ambiente cluster e un ambiente senza cluster che accetta tutti gli altri parametri costante, il confronto mostra che la durata della rete e il periodo di stabilità di il protocollo senza cluster è molto meglio del protocollo in cluster. Affrontiamo questo emettere in modo efficiente e implementare la mobilità del lavandino nel nostro cluster eterogeneo protocollo MBEENISH e iMBEENISH che si traduce in una maggiore durata della rete

5.4.3 Modello MS

In questa sottosezione, proponiamo un modello matematico del modello MS di mobilità del lavandino (MSM) in cui prendiamo un singolo sink che può spostarsi in determinate posizioni di sink in ogni round. Le posizioni dei lavandini sono determinate all'inizio di ogni round nel nostro modello proposto, al fine di aumentare la durata della rete. Pertanto, questo modello è un modello di mobilità del lavandino adattivo.

I nostri protocolli proposti; MBEENISH e iMBENISH, selezionare CHs in base di probabilità e nodi ad alta energia hanno una maggiore probabilità di diventare CH.

103

Pagina 128
**CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS**

Quindi, il meccanismo di mobilità del lavandino in MSM include la selezione delle posizioni dei lavandini in ogni round più fattibile per la massimizzazione della durata della rete.

All'inizio di ogni round, vengono confrontate le energie di tutti i CH e dei CH con energie minime, sono selezionati. Dopodiché, le posizioni di questi minimi I CH energetici sono scelti per essere le posizioni del lavandino per quel particolare round. Nel nostro protocolli proposti, il sink sta effettivamente facilitando la trasmissione per quei CH che sono rimasti con meno energia rispetto ad altri CH esistenti. Quando il lavandino è in un lavandino posizione $k \in \gamma_0$, raccoglie i dati da quell'energia minima CH. Se un nodo ha l'estensione posizione del sink nel suo raggio di comunicazione, quindi invia i dati al sink quando raggiunge quella posizione, altrimenti invia i dati al CH più vicino. Il nodo attende per il lavandino sull'arresto del lavandino più vicino, in caso di più di una posizione del lavandino nel suo raggio di comunicazione. Lo stesso accade con i CH in ogni round, in ogni CH controlla le posizioni del sink e trova la posizione più vicina ad essa, quindi invia il suo dati aggregati quando il sink raggiunge la posizione più vicina.

Il WSN è modellato mediante grafo orientato $\{G = \gamma \cup \gamma_0, \mathcal{E} \cup \mathcal{E}_0\}$, dove $|\gamma| = N$ e γ_0 è l'insieme delle posizioni dei pozzi. L'insieme di nodi è rappresentato da $N, \mathcal{E} = \{\gamma \cup \gamma_0\}$, è l'insieme di bordi / collegamenti tra i nodi e \mathcal{E}_0 è l'insieme di bordi / collegamenti tra nodi del sensore e posizioni dei pozzi. Set di collegamenti wireless tra posizioni sink e i nodi sono dati da $\mathcal{E}_0 = \{\gamma \cup \gamma_0\}$. σ_i è la velocità di generazione dei dati ed è lo stesso per tutti i nodi del sensore. ℓ_{ij} è il collegamento wireless tra i nodi sensore i e j e $\ell_{ij} = 1$, se i e j sono all'interno del raggio di comunicazione l'uno dell'altro τ ; altrimenti $\ell_{ij} = 0$, dove $\forall i, j \in N$. Il collegamento wireless tra un nodo sensore e un CH è mostrato da ℓ_{ic} , dove c può essere qualsiasi CH. Il collegamento tra un nodo sensore e una posizione sink è dato da ℓ_{ik} .

Consideriamo la distanza delimitata per la SM perché è guidata dalla benzina o dall'elettricità. Viene ricaricato o rifornito di carburante dopo aver coperto una certa distanza. Inoltre, il punto di inizio e di fine dello Stato membro è considerato lo stesso e quella posizione

Pagina 129
**CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS**

è indicato con " ρ ". In questo caso, questa posizione è al di fuori della rete perché MS ottiene ricaricato / rifornito di carburante lì. Viene fornito il tempo di arresto del sink in ciascuna posizione del sink come χ_k^r . Questo è il tempo in cui il MS raccoglie i dati dai nodi / CH quando lo è nella posizione del pozzo $k \in \gamma_0$, durante il round r . Si presume che la velocità della SM sia infinito in quanto la velocità tra due fermate è considerata trascurabile rispetto alla sua rimani sulla posizione del lavandino. δ_{ij} è la quantità di dati dal nodo i al nodo j , δ_{ik} rappresenta la quantità di dati dal nodo i a CH \square e δ_{ik} mostra la quantità di dati dal nodo i affondare la posizione k . L'energia dissipata nella trasmissione dei dati dell'unità dal nodo i al nodo j è dato come e_{ij} . Considerando che l'energia consumata per trasmetterne uno unità di dati dal nodo i al CH c . Ed e_{ik} è l'energia consumata per la trasmissione un'unità di dati dal nodo i a una posizione sink k . L'energia iniziale per il normale nodi è dato da:

$$E_{io} = E_0 \quad (5.21)$$

L'energia iniziale dei nodi avanzati è mostrata da:

$$E_i = E_0 (1 + a) \quad (5.22)$$

I super nodi hanno energia iniziale data da:

$$E_{io} = E_0 (1 + b) \quad (5.23)$$

I super nodi ultra hanno energia iniziale:

$$E_{io} = E_0 (1 + u) \quad (5.24)$$

$$\text{Massimizza } (X = \sum_r \sum_k \chi_k^r) \quad (5.25a)$$

Pagina 130
**CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS**

$$\text{soggetto a: } \lambda_{ck} \in 0, 1, \forall c, k \quad (5.25b)$$

$$\sum_k \lambda_{ck} = \begin{cases} 1 & \text{se } \delta_{ik} = 0, \\ 0 & \text{Altrimenti} \end{cases} \quad (5.25c)$$

$$\sum_r (\delta_{ij}^r + e_T \sum_{ic} \delta_{ic}^r + e_T \sum_{ik} \delta_{ik}^r + e_R \sum_{jr} \delta_{jr}^r) \leq E_i, \forall i \quad (5.25d)$$

$$\sum_c \Lambda_{cp} = 1, \text{ per ogni } r \quad (5.25e)$$

$$\sum_c \Lambda_{pc} = 1, \text{ per ogni } r \quad (5.25f)$$

$$\chi_k > 0, \delta_{ij} \geq 0, \forall k, i, j \quad (5.25g)$$

$$\forall i, j \in \gamma, \forall c \in \gamma, \forall k \in \gamma_0 \quad (5.25 \text{ ore})$$

Questo modello è un modello di programmazione lineare mista intera. Spieghiamo ogni equazione sotto:

- Energia iniziale: poiché i protocolli MBEEENISH e iMBEEENISH sono eterogenei neous, quindi questi protocolli utilizzano quattro livelli di energia. Quindi, l'iniziale l'energia dei nodi normali è data dall'equazione [5.21](#) che è E_0 . Allo stesso modo, il l'energia iniziale dei nodi avanzati è data dall'equazione [5.22](#). Equazione [5.23](#) rappresenta l'energia dei super nodi all'inizio della rete. Equazione [5.24](#) descrive l'energia iniziale degli ultra super nodi che è 'u' volte maggiore rispetto all'energia iniziale dei nodi normali.
- Funzione obiettivo: l'obiettivo di MSM è massimizzare la rete durata che è mostrata dall'equazione [5.25a](#). Questo obiettivo viene raggiunto da massimizzando la somma di tutti i tempi di arresto del sink in tutta la rete tutta la vita. Il motivo alla base di ciò è semplice, ovvero il sink raccoglie i dati da nodi o CH ogni volta che non è in movimento (il sink si trova in qualsiasi posizione del sink k).
- Vincoli di flusso: nel vincolo [5.25c](#), λ_{ck} è una funzione indicatore che

106

Pagina 131

CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS

mostra che la posizione del pozzo k è co-situata con la posizione di un CH c. λ_{ck} è 1 solo quando la quantità di dati dal nodo i al CH c è 0 che viene scritto in [5.25b](#) come $\delta_{ic} = 0$. L'equazione [5.25b](#) mostra che la quantità di dati ricevuti da un CH c è zero quando la posizione sink k è co-situata con quella CH. Perché tutti i nodi presenti in quel cluster inviano i loro dati a k ogni volta che il sink arriva lì.

- Vincolo energetico [5.25d](#): Questo vincolo mostra che l'energia totale speso dal nodo i per tutta la durata della rete dovrebbe essere inferiore al suo energia iniziale. Il nodo i spende la sua energia durante la trasmissione dei dati ad altri nodi, a un CH o a un sink nella rispettiva posizione. Inoltre, il file node consuma la sua energia nel ricevere dati da altri nodi ogni volta che agisce come a CH. Questo vincolo è valido per tutti i nodi $i \in \gamma$. Nel nostro protocollo, i nodi lo fanno non utilizzare trasmissioni multi-hop, quindi un nodo invia solo dati a un CH o allo Stato membro. Quindi, $\delta_{ij} \neq \delta_{ji}$ sarà zero nei nostri schemi proposti.
- Movimento di affondamento: i vincoli [5.25e](#) e [5.25f](#) elaborano l'avvio [dell'affondamento](#) da p e passa attraverso diverse posizioni di sink nella rete, quindi

- ritorna a ρ per la ricarica. Λ_{cp} è una funzione indicatore che mostra che il lavandino vada in una posizione esterna dopo ogni round. $\Lambda_{cp} \in \{0,1\}$, dove $\Lambda_{cp} = 1$ solo quando il sink si sposta da CH 'c' a ρ .
- Vincolo: il vincolo [5.25g](#) mostra che i tempi di arresto del sink dovrebbero essere maggiore di zero perché il sink deve raccogliere i dati quando viene arrestato.
- E il vincolo [5.25h](#) rappresenta gli insiemi corrispondenti di variabili diverse.

5.4.4 Modello di ritrasmissione dei pacchetti

La comunicazione wireless deve affrontare molti problemi come interferenze, attenuazione, rumore, ecc. Le onde radio nello spazio libero viaggiano su un unico percorso radio ben definito, tuttavia, nel mezzo aereo si disperdonano. Questa dispersione si verifica a causa di

107

Pagina 132

CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS

il riflesso degli ostacoli presenti in prossimità delle antenne mobili. Riflessione delle onde provoca l'attenuazione o la caduta dei pacchetti. Di conseguenza l'utente riceve un segnale che varia rapidamente. Pertanto, in scenari reali, c'è sempre una probabilità di perdita di pacchetti in wireless trasmissioni. Quindi, ogni volta che un pacchetto viene rilasciato su un collegamento ℓ_{ij} , il nodo i ritrasmette quel pacchetto e attende di nuovo il riconoscimento. Quindi, significa il numero di i pacchetti ignorati è direttamente proporzionale al numero di ritrasmissioni dei pacchetti. Presentiamo un modello matematico con l'obiettivo di ridurre al minimo il numero di ritrasmissioni. La funzione obiettivo e i suoi vincoli sono riportati di seguito:

$$\text{Riduci a icona } (\Psi = \sum_r F^r) \quad (5.26a)$$

Soggetto a:

$$d_{ic} \leq d_{max}, \forall i, c \in \gamma \quad (5.26b)$$

$$d_{ik} \leq d_{max}, \forall i \in \gamma; \forall k \in \gamma \quad (5.26c)$$

Questo modello matematico ha lo scopo di ridurre al minimo il numero di pacchetti ritrasmessi in rete. Ogni equazione di questo modello di programmazione lineare è spiegato di seguito:

- Funzione obiettivo: la funzione obiettivo nell'equazione [5.26a](#) mira a minimizzare il numero totale di ritrasmissioni di pacchetti attraverso la rete tutta la vita; Ψ . Questo obiettivo viene raggiunto riducendo al minimo il numero di trasformazioni missioni in ogni round. F_r è il numero di ritrasmissioni in un particolare round r . Come risultato della caduta di questi pacchetti, il numero di pacchetti riusciti completamente ricevuto dalla BS sarà inferiore al numero di pacchetti trasmessi.
- Vincoli di distanza: questi vincoli mostrano la distanza del limite tra un mittente e un destinatario. Il motivo dietro questo limite di distanza è quello la comunicazione wireless a lunga distanza ha la maggiore probabilità di

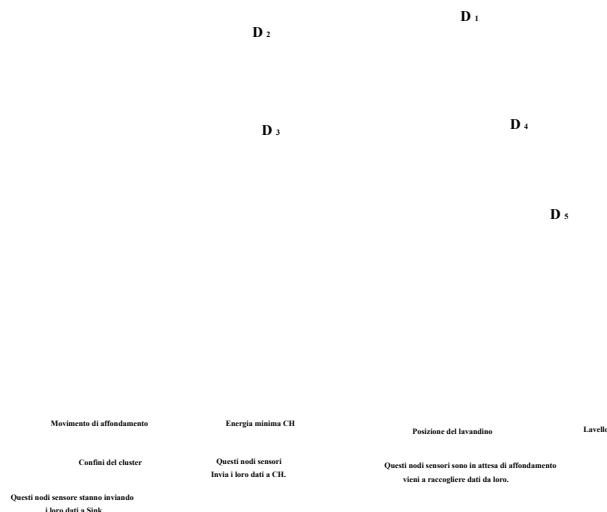


Figura 5.3: Meccanismo di mobilità del lavandino

il numero di ritrasmissioni, definiamo la distanza massima tra a mittente e un destinatario da d_{max} . Nel vincolo [5.26b](#), d_{ic} mostra la distanza tra un nodo "i" e un CH "c" dovrebbe essere inferiore a questa distanza massima. E il vincolo [5.26c](#) mostra che la distanza tra un nodo "i" e la posizione del sink 'k' di MS dovrebbe essere minore o uguale a d_{max} , altrimenti il la probabilità di caduta dei pacchetti è maggiore.

5.4.5 Meccanismo di mobilità del lavandino in MBEENISH e iMBEENISH

Questa sottosezione chiarisce il meccanismo di mobilità del lavandino che viene utilizzato nel nostro schema proposto. La Figura [5.3](#) mostra il meccanismo di mobilità del lavandino di MBEENISH e iMBEENISH in un round. In ogni fase, lo Stato membro deve iniziare il suo viaggio da ρ , e passo dopo passo soggiorno a energia minima CHs nella rete e poi il

Figura 5.4: Modulo 1: ricerca di nodi normali, avanzati, super e ultra super

Figura 5.5: Modulo 2: formazione di cluster e selezione di CH

110

Pagina 135

CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS

Figura 5.6: Modulo 3: Trasmissione in base alla distanza minima

MS deve tornare a ρ . Questo movimento del lavandino da ρ a un CH all'interno

l'area della rete e da CH a ρ è rappresentata nell'equazione [5.25e](#) e nell'equazione [5.25f](#) del MSM, rispettivamente. Questo è il tour della SM in un unico round. Il MS controlla la posizione del pozzo distante minimo dalla sua posizione corrente e poi va in quella posizione del lavandino che si trova a una distanza più breve. MS rimane su energia minima CH per la raccolta dei dati e minimizza il suo carico. Essere parte di stessa rete, se un CH muore, il sistema può diventare instabile. Nodi in colore blu rappresenta il cluster in cui l'energia di CH è minima, inviano i loro dati direttamente dagli Stati membri invece di inviarlo al proprio CH per risparmiare energia come illustrato nell'equazione [5.25b](#) del MSM. I nodi di colore arancione stanno rilevando i parametri ma non inviano i dati a nessuno perché il lavandino deve passare il loro grappolo. Quindi, questi nodi continuano ad accodare i dati nei loro buffer fino al MS raggiunge il loro cluster. Nella figura [5.3](#), i nodi nel colore verde rilevano i parametri

111

Pagina 136
**CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS**

ma non inviano i dati direttamente allo Stato membro per l'efficienza energetica. Il CH dopo aver ricevuto i dati da questi nodi, aggrega e invia al più breve distante posizione del lavandino.

Per elaborare il funzionamento di iMBEENISH, presentiamo l'intero schema in tre moduli. Primo modulo in figura [5.4](#), trova normale, avanzato, super e ultra super nodi. Nel secondo modulo, mostrato in figura [5.5](#) si formano i cluster. I CH la tecnica di selezione nel nostro protocollo è totalmente basata sulle probabilità che sono assegnati a ciascun nodo sulla base delle loro energie residue. Dopo il raggruppamento, avviene l'associazione dei nodi con i CH e si formano i cluster. In terza modulo, figura [5.6](#), rappresenta la trasmissione dei dati da nodi e CH, dove ogni nodo verifica se trasmettere i propri dati al CH corrispondente o direttamente allo Stato membro. Successivamente, i CH aggregano e inviano i dati allo Stato membro, quando lo Stato membro arriva alla posizione più vicina possibile. In questa procedura, la mobilità del lavandino consente i nodi e i CH per trasmettere i propri dati con il minimo consumo di energia.

5.5 Risultati della simulazione

In questa sezione, valutiamo le prestazioni di BEENISH, iBEENISH, MBEENISH e i protocolli iMBEENISH.

5.5.1 Metriche delle prestazioni - definizioni

I parametri di prestazione utilizzati per la valutazione di questi protocolli sono la stabilità periodo, durata della rete e pacchetti inviati alla BS e pacchetti ricevuti al BS (definizioni fornite nel capitolo 3, sezione [3.5.1](#)). Mentre il periodo di stabilità è il durata dall'inizio della rete fino alla morte del primo nodo, mentre,

il periodo di instabilità è il periodo che va dalla morte del primo nodo fino alla morte dell'ultimo nodo.

Pagina 137
**CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS**
5.5.2 Metriche delle prestazioni - discussioni

Consideriamo un WSN in cui vengono distribuiti in modo casuale 100 nodi nei $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ campo di rete. Non stiamo considerando la perdita di energia a causa di collisioni di segnali e interferenza tra segnali di nodi diversi che sono dovute a dinamiche casuali condizioni del canale. La tabella 1. rappresenta i parametri radio che abbiamo utilizzato nel file simulazioni di schemi proposti. Confrontiamo gli schemi proposti (varianti di BEENISH) con DEEC, DDEEC e EDEEC.

Per le simulazioni, consideriamo una rete che contiene 40 nodi normali con E_0 energia iniziale, mentre 30 nodi avanzati ($m = 0.6$ frazione dei nodi normali) con 2 volte più energia ($a = 2.0$) rispetto ai normali nodi. I 21 super nodi ($m_0 = 0.5$ frazione dei nodi normali) contenente $b = 2.5$ volte più energia di nodi normali. Infine, 9 ultra super nodi ($m_1 = 0.3$ frazione dei nodi normali) contenente $u = 3$ volte più energia dei normali nodi. Tutti i nodi rimangono in vita finché la loro energia non viene consumata. La Figura 5.7 mostra i nodi vivi contro il numero ber di round. Primo nodo di DEEC, DDEEC, EDEEC, BEENISH, iBEENISH, MBEENISH e iMBEENISH muoiono nel 1287, 1523, 1595, 1754, 2046, 2237 e 2421 colpi, rispettivamente, e tutti i nodi muoiono a 6520, 5144, 8046, 8109, 8521, 8630 e 9102 round, rispettivamente. La Figura 5.7 mostra che i nodi vivi in BEENISH e iBEENISH muoiono gradualmente, il che significa che questi due protocolli sono più efficaci protocolli efficaci rispetto a DEEC, EDEEC e DDEEC. I nodi muoiono nel seguente sequenza: normale, avanzata, super e ultra super. Quando a , b , u , m , m_0 e m_1 sono cambiati; la durata della rete risultante, il periodo di stabilità e il comportamento di cambia anche la rete. BEENISH e iBEENISH si comportano molto meglio rispetto agli altri protocolli perché la soglia che abbiamo fissato per la probabilità di nodi estendere la durata della rete e il periodo di stabilità come mostrato nella figura 5.7. Da questa

Pagina 138
**CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS**

cifra, il periodo stabile di MBEENISH è il 92% del periodo stabile di iMBEENISH. Allo stesso modo, il periodo stabile di iBEENISH è l'85% di quello di iMBEENISH. Allo stesso modo, BEENISH è il 74% di iMBEENISH in termini di periodo di stabilità.

DEEC, DDEEC e EDEEC sono il 54%, 63% e 66% del protocollo iMBEENISH in termini del periodo di stabilità. La Figura 5.7 (b, c) mostra che con la variazione di dimensioni della rete da $100m \times 100m$ a $250m \times 250m$ e $500m \times 500m$, con un numero variabile di nodi da 100 a 250 e 500 rispettivamente, la rete diventa scarsa e i nodi consumano più energia durante la creazione della rete e trasmissioni.

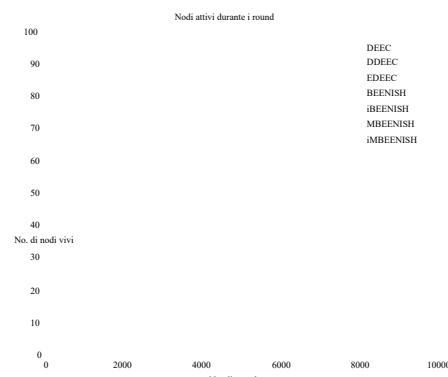
La mobilità del sink prolunga la durata della rete e il periodo di stabilità in misura maggiore come mostrato in figura 5.7. Il lavandino si sposta da un luogo all'altro e soggiorna per un certo tempo facendo delle regioni virtuali di soggiorno. Lo Stato membro raccoglie i dati dai CH e nodi che si trovano nella sua attuale regione di soggiorno virtuale, quindi si sposta in una posizione successiva e raccoglie i dati dai nodi e dai CH di quella regione di soggiorno.

Il periodo di stabilità di iMBEENISH è di circa 2350 round maggiore di iBEENISH e il periodo di stabilità di MBEENISH è di quasi 2000 giri in più come rispetto a BEENISH. Se non applichiamo il clustering nella rete, allora questi i protocolli miglioreranno efficacemente. Questo perché la mobilità del lavandino insieme a il clustering è un compito difficile da gestire. MBEENISH e iMBEENISH sono di più efficiente dal punto di vista energetico rispetto a DEEC, DDEEC e EDEEC come mostrato in figura 5.7. Questo perché lo Stato membro si reca nelle posizioni di assorbimento minimo di energia per la raccolta dati da CH e nodi. Ciò si traduce in un consumo efficiente di energia. È visto chiaramente dai risultati che MBEENISH e iMBEENISH sono più efficienti rispetto agli altri protocolli selezionati in termini di periodo di stabilità, durata della rete e pacchetti inviati alla BS anche nel caso in cui la rete ne contenga più super e nodi avanzati rispetto ai nodi normali.

La Figura 5.8 mostra che MBEENISH e iMBEENISH inviano un numero maggiore di pacchetti

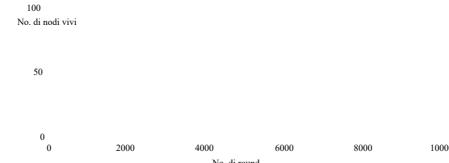
Pagina 139

CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS

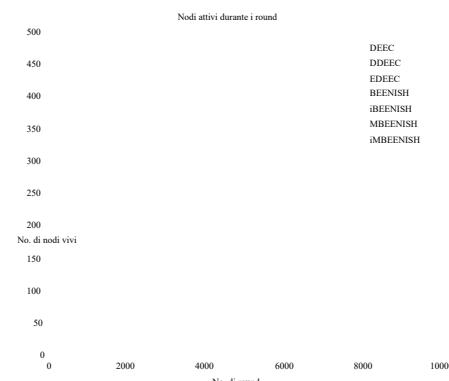


(a) Nodi vivi per dimensioni di rete $100 m \times 100 m$ con 100 nodi





(b) Nodi vivi per dimensioni di rete $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$
con 250 nodi

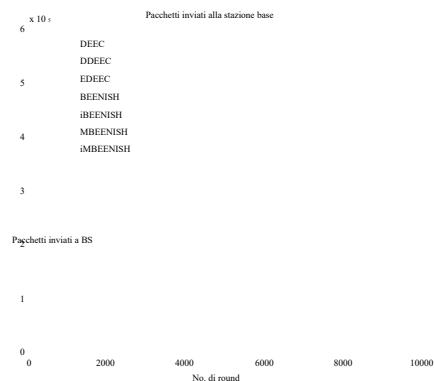


(c) Nodi vivi per dimensioni di rete $500 \text{ m} \times 500 \text{ m}$
con 500 nodi

Figura 5.7: Nodi attivi durante la vita della rete

Pagina 140

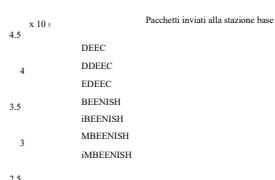
CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS



(a) Velocità effettiva per dimensioni di rete $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$
con 100 nodi



(b) Rendimento per le dimensioni della rete $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$
con 250 nodi



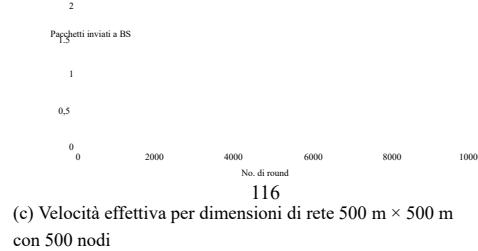
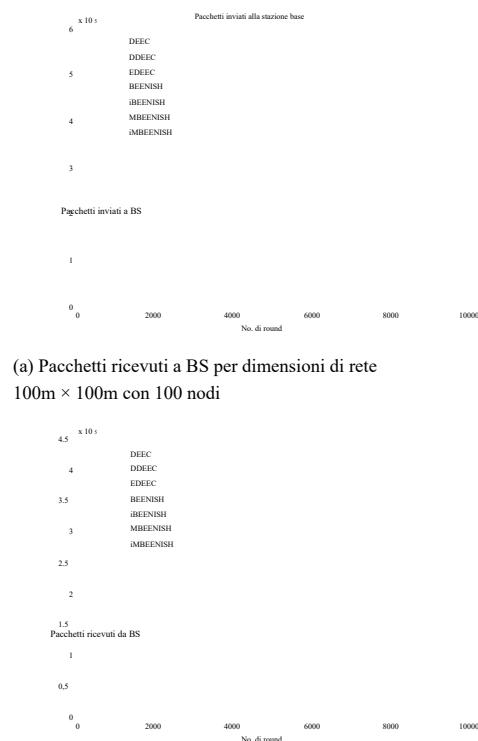
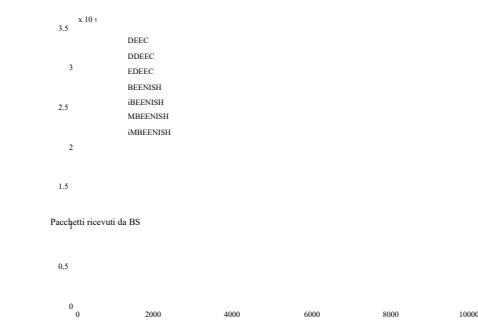


Figura 5.8: Throughput della rete

Pagina 141**CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS**

(a) Pacchetti ricevuti a BS per dimensioni di rete 100m × 100m con 100 nodi



(b) Pacchetti ricevuti a BS per dimensioni di rete 250m × 250m con 250 nodi

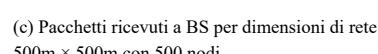


Figura 5.9: Pacchetti ricevuti su BS

117

Pagina 142**CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS**

alla BS rispetto agli altri protocolli selezionati perché ogni nodo controlla

la distanza tra il suo CH corrispondente e la BS e inviare i pacchetti alla BS se è a una distanza inferiore. Pacchetti inviati alla BS da nodi e CH, collettivamente rendere BEENISH, iBEENISH, MBEENISH e iMBEENISH migliori di DEEC, DDEEC e EDEEC. Questo perché DEEC, EDEEC e DDEEC utilizzano il clustering in modo tale che la BS non riceva così tanti pacchetti da nodi non CH.

Ma in iMBEENISH e MBEENISH, il lavandino si avvicina ai CH e raccoglie dati. Raccoglie anche i dati dai nodi che lo trovano più vicino del loro corrispondente CHs. Secondo MSM, MS soggiorna in località CH a energia minima in rete e raccoglie i dati da quei CH. Inoltre, il sink raccoglie i dati da ogni nodo che ha una posizione sink nel suo raggio di comunicazione. Quindi, questo può portare ad un aumento del numero di pacchetti inviati alla BS. Throughput del file espanso i campi di rete con un numero esteso di nodi sono mostrati nelle figure [5.8 \(b, c\)](#). Nel [5.8 \(b\)](#), il rendimento di iMBEENISH e MBEENISH è quasi lo stesso.

La Figura [5.8 \(c\)](#) mostra che nei round iniziali, iMBEENISH ha una produttività maggiore rispetto a MBEENISH, tuttavia, dopo che MBEENISH ha un throughput più elevato perché con 500 nodi in dimensioni di rete $500m \times 500m$ ha un periodo di stabilità più lungo.

I collegamenti wireless hanno una probabilità leggermente maggiore di uno stato di collegamento errato e ci sono possibilità che alcuni dei pacchetti possano cadere durante il percorso. Quindi, la figura [5.8](#) e la figura [5.9](#) mostra che i pacchetti ricevuti non sono gli stessi dei pacchetti inviati in ogni round utilizzando (Random Uniformed Model for drop packets [83]). Quando i nodi iniziano a morire, anche i pacchetti ricevuti alla BS iniziano a diminuire, quando tutti i nodi lo sono la curva di rendimento morto satura (non aumenta). In DEEC, i CH selezionati variano col tempo. Di conseguenza, varia anche il numero di pacchetti ricevuti nella BS. Come mostrato in figura [5.9](#), i pacchetti ricevuti sono il 30% in meno rispetto ai pacchetti inviati al BS che è mostrato nella figura [5.8](#). Pacchetto ricevuto per le reti con aumento area (e più numero di nodi rispetto agli scenari precedenti)

CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS

nella figura [5.9 \(b, c\)](#). I risultati sperimentali mostrano che con aumento sia in campo dimensioni e numero di nodi, il throughput della rete aumenta. Anche il numero di pacchetti ricevuti da BS aumenta.

La Figura [5.10](#) mostra la velocità con cui i CH vengono selezionati in DEEC, EDEED, DDEEC, BEENISH, iBEENISH, MBEENISH e iMBEENISH. Da questa cifra, otteniamo servire che tra i protocolli di routing selezionati, DEEC ha il più alto tasso di CH selezione. Poiché la selezione CH in DEEC, DDEEC e EDEEC è totalmente basata su numero casuale e valore di soglia e questo criterio non garantisce l'ottimizzazione mamma numero di CH. Per questo motivo, vengono selezionati i CH in eccesso che causano un morte in stadio precoce dei nodi nei rispettivi protocolli. Anche i nostri protocolli proposti dipendono dal numero casuale, tuttavia compensiamo questa carenza regolando la probabilità di selezione dei CH. In questo modo tendono le possibilità di selezione CH

verso il suo valore ottimale (come da nostri protocolli proposti). Tasso di selezione CH diminuisce con le nuove dimensioni del campo e con l'aumento del numero di nodi, come ovvio dalla figura [5.10](#) (b, c) a causa della scarsità.

5.5.3 Metriche delle prestazioni - compromessi

DEEC e DDEEC partono da due livelli energetici mentre EDEEC parte da tre livelli di energia. Il protocollo BEENISH utilizza quattro livelli di energia dei nodi. Né i nodi mal hanno il livello di energia iniziale minimo e i super nodi ultra hanno il più alto livello di energia iniziale. In BEENISH, i CH vengono selezionati in base al rapporto tra energia residua di ogni nodo ed energia media della rete. Nodi con l'energia più alta è più spesso selezionata come CH rispetto all'energia più bassa quelli. Riposa più energia tre nodi sono più puniti di quelli normali in BEENISH. iBEENISH risolve questo problema regolando dinamicamente la probabilità di lezione. I risultati mostrano che BEENISH e iBEENISH ottengono risultati più lunghi periodi di stabilità, maggiore durata della rete e aumento del numero di messaggi

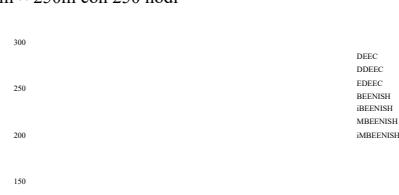
119

Pagina 144
**CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS**


(a) Tasso di selezione CH per dimensioni di rete
100m × 100m con 100 nodi



(b) Tasso di selezione CH per dimensioni di rete
250m × 250m con 250 nodi



Número de teste a grappolo

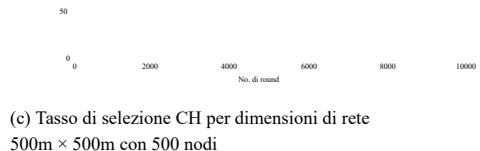


Figura 5.10: Tasso di selezione CH

Pagina 145
**CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS**

invia alla BS rispetto a DEEC, DDEEC e EDEEC, rispettivamente. Il

La versione per la mobilità del lavandino delle proposte BEENISH e iBEENISH hanno prestazioni migliori rispetto alle versioni di mobilità senza lavandino in termini di prestazioni selezionate valutate parametri di azione. Viene presentata un'analisi completa delle metriche delle prestazioni tabella [5.3](#).

La mobilità del lavandino estende la durata della rete e il periodo di stabilità a un tenda. Il lavandino si sposta da un luogo all'altro e soggiorna per un certo tempo facendo regioni di soggiorno virtuali. Lo Stato membro raccoglie dati da CH e nodi che si trovano nella sua attuale regione di soggiorno virtuale, quindi si sposta in una località successiva zione e raccoglie i dati dai nodi e dai CH di quella regione di soggiorno. La stabilità periodo di iMBEENISH è di circa 2350 round maggiore di BEENISH e il periodo di stabilità di MBEENISH è di quasi 2000 giri in più rispetto a BEENISH. Se il clustering non viene applicato alla rete, questi protocolli lo faranno migliorare efficacemente. Questo perché la mobilità del sink insieme al clustering è un file compito difficile da gestire. MBEENISH e iMBEENISH sono più efficienti dal punto di vista energetico come rispetto a DEEC, DDEEC e EDEEC come mostrato nella figura [5.7](#). Questo è perché, la mobilità del lavandino è incorporata insieme al raggruppamento per salvare i CH a energia minima.

Pagina 146

Tabella 5.3: compromessi sulle prestazioni ottenuti dai protocolli di routing

Protocollo	Realizzazione	Riferimento	Prezzo da pagare	Riferimento
iMBEENISH	Nodi più vivi	Figura 5.1	Tasso di selezione CH	Figure 5.4, 5.10
	Pacchetti inviati a BS	Figura 5.8	Calcolo della distanza tra CH e BS	Figura 5.6
	Pacchetti ricevuti a BS	Figura 5.9	Movimento di affidamento ai CH	Figura 5.3
	Tasso di selezione CH	Figura 5.10	consumo energetico	
MBEENISH	Nodi più vivi	Figura 5.1	Forte esaurimento dell'energia	
	Pacchetti inviati a BS	Figura 5.8	Calcolo della distanza tra CH e BS	Figura 5.6
	Pacchetti ricevuti a BS	Figura 5.9	Movimento di affidamento ai CH	Figura 5.3
	Tasso di selezione CH	Figura 5.10	periodo di stabilità inferiore	Figura 5.1
iBEEENISH	Nodi più vivi	Figura 5.1	Forte esaurimento dell'energia	
	Pacchetti inviati a BS	Figura 5.8	Modifica dinamicamente la probabilità di selezione CH	Figura 5.10
	Pacchetti ricevuti a BS	Figura 5.9	Selezione CH di nodi ad alta energia	Figura 5.10
	Tasso di selezione CH	Figura 5.10	Trasmissione ridondante	
BEENISH	Nodi più vivi	Figura 5.1	Forte esaurimento dell'energia dovuto a 4 tipi di nodi	Figura 5.1
	Pacchetti inviati a BS	Figura 5.8	Tasso di selezione CH	Figura 5.10
	Pacchetti ricevuti a BS	Figura 5.9	Improvvisa esaurimento energetico	
	Tasso di selezione CH	Figura 5.10	Consumo energetico dovuto all'inoltro a tre nodi	
EDEEC	Nodi più vivi	Figura 5.1	Il throughput diminuisce a causa della perdita di pacchetti a metà modo	Figura 5.6
	Pacchetti inviati a BS	Figura 5.8	propagazione a distanza	Figura 5.6
	Tasso di selezione CH	Figura 5.10	Più complessità coinvolta	
	Nodi più vivi	Figura 5.1	Consumo energetico dovuto all'inoltro a due nodi	
DDEEC	Pacchetti inviati a BS	Figura 5.8	Man mano che i round passano, i nodi avanzati avranno lo stesso	Figura 5.10
	Pacchetti ricevuti a BS	Figura 5.9	Probabilità di selezione CH come quelle normali	
	Tasso di selezione CH	Figura 5.10	Selezione CH	
	Nodi più vivi	Figura 5.1	Trasmissione ridondante e periodo di stabilità inferiore	
DEEC	Pacchetti inviati a BS	Figura 5.8	Overhead e complessità della formazione di cluster	
	Pacchetti ricevuti a BS	Figura 5.9	Nodi meno vivi	Figura 5.6
	Tasso di selezione CH	Figura 5.10	Nodi meno vivi	Figura 5.7
			Pacchetti inviati e ricevuti a BS	Figure 5.8, 5.9

122

Pagina 147**CAPITOLO 5. SINK MOBILITY AWARE ENERGY EFFICIENT NETWORK
PROTOCOLLO SUPER ETEROGENO INTEGRATO PER WSNS****5.6 Conclusione del capitolo**

BEENISH implementa il concetto di quattro tipi di livelli di energia dei nodi e seleziona i CH sulla base dell'energia residua dei nodi e dell'energia media del Rete. Quindi, nel protocollo BEENISH, i nodi con alta energia sono spesso selected come CH rispetto ai nodi a bassa energia. iBEEENISH cambia dinamicamente le probabilità di selezione CH dei nodi ad alta energia quando la loro energia diminuisce, aumenta il periodo di stabilità di ca. 12% rispetto a BEENISH. BEENISH e iBEEISH mostra prestazioni migliori rispetto a DEEC, DDEEC e EDEEC, in modo spettacolare. Considerando che, iMBEENISH ha migliorato il periodo di stabilità di ca. 15% rispetto a MBEENISH, 27% rispetto a iBEEENISH e ca. 37% rispetto a BEENISH. Inoltre, MBEENISH e iMBEENISH si comportano meglio di BEENISH e iBEEENISH in termini dei parametri di performance selezionati.

Finora abbiamo discusso gli schemi di clustering e li abbiamo implementato la mobilità dei lavandini. Nel prossimo capitolo, abbiamo implementato la mobilità dei lavandini nella rete. MS riceve direttamente i dati dai nodi e minimizza il consumo di energia. Due tipi di lavello vengono discusse le traiettorie.

123

Pagina 148

Capitolo 6

Traiettorie definite e casuali della SM in
WSN omogenei con trasmissione bilanciata

124

Pagina 149**CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA****6.1 Riepilogo del capitolo**

In questo capitolo, proponiamo quattro schemi per la raccolta dei dati dalla rete nodi. Nel primo schema, il sink si sposta su percorsi casuali nella rete (RMS), e lo confrontiamo con le traiettorie definite (DMS) della SM. Per renderlo chiaro, dividiamo logicamente il campo in piccoli quadrati. Punto centrale di ogni partizionato area è la posizione di soggiorno del lavandino il cui campo di rilevamento è predefinito. Nodi inviare direttamente i dati rilevati a MS. Nel secondo schema, schieriamo due Stati membri per raccolta di dati. Seguono traiettorie quadrate nella rete; Lavandino geometrico Mobilità (GSM).

6.2 Schemi proposti: RMS e DMS

L'obiettivo dei nostri schemi proposti; RMS e DMS, è quello di analizzare le prestazioni mance di SM su diverse traiettorie nel campo. La traiettoria RMS segue il nodo percorso casuale basato sulla densità (cioè movimento consapevole della densità della SM), mentre DMS traiettoria ha un percorso predefinito.

6.2.1 Modello di rete

Nei nostri schemi proposti, RMS e DMS, i nodi sono omogenei in termini di energia iniziale. Consideriamo il consumo di energia solo nella trasmissione dei sensi dati. Si considera un'area di rete di forma quadrata ulteriormente suddivisa logicamente in sedici quadratini. I nodi vengono distribuiti in modo casuale nel campo della rete.

Il centro di ogni piccola piazza è un luogo di soggiorno di MS, da dove MS riceve direttamente i dati dai nodi che si trovano nel suo campo di rilevamento (cioè πr^2) che è mostrato con linee tratteggiate nella figura 6.1. I segni di pausa sono etichettati con 1 e 2 per rappresentare due località di soggiorno dell'intero campo di rete (ci sono totali

Pagina 150**CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA**

16 località di soggiorno). Questi sono anche etichettati come a e c. L'area di intersezione tra due cerchi è mostrato dalla regione ombreggiata in questa figura. Il raggio di circolare il raggio di rilevamento è $r (= r' = r'')$ eh è la distanza tra due punti di intersezione e f. Quando MS si sposta nella posizione di soggiorno successiva, una parte del precedente la regione rilevata si trova anche nella successiva area circolare, come mostrato nella figura 6.1. Per far fronte questo problema, i nodi che hanno precedentemente inviato i propri dati, non partecipano

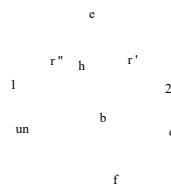


Figura 6.1: Regioni sovrapposte nel campo di rilevamento

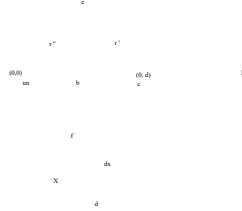


Figura 6.2: Sezione trasversale di due campi di rilevamento

Quando MS si ferma in una posizione di soggiorno, riceve i dati dai nodi di connessi sottoregioni che rientrano nel suo campo di rilevamento. Sul suo movimento in avanti al successivo

126

Pagina 151

CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

e = (x, y)

f = (x, -y)

Figura 6.3: Coordinate e cordone dell'area intersecata

posizione, il campo di rilevamento MS si sovrappone alla regione precedentemente visitata che può avere pochi nodi comuni.

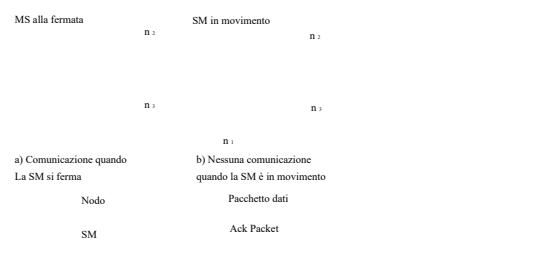


Figura 6.4: Flussi di dati in entrata e in uscita: a) I nodi inviano dati dopo aver ricevuto il messaggio di controllo, b) Nessuna comunicazione quando MS è in movimento

Il campo di rilevamento sovrapposto è mostrato nella figura 6.2 per fornire maggiore chiarezza. Nel per evitare la ricezione di dati in eccesso da nodi che hanno precedentemente inviato il proprio dati, viene formulato un modello matematico. Entrambi i campi di rilevamento hanno gli stessi raggi r , tuttavia, per semplificare il calcolo, li etichettiamo come r' e r'' . Il nostro obiettivo è per calcolare la regione ombreggiata sovrapposta tra due intervalli di rilevamento. Per questo scopo, abbiamo prima calcolato la lunghezza del cavo h con l'aiuto dei punti finali ed f , mostrato nella figura 6.3, cioè (x, y) e $(x, -y)$, dove, $h = 2y$. I punti finali del cavo sono situato nei punti di intersezione dei cerchi come mostrato in figura 6.3. Equazione di il primo campo di rilevamento con raggio r'' è un'equazione del cerchio riportata di seguito:

$$x^2 + y^2 = r''^2 . \quad (6.1)$$

127

Pagina 152

CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

L'equazione per il secondo campo di rilevamento con raggio r' è:

$$(d - x)^2 + y^2 = r'^2 , \quad (6.2)$$

dall'eq. 6.1 ed eq. 6.2,

$$\begin{aligned} x^2 - (x - d)^2 &= r''^2 - r'^2 \\ x &= \frac{d^2 + r''^2 - r'^2}{2d} . \end{aligned} \quad (6.3)$$

Mettendo valore dall'eq. 6.3 in eq. 6.1,

$$\begin{aligned} y &= \left[r''^2 - \frac{1}{4d^2} (d^2 + r''^2 - r'^2)^2 \right]^{1/2}, \\ &= \frac{1}{2d} \left[r''^2 4d^2 - (d^2 + r''^2 - r'^2)^2 \right]^{1/2}, \\ &= \frac{1}{2d} \left[(2dr'' - (d^2 + r''^2 - r'^2)) (2dr'' + (d^2 + r''^2 - r'^2)) \right]^{1/2}, \\ &= \frac{1}{2d} [(r'^2 - (d - r)^2) ((d + r)^2 - r'^2)]^{1/2}, \\ &= \frac{1}{2d} [(r'^2 - d^2 + r^2)(r^2 + d^2 - r'^2)(d^2 + r^2 + r'^2)]^{1/2} . \end{aligned} \quad (6.4)$$

Nel caso considerato, i raggi di entrambi i cerchi sono gli stessi, cioè $r' = r'' = r$. Sostituzione questo valore nell'eq. 6.4, otteniamo il valore di h .

$$h = 2y = \sqrt{4r^2 - d^2} . \quad (6.5)$$

L'area della regione di sovrapposizione a forma di lente è;

$$A = r^2 \pi - 2r^2 \cos^{-1} \left[-\frac{d}{\sqrt{4r^2 - d^2}} \right] - \frac{1}{2} d \sqrt{4r^2 - d^2} , \quad (6.6)$$

dove 'd' è una distanza come mostrato nella figura 6.2. Inoltre, abbiamo considerato d come 25 per i nostri schemi proposti RMS e DMS. Alla fine, quando la SM si sposta in avanti,

Pagina 153**CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA**

le aree già rilevate sono escluse dal campo di rilevamento della posizione successiva fornito da eq. 6.6. Ogni nodo fornisce dati a MS una volta durante un'epoca. Per elaborare il schemi proposti, la rete è modellata come grafo orientato $G = (V, E)$, dove V sono vertici ed E sono bordi. Nel nostro caso prendiamo i nodi N come vertici e gli spigoli sono collegamenti tra i nodi e MS. Definiamo un insieme di posizioni di soggiorno come $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$. Per tutti $i \in V$ e $j \in S$, $\exists (i, j) \in E$, se e solo i e j sono all'interno di una trasmissione quadrata range r_{tx} .

MS copre l'intera area e riceve direttamente i dati da ogni nodo in epoca (il durata in cui tutti i nodi inviano i propri dati a MS una volta), $n = 0, 1, 2, \dots$, In ogni luogo di soggiorno, MS raccoglie i dati dai nodi nel suo raggio di rilevamento poi va avanti. Il tempo di percorrenza tra due località di soggiorno è trascurabile. Link tra un nodo e MS è rappresentato come una j . Inoltre, se la posizione di soggiorno del lavandino è s_k , allora $a_j = 1$ altrimenti $a_j = 0$, $a_j \in \{0, 1\}$.

Massimizziamo la durata della rete utilizzando MS su traiettorie diverse.

$$\text{Massimizza } Z = \sum_n t_n \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (6.7a)$$

$$\text{soggetto a: } \sum_{s_k \in S} a_j(s_k) = 1 \quad \forall j \in S \quad (6.7b)$$

$$\sum_i \sum_j f_{ij} = \sum_i \sum_j f_{ji} \quad \forall i \in V, j \in S \quad (6.7c)$$

$$\begin{aligned} \sum_j \sum_i p_{ij} &= \square \\ &\square [Z(\sum_{io} \sum_j f_{ij}) \text{ se } a_j = 1, \\ &\quad \square [0] \text{ se } a_j = 0] \end{aligned} \quad (6.7d)$$

$$\sum_i t_{io} (\sum_{j \in N} E_{ij}) \leq E_{\text{iniziale}} \quad \forall i \in N, j \in S \quad (6.7e)$$

$$y_{ij} \leq R_{ij} \quad \forall i, j \quad (6.7f)$$

$$\sum_{io=1}^n s_{0,io} = \sum_{io=0}^n s_{io,0} \quad \forall n, S \quad (6.7g)$$

Pagina 154**CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA**

$$y_{ij}, t_{io} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (6.7 \text{ ore})$$

Eq. 6.7a definisce la funzione obiettivo di massimizzare la durata della rete. Z è totale durata della rete, t_k è il tempo durante un'epoca. Pertanto, la somma di t_n è il totale durata della rete. Eq. 6.7b mostra che durante un'epoca il sink si trova in uno

stop per la raccolta dei dati dai nodi presenti nel suo raggio di rilevamento.

Eq. 6.7c descrive i vincoli di flusso in entrata e in uscita mostrati nella figura 6.4.

La funzione f_{ji} è la quantità di dati inviati su un bordo tra il nodo e MS

durante l'epoca ne f_{ij} è il pacchetto di saluto inviato da MS durante la permanenza su specifica

luogo di soggiorno. Eq. 6.7d si riferisce alla raccolta di dati durante un'intera rete

durata cioè può essere rappresentato da Z. Eq. 6.7e è il risparmio energetico

vincolo. E t_{ij} è l'energia utilizzata dai nodi durante la trasmissione del

dati verso il sink. Considerando che, E _{iniziale} è l'energia iniziale dei nodi. Eq. 6.7f è il

vincolo tariffario. Le informazioni totali inviate tramite il collegamento (i, j) non devono superare il

capacità di collegamento, R _{ij}, è il limite superiore della velocità di trasmissione. Infine, l'eq. 6.7g

mostra che la posizione iniziale e finale della SM è la stessa.

6.2.2 Funzionamento del protocollo

Un altro parametro importante è il periodo di soggiorno della SM. Il periodo di soggiorno è il tempo

durata per la quale lo Stato membro rimane in un luogo di soggiorno e raccoglie i dati dai

nodi vicini. Nei nostri schemi, il periodo di soggiorno viene calcolato in modo adattivo. SM

si sposta nella posizione successiva quando tutti i nodi della sottoregione specifica sono completamente

trasmettere dati. Calcoliamo il periodo di soggiorno in un luogo di soggiorno come;

$t_{n1} = t_n / M$, dove t_{n1} è il tempo di soggiorno singolo, t_n è il tempo totale di un round e M è

numero totale di luoghi di soggiorno nel campo. Se calcoliamo il tempo di soggiorno di a

viaggio completo della SM, mostra che il tempo impiegato per la raccolta dei dati durante uno

130

Pagina 155

CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

round è;

$$t_k = \sum_j t_j \quad (6.8)$$

Pertanto, $Z = \sum_k t_k$ è la durata totale della rete.

Per RMS, MS ha una conoscenza globale di tutte le fermate sulla base della densità dei nodi. DMS

le traiettorie sono inizialmente definite e MS segue il percorso fisso.

6.2.2.1 Traiettorie RMS

La traiettoria RMS è casuale perché MS raccoglie i dati sulla base della densità dei nodi

mentre si sposta da una regione densa a una regione rada. Questo movimento è anche molto utile come
in alcuni casi è difficile seguire il sentiero definito a causa di ostacoli o salite.

Il campo della rete è 100 m × 100 m che è logicamente suddiviso in 16 sottoregioni uguali

e il punto centrale di ogni sottoregione è lo stop per la SM. Fermate di soggiorno M sono

pari al numero di partizioni di campo che sono 16 negli schemi proposti. SM

raccoglie in modo casuale i dati dai nodi, dando priorità alla più alta densità di nodi

regione. Ciò è dovuto al fatto che le possibilità di flusso eccessivo o perdita di sensing

i dati aumentano con un aumento della densità dei nodi. Inoltre, MS raccoglie direttamente dati dai nodi, quindi, l'energia utilizzata nella trasmissione dei dati è ridotta al minimo. Il completo la funzionalità di RMS è mostrata nella figura [6.5](#).

Lo schema di funzionamento di RMS è mostrato nella figura [6.6](#). Logicamente, MS inizia il suo viaggiando dalla sottoregione densa a quella sparsa nel campo della rete. Assumiamo anche che il tempo di viaggio è trascurabile rispetto al tempo di soggiorno ($t_{n1} = t_n / M$).

6.2.2.2 Traiettorie DMS

Assumiamo qui un campo quadrato in cui i nodi vengono distribuiti in modo casuale. Campo di rete è logicamente diviso in piccole sottoregioni. Le dimensioni del campo di rete sono 100 m × 100m. Consiste di sedici piccoli quadrati ciascuno di 25 m × 25 m ciascuno, come mostrato nella figura [6.7](#)

131

Pagina 156

CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

Figura 6.5: Diagramma di flusso di RMS

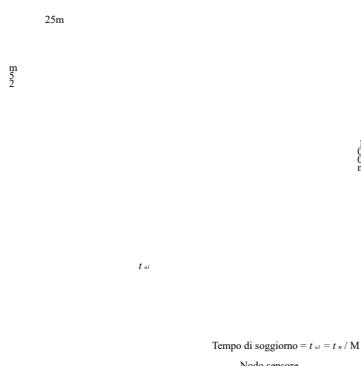


Figura 6.6: Uno dei percorsi casuali di RMS

Il punto centrale di ogni sottoregione è il luogo di soggiorno di MS. Modello in movimento di ciò che è predefinito come spirale quadrata all'interno di un campo quadrato. Questa traiettoria copre l'intera area di rete. MS si ferma in un primo luogo di soggiorno e trasmette

messaggio pubblicitario a tutti i nodi nel suo raggio di rilevamento.

I nodi stabiliscono quindi i collegamenti e iniziano la trasmissione dei dati. Una volta che la trasmissione dei dati

Pagina 157**CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA**

25m

0m

10

1 u

Posizione di soggiorno
MS Trajectory
Nodi sensore

Tempo di soggiorno = $t_{n1} = t_n / M$

Figura 6.7: Percorso del DMS

è completato, MS si sposta nella posizione successiva e la stessa procedura viene ripetuta.

Lo schema di funzionamento del DMS è illustrato graficamente nella figura [6.8](#).

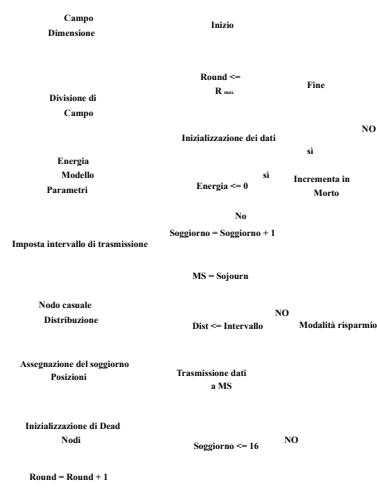


Figura 6.8: Diagramma di flusso del DMS

Tutti i nodi inviano i dati rilevati a MS una volta in un round. La SM è consapevole del suo

luoghi di viaggio e ha anche la conoscenza dei confini della rete. Sentiero della SM

è progettato in modo tale che ogni nodo sia in grado di fornire dati al minimo

Pagina 158**CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA**

distanza.

Inoltre, la rete funziona in modo da dormire. I nodi si svegliano e

trasmettono i propri dati a MS, ogni volta che ricevono un messaggio beacon da MS.

In caso contrario, i nodi entrano in modalità di sospensione per risparmiare energia. Come l'area della sottoregione è piccola, l'energia minima viene utilizzata nella trasmissione dei dati.

6.2.3 Analisi analitica

In RMS, le regioni con un'elevata densità di nodi, inviano più pacchetti rispetto a DMS.

La funzione obiettivo definisce il throughput combinato in un round trip completo

(ovvero, 21×10^3 sec). Il throughput combinato di RMS e DMS è:

$$\text{TP - Combinato} = \text{TP - RMS} + \text{TP - DMS}$$

Funzione obiettivo:

$$\text{Massimizza TP} \quad (6.9a)$$

$$\text{soggetto a: } 0 \leq (\text{TP - RMS}) + (\text{TP - DMS}) \leq 167 \text{ Kbps} \quad (6.9b)$$

$$0 \leq (\text{TP - RMS}) \leq 100 \text{ Kbps} \quad (6.9c)$$

$$0 \leq (\text{TP - DMS}) \leq 67 \text{ Kbps} \quad (6.9d)$$

Secondo i limiti forniti nelle eq. [6.9b](#), [6.9c](#) e [6.9d](#); la figura [6.9](#) mostra

la regione delimitata formata dall'intersezione delle linee L1, L2, L3 e L4. Combinato

il rendimento di entrambi gli schemi si trova entro i confini della regione illustrata.

Questa regione delimitata mostra la soluzione fattibile. I valori su ogni vertice sono osservati

considerato come:

a P1 (0, 0) = 0 Kbps

a P2 (67, 0) = 67 Kbps

a P3 (0, 100) = 100 Kbps

a P4 (67, 100) = 167 Kbps

134

Pagina 159

CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

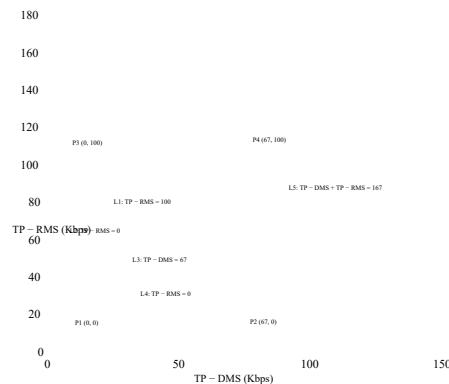


Figura 6.9: TP della regione ammissibile

La perdita di percorso in RMS è maggiore di DMS perché riceve i dati dal nodo alto regione di densità. Di conseguenza, la diffrazione e la riflessione sono maggiori in questo schema. La regione ammissibile per la perdita di percorso combinata è mostrata nella figura [6.10](#) in 21 ×

10⁻³ sec. La funzione obiettivo è ridurre al minimo PL (Path Loss).

Riduci a icona PL

(6.10a)

dove, PL – Combinato = (PL – RMS) + (PL – DMS)

$$\text{soggetto a: } 0 \leq (\text{PL} - \text{RMS}) + (\text{PL} - \text{DMS}) \leq 20654 \text{ dB} \quad (6.10\text{b})$$

$$0 \leq (\text{PL} - \text{RMS}) \leq 18578 \text{ dB} \quad (6.10\text{c})$$

$$0 \leq (\text{TP} - \text{DMS}) \leq 12076 \text{ dB} \quad (6.10\text{d})$$

La regione delimitata è formata dall'intersezione delle linee L1, L2, L3 e L4. Quale mostra la regione ammissibile di perdita di percorso nella figura 6.10. Questi limiti sono mostrati nelle eq. 6.9b, 6.9c e 6.9d che forma la regione ammissibile. I valori su ogni vertice sono

135

Pagina 160

CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

ottenuto come:

a P1 (0, 0) = 0dB

a P2 (12076, 0) = 12076dB

a P3 (0, 18578) = 18578dB

a P4 (12076, 18578) = 20654dB

La perdita di percorso combinata di entrambi gli schemi si trova entro i confini illustrati regione.

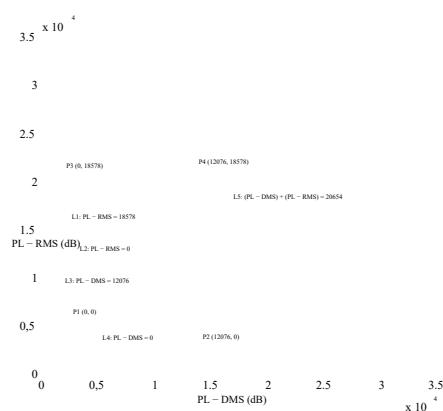


Figura 6.10: Perdita di percorso della regione ammissibile

Un altro parametro di prestazione è il ritardo combinato end-to-end di RMS (D-RMS) e DMS (D-DMS) durante il viaggio singolo in cui MS raccoglie i dati dal campo.

Questo è rappresentato come:

$$D - \text{Combinato} = (D - \text{DMS}) + (D - \text{RMS}) \quad (6.11)$$

La funzione oggettiva e i vincoli sono dati come

Pagina 161**CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA**

$$\text{soggetto a: } 0 \leq (D - RMS) + (D - DMS) \leq 0,0102 \text{ msec} \quad (6.12b)$$

$$0 \leq (D - RMS) \leq 0,0080 \text{ msec} \quad (6.12c)$$

$$0 \leq (D - DMS) \leq 0,0022 \text{ msec} \quad (6.12d)$$

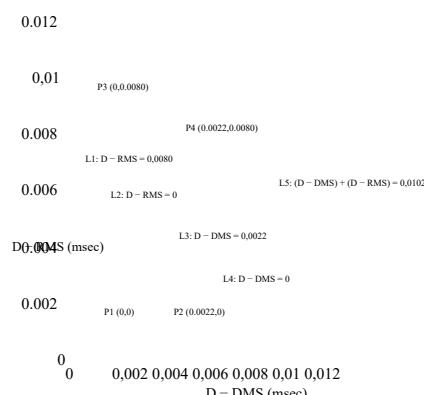


Figura 6.11: Ritardo end-to-end della regione ammissibile

La regione ammissibile è mostrata nella figura 6.11, che è formato dall'intersezione di

Linee L1, L2, L3 e L4. I valori per questi limiti sono forniti in eq. 6.12b,

6.12c e 6.12d. I valori su ogni vertice si ottengono come:

a $P_1(0, 0) = 0\text{msec}$

a $P_2(0,0022, 0) = 0,0022 \text{ msec}$

a $P_3(0, 0,0080) = 0,0080 \text{ msec}$

a $P_4(0, 0,0022, 0,0080) = 0,0102 \text{ msec}$

D - Combinato rientra nei confini della regione illustrata.

6.2.4 Risultati della simulazione

I seguenti parametri di prestazione sono considerati per valutare la simulazione
sulti.

Pagina 162**CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA**

Tabella 6.1: Parametri radio

Operazione	Energia dissipata
------------	-------------------

Elettronica del trasmettitore / ricevitore Aggregazione dei dati	$50\text{nJ/bit}/\text{m}^2$
Trasmettere l'amplificatore (se d a Sink $\leq d_0$)	10pJ / bit / m^2
Trasmettere l'amplificatore (se d a Sink $> d_0$)	$0,0013\text{pJ / bit / m}^4$

Velocità dati 250 kbps

6.2.4.1 Metriche delle prestazioni - definizioni

Per valutare le prestazioni di RMS e DMS, consideriamo la durata della rete, stabilità periodica di validità, velocità effettiva, pacchetti ignorati e ritardo end-to-end. Considerando che, perdita di percorso comprende tutte le perdite di propagazione dovute all'attenuazione delle onde elettromagnetiche, rifrazione, diffrazione e riflessione, tra sorgente e pozzo. È calcolato in dB. Usiamo il modello radio del primo ordine per il consumo di energia [13] e la distanza è preso tra il nodo di origine e MS. Per calcolare la distanza usiamo le equazioni 1.1, 1.2 riportati nel capitolo 1.

I parametri del modello radio, che abbiamo utilizzato per le simulazioni, sono mostrati nella tabella 6.1. I 100 nodi vengono distribuiti in modo casuale in una rete. Il campo Rete è logicamente suddiviso in 16 quadratini di uguale area; cioè $25\text{ m} \times 25\text{ m}$. A causa della distribuzione casuale di nodi, la densità dei nodi varia nelle sottoregioni, dove è alta, ci sono possibilità perdita di informazioni a causa dell'overflow dei dati. Indirizzi del nostro schema RMS proposto questo problema, vale a dire, la SM visita prima la regione densa, mentre la DMS considera predefinita percorsi. In entrambi i casi vengono definite le località di soggiorno.

6.2.5 Metriche delle prestazioni - discussioni

I parametri delle prestazioni sono discussi brevemente di seguito:

138

6.2.5.1 Stabilità della rete

La Figura 6.12 mostra il confronto tra la durata della rete proposta e confrontata schemi. Il DMS mostra un periodo di stabilità migliorato ed esteso rispetto ai altri schemi. MS trasmette un beacon, quando si ferma in una posizione particolare. I nodi che si trovano nel raggio di trasmissione di MS, ricevono il beacon e trasmettono mit i loro dati rilevati. Di conseguenza i nodi riducono al minimo il consumo di energia a causa della distanza di comunicazione diretta e ridotta. Ciò si traduce in una maggiore stabilità periodo così come la durata della rete. La mobilità del lavandino nel regime proposto si traduce in consumo di energia ridotto rispetto ai regimi esistenti. Inoltre, i I CH sopportano l'onere dei rispettivi nodi membri in termini di inoltro dei dati e aggregazione. Pertanto, i CH consumano energia a una velocità maggiore rispetto a nodi normali. In DMS e RMS, abbiamo confrontato i modelli di mobilità; predefinito

traiettoria della SM e traiettoria casuale dalla regione densa alle regioni sparse del rete, rispettivamente. In RMS, i nodi provenienti da regioni sparse trasmettono dati verso il lavandino a maggiore distanza, quindi, consumando più energia. Di conseguenza, RMS mostra un periodo di stabilità più breve, tuttavia, la sua durata di rete è simile a DMS. DREEM-ME ha anche un periodo di stabilità più lungo grazie alla distribuzione casuale uniforme dei nodi e distanza minima di trasmissione. Dopo $4,2 \times 10^7$ sec i nodi in la regione più esterna e centrale scarica le batterie ei nodi presenti in la regione più interna invia dati solo verso il sink. UC-MS ha una rete più lunga durata superiore a LEACH a causa della presenza di SM.

6.2.5.2 Velocità effettiva

Il rendimento degli schemi proposti e confrontati è mostrato nella figura 6.13. Il schemi con SM hanno un throughput più elevato a causa della comunicazione diretta tra nodi e MS e bassa perdita di percorso. DREEM-ME e FTIEE si stanno raggruppando protocolli di instradamento; il loro rendimento è inferiore a quello degli altri quattro schemi MS.

139

Pagina 164

CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

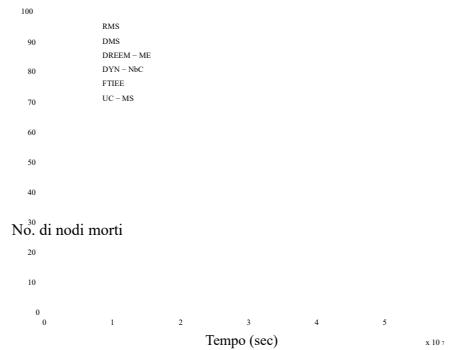


Figura 6.12: Confronto di stabilità

RMS ha un throughput maggiore perché MS dà la priorità alle regioni dense per i dati raccolta cioè più numero di nodi invia direttamente il pacchetto di dati, aumentando così portata. In UC-MS, i CH raccolgono i dati dai nodi membri e attendono il file messaggio di controllo da MS (quando arriva alla fermata vicina). MS visita il pre-determinato si ferma e riceve direttamente i dati dai CH al minimo possibile distanza. Ciò riduce il consumo di energia dei CH. DYN-NbC e UC-MS sono schemi di raggruppamento con mobilità del lavandino e sono più efficienti in confronto con DREEM-ME e FTIEE. Tuttavia, riduciamo ulteriormente il consumo di energia escludendo il meccanismo di clustering in RMS e DMS. DYN-NbC contiene clustering e SM. Quindi il suo throughput si trova tra il throughput di schemi di clustering; (FTIEE, DREEM-ME) e schemi con MS (DMS, RMS). Dall'inizio del funzionamento della rete, il throughput di ogni schema in modo lineare pieghe, mentre, dopo la fine del periodo di stabilità, la produttività diminuisce. Motivo per un throughput basso è diminuito il numero di nodi attivi nella rete. Questo mostra

Pagina 165

CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN
WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

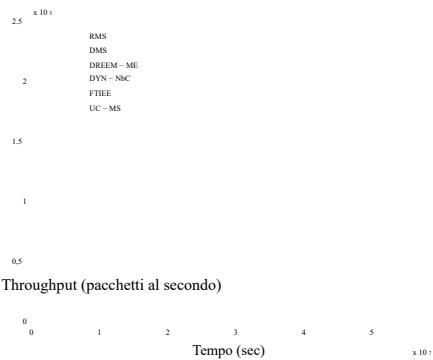


Figura 6.13: Numero di pacchetti inviati al sink

6.2.5.3 Ritardo end to end

Il ritardo end-to-end varia in tutti gli schemi. Nella figura 6.14, DREEM-ME ha il minimo ritardo del pacchetto perché è uno schema di clustering; numero di salti per la trasmissione dei dati diminuisce e il carico è ben bilanciato tra i CH e i nodi membri. Anche, ha una distribuzione casuale uniforme dei nodi. DREEM-ME ha cluster statici e rimangono gli stessi fino alla fine della rete. I suoi grappoli sono progettati in questo modo che i nodi interagiscono con i CH che trasmettono ulteriormente i dati al minimo distanza. Il ritardo della DMS è il minimo tra gli schemi comparati che hanno la SM. In questo caso, MS ha definito la traiettoria e i dati vengono ricevuti in meno tempo a causa di presupposto che il tempo di viaggio del sink sia trascurabile tra due soggiorni adiacenti posizioni. Nessuna priorità è data a nessun nodo nella ricezione dei dati dai nodi quando MS è presente in qualsiasi luogo di soggiorno. Il ritardo end-to-end di RMS è maggiore di quello di DMS perché MS si sposta casualmente sul campo per raccogliere dati. L'analitico l'analisi del ritardo di entrambi gli schemi durante un singolo viaggio degli Stati membri nel campo della rete è mostrato in figura 6.11. Lì, la regione delimitata mostra il massimo e il minimo valori di ritardo. FTIEE è uno schema di clustering e ha un ritardo end-to-end maggiore rispetto agli schemi proposti. Questo perché i nodi inviano prima i dati a

Pagina 166

CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN
WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

il CH e quindi il CH inoltrano i dati aggregati al sink e ne prendono extra

tempo (cioè ritardo più lungo). Possiede anche un clustering dinamico che ruota i cluster dopo un certo tempo, e di nuovo si verifica la fase di selezione e associazione del CH. Quella si traduce in ritardo. DYN-NbC ha un ritardo maggiore perché utilizza anche il clustering SM. Dove il clustering utilizza la comunicazione multi-hop che si traduce in un ritardo maggiore. Prima viene selezionata la regione più densa sulla base del numero di nodi, quindi rimane le regioni formano cluster; e CH vengono selezionati, inoltre, la fase di associazione dei nodi richiede posto. In UC-MS viene eseguito prima il clustering, quindi si verifica l'associazione dei nodi. Il la differenza è che CH attende lo Stato membro per l'inoltro dei dati. Dall'inizio della rete fino alla morte del primo nodo, un ritardo da un capo all'altro aumenta linearmente e successivamente rimangono costanti.

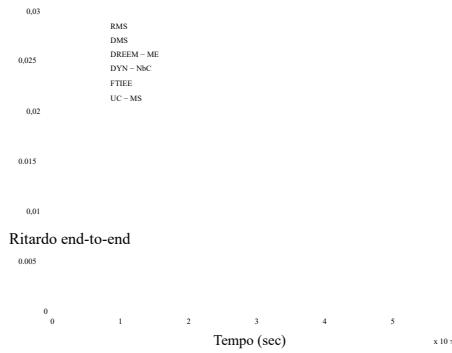


Figura 6.14: Ritardo end-to-end

6.2.5.4 Numero di pacchetti ignorati

La Figura 6.15 mostra che anche gli schemi che hanno un throughput elevato hanno un rendimento elevato probabilità di caduta dei pacchetti. Questo modello presuppone una maggiore velocità di invio dei pacchetti si traduce in un maggior numero di pacchetti cadere. DREEM-ME e FTIEE si stanno raggruppando schemi, in cui i nodi rilevano i dati e li trasmettono periodicamente a CH. CH dopo

142

Pagina 167

CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

la ricezione dei dati dai nodi membri li aggrega e li invia al sink. UC- La SM ha sia cluster che SM. I primi nodi inviano i dati a CH, quindi dopo aver ricevuto i dati dai nodi membri, CH attende MS. Possibilità di pacchetto la caduta aumenta in questo modo. Tuttavia, DYN-NbC ha bisogno di clustering basato su MS coprendo direttamente il 25%. Nel 75% del campo di rete sono presenti clustering e CH ricevere dati dai nodi membri e trasmetterli a MS. La sua caduta di pacchetti è inferiore rispetto a UC-MS in confronto. È ovvio dai nostri schemi proposti che RMS ha meno caduta di pacchetti perché riceve i dati dai nodi di massima densità regione in base alla priorità. DMS sta visitando ogni regione su traiettorie predefinite il che aumenta il tempo di attesa in alcune regioni, portando infine a pacchetti elevati tasso di caduta.

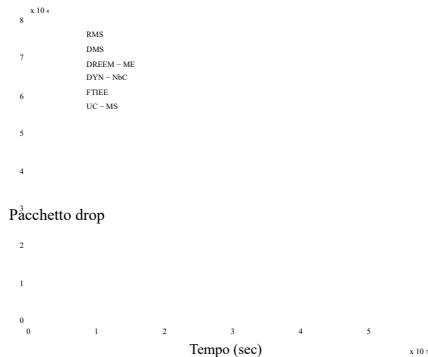


Figura 6.15: Pacchetto scartato

6.2.5.5 Perdita di percorso

In RMS, il numero di pacchetti inviati è maggiore perché MS imposta la priorità su visitare prima le regioni dense. Nella figura 7.10, la perdita di percorso aumenta fino a quando i nodi nel file rilevamento e trasmissione della rete. In DMS, la perdita di percorso è relativamente inferiore a quella di RMS. Il periodo di stabilità del DMS è maggiore di tutti gli schemi confrontati, cioè 5×10^{-7} secondi.

Nella figura 7.10, la perdita di percorso del DMS aumenta linearmente fino a 5×10^{-7} e dopo di che i nodi

143

Pagina 168

CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

iniziano ad esaurire le loro energie e anche la curva di perdita del percorso ne altera il comportamento. Sia UC-MS che DYN-NbC hanno meccanismo di clustering e MS. Tuttavia, UC-MS mostra una perdita di percorso maggiore rispetto a DYN-NbC perché ha un clustering irregolare e la trasmissione dei dati avviene solo tramite CH. DREEM-ME e FTIEE sono entrambi schemi di cluster, tuttavia, FTIEE ha un valore maggiore perdita di percorso a causa del clustering dinamico, ovvero il numero di nodi associati a CH non sono fissi.

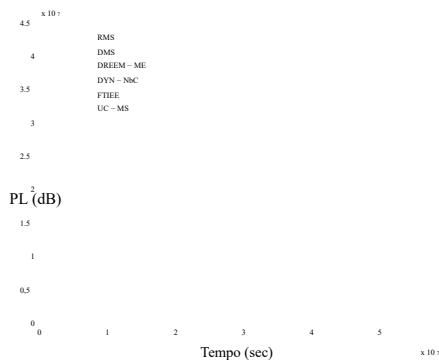


Figura 6.16: Perdita di percorso

6.2.5.6 Energia residua

È ovvio dalla figura 6.17 che a causa di trasmissioni non continue in RMS e DMS il comportamento della curva di consumo energetico è lineare. In DYN-NbC, l'energia è consumato durante il raggruppamento e la selezione CH. UC-MS consuma anche molta energia nella formazione di cluster, selezione CH e aggregazione dei dati.

6.2.6 Metriche delle prestazioni - compromessi

La Tabella 6.2 mostra i risultati ottenuti instradando i protocolli di instradamento selezionati pagando il costo di qualche altra metrica di rendimento. DMS raggiunge una maggiore stabilità periodo al costo del rendimento rispetto a RMS. Tuttavia, ritardo alla fine

144

Pagina 169

CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

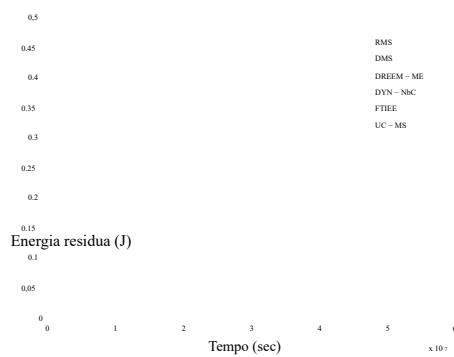


Figura 6.17: Energia residua

di DMS è anche inferiore a RMS. Il ritardo end-to-end dipende dal numero di pacchetti ricevuti al sink. Come, in RMS un numero maggiore di nodi (dalla regione densa) trasmettere direttamente i dati agli Stati membri, potrebbe verificarsi una congestione nella rete che è la principale causa dell'aumento del ritardo end-to-end. RMS ha un throughput più elevato perché raccoglie dati provenienti da regioni ad alta densità su base prioritaria a scapito del periodo di stabilità. E2ED di nodi in questi schemi è inferiore rispetto a UC-MS, DREEM-ME, DYN-NbC e FTIEE. In UC-MS, i nodi inviano prima i dati rilevati ai CH e ai CH attendere che la SM arrivi alla loro fermata più vicina. Una volta che MS si ferma nella posizione di soggiorno più vicina, I CH trasmettono i propri dati, così come i dati ricevuti. A causa dell'elevato tempo di attesa per la comunicazione MS e multi-hop, UC-MS ha un E2ED più elevato. DYN-NbC è un file schema di clustering con SM. La sua strategia di lavoro è diversa da UC-MS. Primo l'intero campo della rete è suddiviso in piccole sottoregioni come RMS e DMS. Dopo quella regione altamente densa dove il numero di nodi è massimo è identificata. DYN-Tuttavia, l'E2ED di NbC è inferiore a UC-MS, maggiore di DREEM-ME e FTIEE. DMS ha un tasso di caduta dei pacchetti più elevato rispetto agli altri schemi confrontati perché MS (in DMS) visita a sua volta l'intera rete. RMS riceve i dati da nodi su priorità, i nodi della regione ad alta densità di nodi inviano i dati rilevati prima, di conseguenza, RMS raggiunge un throughput più elevato e una minore velocità di rilascio dei pacchetti.

145

Pagina 170

Tabella 6.2: compromesso delle prestazioni ottenuto dai protocolli

Tecnica	Routing crit- ria	caratteristiche distinte	Progressi raggiunti	Compromessi	Osservazioni
RMS	SM con casuale traiettoria	Distribuzione casuale dei nodi. Trasmettere i dati a MS in minima distanza.	Elevata produttività, meno ritardo end-to-end	Meno stabilità, Packet caduto, perdita di percorso.	Riduce al minimo il consumo di energia dovuto all'assenza di clustering.
DMS	MS con definito traiettoria	Nodi distribuiti in modo casuale con trasmissione diretta a MS attiva traiettorie definite.	Più a lungo stabilità pe- riod, meno end to end ritardo, minore perdita di percorso	Meno produttività.	Riduce al minimo il ritardo, l'energia il consumo è minimo a causa di comunicazione retta con MS.
SOGNO- ME	Clustering statico e Multi-hop	Clustering statico, trasmissione alla minima distanza. Uniforme distribuzione casuale dei nodi.	Più a lungo stabilità pe- riod, meno end to end ritardo e pacchetto caduto	Meno produttività	Clustering statico, trasmissione a distanza minima. Uniforme distribuzione dom di nodi
DYN- NbC	Clustering SM	Clustering adattivo con livello mobilità in specifica regioni.	Maggiore produttività	Periodo di stabilità minimo, fine per fine ritardo, pacchetto caduto	CH selezione è sopra il base dei criteri LEACH che considera solo probabilità.
FTIEE	Clustering	Risolu il clustering sulla base di distanza dal lavandaio. criteri di apprendimento per la selezione CH zione. La distribuzione del nodo viene eseguita dom.	Alto stabilità, pacchetto caduto	Di meno Fine più lunga alla fine posare	A causa di clustering fisso e machine tecnica di apprendimento consumo energetico zione dei nodi è ridotto al minimo. Come- ma se l'ID mobilità del lavandaio fosse introdotto, ulteriore carico sul CH può essere ripristinato doto.
UC-MS	UC e MS	Raggruppamento irregolare secondo Criteri LEACH e MS. Core-distribuzione dom di nodi.	Throughput migliorato	Stabilità EED, pacchetto	Questo protocollo utilizza criteri LEACH per la selezione CH che non sider energia residua per CH selec- zione.

146

Pagina 171**CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA****6.3 Schema proposto: GSM****6.3.1 Motivazione**

L'introduzione di MS prolunga la durata della rete, tuttavia, la regolazione della velocità di gli Stati membri hanno bisogno della giusta attenzione. Una velocità molto elevata può portare a una raccolta dati non corretta zione e una velocità molto bassa possono portare all'overflow del buffer del nodo.

Nel [15], è stata proposta una rete eterogenea a due livelli per la raccolta dei dati raggruppamento. I CH, non nel range di sink, comunicano con il loro CH nel range per inviare i dati raccolti ad affondare. Consideriamo una rete a due livelli composta da nodi normali e avanzati. Due sink si spostano sulla traiettoria predefinita per i dati raccolta. Per risparmiare energia, introduciamo le modalità sonno e veglia; quando entra MS nel raggio di rilevamento di un sensore sono svegli e trasmettono i dati al pozzo e se il sink è fuori portata rimangono in modalità sleep.

6.3.2 Modello di rete

WSN è modellato come grafo orientato $G = (V, E)$, dove $V = V \cup S$. $|V| = N$, impostato

di nodi di sensori wireless, S è l'insieme di sink con $|S| = K$. Per tutti $i, j \in V$,
 $\exists (i, j) \in E$ se e solo se i e j sono entro un raggio di trasmissione r_{tx} . Anche noi

assumere:

- Tutti i lavelli si muovono allo stesso tempo significa (il loro movimento è sincrono).

Il movimento del lavandino è equamente distribuito su tutte le posizioni in ogni epoca $n = 0, 1, 2, \dots$

Tutti i dati vengono trasferiti al sink prima di procedere ulteriormente alla posizione successiva, quindi,

non ci sono dati in sospeso tra le epoche. Nel nodo per affondare la comunicazione, i dati

la consegna è rappresentata da C_j , dove $C_j \in \{0, 1\}$, $C_j = 1$ se la posizione del sink sojourn è

v_j ; altrimenti $C_j = 0$, $1 \leq j \leq n$.

- $x_{ij} \in \{0, 1\}$, quando il sink è nella posizione v_j , allora $x_{ij} = 1$, dove $v_j, 0 \leq i, j \leq n$. x_{ij} è

147

Pagina 172

CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

il tasso di informazione.

I nodi del sensore formano una rete stazionaria eterogenea a due livelli. Energia iniziale

è E_0 per i nodi normali e per i nodi avanzati è $(1 + \alpha) E_0$. Consideriamo solo

consumo di energia durante la trasmissione e la ricezione delle informazioni.

- La durata della rete è definita qui come l'intervallo di tempo fino alla morte del primo nodo. quando

l'energia del nodo è esaurita, il nodo muore. Dopo la morte del primo nodo, instabilità

inizializza il periodo della rete.

Utilizzando le ipotesi precedenti, ora formuliamo il problema di ottimizzazione per la rete

massimizzazione della durata del lavoro utilizzando gli SM su diverse traiettorie con tolleranza al ritardo

comportamento.

$$\text{Massimizza } T = \sum_m t_m \quad (6.13)$$

soggetto a:

$$\sum_{s \in S} C_j(n) = 1 \quad \forall j \in V \quad (6.14a)$$

$$\sum_{e^-} f_{io}(n) - \sum_{e^+} f_{io}(n) = X \quad \forall i \in V \quad (6.14b)$$

$$\sum_m t_m \left(\sum_{i \in N} E_{ij}^{tm} + \sum_{k \in N} E_{ki}^{tm} \right) \leq E_{iniziale} \quad \forall i, j, k \in N \quad (6.14c)$$

$$x_{ij} - R_{ij} \leq 0 \quad \forall i, j \quad (6.14d)$$

$$x_{ij}, t_m \geq 0 \quad \forall i, j \quad (6.14e)$$

dove $e^- = \{e \in E \mid e = (v, n), n \in V\}$ ed $e^+ = \{e \in E \mid e = (n, v), n \in V\}$.

La funzione f_i è la quantità di dati inviati su un arco durante l'epoca n . Equazione

[6.13](#) definisce la funzione obiettivo che è la massimizzazione della durata della rete.

L'equazione [6.14a](#) mostra che in un'epoca solo un sink comunica con un nodo.

L'equazione [6.14b](#) è un vincolo di flusso, X è il numero totale di pacchetti in epoch

n , che è la differenza tra il flusso ricevuto e trasmesso. Equazione [6.14c](#)

148

Pagina 173CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN
WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

è l'equazione del risparmio energetico. L'equazione [6.14d](#) è il vincolo di velocità che spiega che il tasso di informazione totale che scorre attraverso il collegamento (i, j) non dovrebbe superare la capacità del collegamento R_{ij} .

6.3.2.1 Funzionamento del protocollo

Il movimento della discendenza su una traiettoria predefinita appartiene al problema NP-hard. Per semplificiamo questo problema, l'abbiamo convertito in un semplice caso geometrico, GSM. Nostro l'obiettivo principale è massimizzare la durata della rete per le applicazioni tolleranti ai ritardi.

Dividiamo logicamente il campo della rete per ridurre al minimo la distanza di comunicazione tra i nodi e il sink. I lavelli sono mobili senza avere vincoli energetici.

$d_i = |s_k - NUC(v)|$, mostra che d_i è la distanza euclidea tra sink s_k e Node Under Consideration (NUC). Qui, $s \in S$ e $v \in V$ durante l'epoca n .

Secondo il calcolo di rete di base, il limite di ritardo D_i è definito come [\[82\]](#):

$$D_i = h(\alpha_i), \beta_i) \quad (6.15)$$

$$= \text{Sup}_{s \geq 0} \{\inf \{\tau \geq 0: \alpha_i(s) \leq \beta_i(s + \tau)\}\} \quad (6.16)$$

$$D_{io} = \sum_{i \in v} D_i \quad (6.17)$$

$$D = \max_{i=1, \dots, N} D_i. \quad (6.18)$$

Dove, α_i è l'input rilevato e β_i è la curva di servizio. Questa analisi è per FIFO programmazione presso i nodi del sensore.

Nel nostro modello, abbiamo diviso il campo quadrato in piccole regioni quadrate come mostrato in figura [6.18](#). Ci sono sedici quadratini in un campo considerato, dodici su sedici giacciono sul confine esterno e quattro sono all'interno di questo confine. Nel confine esterno, consideriamo un'area separata in cui un sink raccoglie i dati mentre il secondo sink dovrebbe raccogliere i dati dalla regione interna. Questi due lavandini iniziare il loro viaggio contemporaneamente per la raccolta dei dati dalle rispettive regioni,

Pagina 174CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN
WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

Figura 6.18: Topologia di rete

dove anche le traiettorie dei lavelli sono di forma quadrata. Un sink raccoglie i dati da nodi quadrati interni e altri provengono da quadrati esterni. Le traiettorie e il lavandino le posizioni sono predefinite in modo tale che il sink si fermi al centro di ogni quadratino a raccogliere direttamente i dati dai nodi. Quando l'affondamento si sposta in avanti dalla corrente posizione, i nodi che si trovano in quel piccolo quadrato passano alla modalità di sospensione e ai nodi che rientrano nella nuova regione di arresto passano alla modalità sveglia. La trasmissione l'intervallo è $d_i = \sqrt{2}x$ e la distanza tra due posizioni di soggiorno è $d_{min} = 2x$ e che tra due diverse traiettorie la posizione di soggiorno è $d_{max} = 2\sqrt{2}x$, come mostrato in figura [6.19](#).

6.3.2.2 Risultati della simulazione

Consideriamo un campo di rete di $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$. Numero totale di nodi distribuiti in un file rete sono $N = 100$, in cui il 10% è avanzato e restano nodi normali.

La distribuzione dei nodi nel campo è casuale. Consideriamo lavelli congiunti; uno si sta muovendo nella traiettoria del quadrato interno e il secondo è nella traiettoria del quadrato esterno.

150

Pagina 175

CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

Figura 6.19: Raffigurazione di d_{max} e d_{min}

La distanza massima dei nodi con gli MS relativa al loro partizionamento piazze è d_{min} . Inizialmente l'energia assegnata al nodo normale è 0,5Joules e in nodi avanzati è 1joule. Abbiamo confrontato i risultati della nostra simulazione con SEP e LEACH.



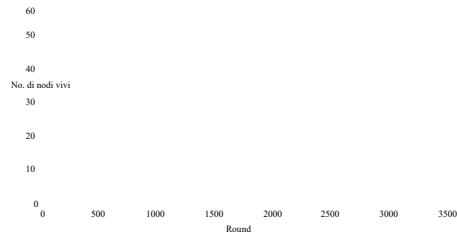


Figura 6.20: Numero di nodi attivi per round

Nella figura [6.20](#), abbiamo confrontato i risultati del nostro schema GSM proposto con SEP e LEACH. Il primo nodo del LEACH si esaurisce in 1050 round. Primo nodo del SEP esaurisce la sua energia in 1000 round e successivamente in pochi round (quasi in 1500 giri) l'intera rete è morta. La performance di SEP è

151

Pagina 176**CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA**

meglio di LEACH, il suo primo nodo muore al 1150 ° round e dopo quello normale i nodi muoiono in pochi altri round. I nodi avanzati mantengono in vita il sistema al 2000 ° round. SEP ha prestazioni migliori rispetto a LEACH poiché ha un avanzamento del 10% nodi e questi nodi hanno la massima possibilità di diventare CH. L'energia viene utilizzata in aggregazione, ricezione e trasmissione. A causa dei nodi avanzati, SEP esegue meglio di LEACH in termini di durata della rete. Ora confrontando SEP con il nostro proposto GSM, è virtualmente diviso in piccole regioni con una geometria definita. I CH sono sostituiti da MS, qui, consumo energetico di aggregazione ed elezione di CH viene salvato. Poiché l'intera rete è suddivisa in modo efficiente in regioni e Stati membri osserva il percorso fisso ei nodi tollerano i ritardi, questo si traduce in un risparmio energetico e prolungando la vita della rete. In GSM, il primo nodo muore al 2400 ° round e l'ultimo al 2600 ° round, il suo periodo di stabilità è migliorato rispetto al precedente schemi. Dopo la morte del primo nodo (in GSM), i nodi rimanenti rapidamente esauriscono la loro energia rispetto agli altri.

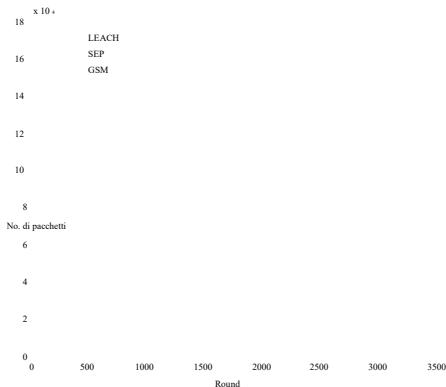


Figura 6.21: Throughput della rete

Nella figura [6.21](#), vengono confrontati i risultati del throughput. Il rendimento è definito come dati totali inviati al lavandino, rilevati dai sensori. L'eterogeneità aumenta il

stabilità e, in definitiva, produttività. Dipende anche dalla capacità del collegamento; Se

Pagina 177
CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

tutti i nodi inviano i dati alla volta, verrà creato un collo di bottiglia e il throughput lo farà diminuire, in quanto vi sono possibilità di perdita di dati. Nei lavelli quadrati comuni, il rendimento è aumentato perché i nodi nella rete passano dalla modalità sleep a quella attiva per risparmiare energia. Poiché il campo è diviso in quadratini, quando MS si ferma in qualsiasi luogo di soggiorno la relativa piazza di quella fermata si sveglia e inizia invio di dati rilevati quando MS si ferma in qualsiasi luogo di soggiorno. A causa del soggiorno modalità sleep quando MS è impegnato nella raccolta di dati dalle fermate più lontane, i nodi si riducono al minimo il loro consumo energetico. Inoltre i nodi risparmiano energia non fungendo da relè per trasmissione dati e selezione CH. Il rendimento di LEACH e SEP è vicino a a vicenda mentre SEP viene esteso aggiungendo il 10% di nodi avanzati. Throughput di il lavandino quadrato comune è significativamente maggiore nella regione stabile e instabile.

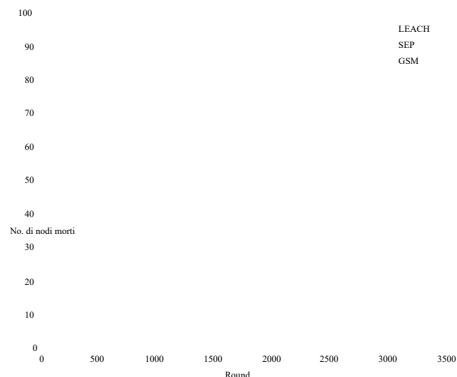


Figura 6.22: Numero di nodi morti per round

I dati precedentemente riportati mostrano che il nostro schema proposto di bility ha prestazioni significativamente migliori rispetto agli schemi di clustering convenzionali. Come noi hanno utilizzato il concetto di mobilità congiunta del lavandino nel GSM, in cui si muovono due lavandini all'interno del campo di rilevamento e raccogliere i dati rilevati da tutti i sensori distribuiti nodi. Abbiamo definito il raggio di rilevamento degli MS, quindi tutti i nodi nelle vicinanze di

Pagina 178
CAPITOLO 6. TRAIETTORIE DEFINITE E CASUALI DEGLI SM IN WSNS OMOGENEO CON TRASMISSIONE EQUILIBRATA

Gli Stati membri trasmettono i propri dati se si trovano nel raggio di rilevamento di quel pozzo. Altrimenti, i nodi entrano in modalità sleep e risparmiano energia. GSM è applicabile solo per la tolleranza al ritardo applicazioni; entrambi i pozzi si muovono su una traiettoria quadrata all'interno del campo di rilevamento. Negli schemi di clustering, i nodi sensore inviano i dati ai loro CH associati e poi

I CH trasmettono inoltre i dati aggregati a BS. Considerando che, in GSM MS hanno sostituito i CH che risparmiano energia dei nodi, poiché la MS è indipendente dall'energia vincolo.

6.4 Conclusione del capitolo

Negli schemi RMS, DMS e GSM proposti, il campo di rete è logicamente visualizzato in piccoli quadrati per configurare la posizione MS. In questo modo, abbiamo raggiunto maggiore velocità di trasmissione e maggiore durata della rete. Abbiamo confrontato RMS e DMS con DREEM-ME in cui il campo è diviso in cerchi concentrici e a seconda della distanza tra il nodo e il pozzo, i dati vengono trasmessi direttamente o tramite nodo multi-hop. Abbiamo anche confrontato i nostri schemi proposti con UC-MS e DYN-NbC, questi possiedono clustering e MS. I risultati lo dimostrano RMS offre prestazioni migliori rispetto a DMS in termini di raccolta dati da regioni ad alta densità prima e rimanendo dopo, mentre in termini di stabilità, la traiettoria DMS mostra prestazioni migliori. In GSM, il modello di rete è eterogeneo a due livelli mentre i nodi passano dalla modalità sleep a quella attiva per risparmiare energia. Divisione virtuale La sion del campo di rete per le posizioni sink riduce al minimo la distanza di comunicazione tra i nodi e MS. Considerando questi fattori, abbiamo migliorato la produttività e la durata della rete. Si osserva che in LEACH i nodi sono omogenei e muoiono rapidamente mentre in SEP il periodo di stabilità aumenta a causa dei nodi avanzati. In GSM, il sink si muove secondo uno schema controllato. Nel prossimo capitolo la mobilità del lavandino è implementato negli UWSN, dove il campo di rete è tridimensionale.

154

Pagina 179

Capitolo 7

Raccolta dati efficiente in 3D UWSN lineare
utilizzando la mobilità del lavandino

Pagina 180

CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN
UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LLEVELLO

7.1 Riepilogo del capitolo

Nello schema proposto, introduciamo MS, ovvero il veicolo subacqueo autonomo (AUV) e anche Courier Nodes (CN), per ridurre al minimo il consumo di energia di nodi. MS e CN si fermano a fermate specifiche per la raccolta dei dati, in seguito CN per- respingere i dati ricevuti allo Stato membro per un'ulteriore trasmissione. Dalla mobilità dei CN e MS, il consumo energetico complessivo dei nodi è ridotto al minimo. Eseguiamo simulazioni per indagare le prestazioni dello schema proposto e confrontato con preesistenti- tecniche. I risultati della simulazione vengono confrontati in termini di durata della rete, velocità effettiva, perdita di percorso, perdita di trasmissione e rapporto di caduta dei pacchetti. Il risultato lo dimostra la tecnica proposta offre prestazioni migliori in termini di durata della rete, throughput, perdita di percorso e scalabilità.

7.2 Motivazione e contributi

Progettare un'architettura di rete sottomarina è un compito difficile a causa del drastico condizioni dell'acqua. Il modello di comunicazione utilizzato in sott'acqua è diverso come rispetto al TWSN come riportato nella tabella 1.1. Abbiamo proposto uno schema 3D-SM, che ha una migliore durata e velocità di trasmissione della rete. I nodi vengono distribuiti in campo trasmette i dati rilevati allo MS quando questi rientrano nel suo raggio di trasmissione. Lo confrontiamo con il protocollo esistente DDRP [75], che è bidimensionale con il modello radio per le trasmissioni. Per un confronto equo, convertiamo DDRP in un ambiente sottomarino tridimensionale e modello acustico applicato per trasmissioni. Il modello di mobilità della SM è casuale in DDRP e non esiste restrizione che visiti tutte le regioni per la raccolta dei dati. A causa della mobilità casuale può visitare una singola regione più di una volta lasciando altre regioni incustodite

perché il tempo di andata e ritorno e il numero di visite sono fissi. In AUV-PN [73], AUV

Pagina 181
**CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN
UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LLEVELLO**

visita luoghi pre-identificati per la raccolta dei dati. L'AUV viaggia nella rete dove vengono distribuiti i nodi, partiziona la rete in cluster e fornisce l'estensione informazioni sulla partizione ai nodi tramite il pacchetto di controllo. I nodi in ogni cluster selects CH, quindi CH divide ulteriormente il cluster in sotto-cluster. CH nomina a PN per ogni sotto-cluster per la ricezione dei dati dagli MN. AUV inizia quindi il tour per ricevere i dati e acquisisce l'elenco delle PN dai CH per raccogliere i dati.

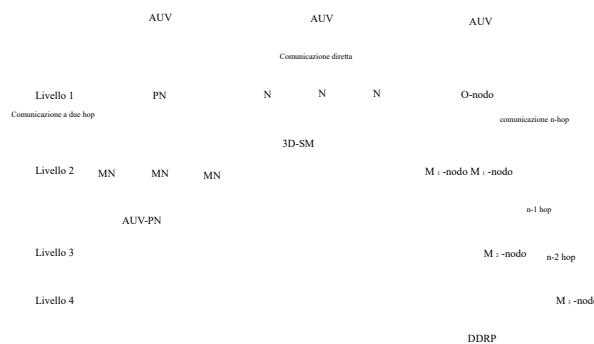


Figura 7.1: Confronto tra schemi proposti e contrari

In questi protocolli di instradamento, DDRP ha problemi di copertura, tutti i nodi non lo sono in grado di inviare i propri dati a MS poiché ha una traiettoria casuale. Inoltre come sta usando comunicazione diretta e nodi devono attendere il proprio turno. AUV-PN ha il lavandino mobilità e clustering. I nodi hanno una carica della batteria limitata e per il prolungamento è richiesto un consumo energetico equilibrato per tutta la durata della rete. I nodi consumano energia nella formazione dei cluster e nella selezione della PN. Anche quando PN inoltra i dati raccolti da MN, consuma più energia. Porta a un rapido esaurimento dell'energia.

Abbiamo affrontato le seguenti sfide nelle reti acustiche sottomarine.

-Minimizzazione del consumo energetico della rete.

-Fine per terminare la minimizzazione del ritardo.

Nello schema proposto, i nodi trasmettono direttamente i dati all'MS e non trasmettono dati di nodi lontani. Lo schema è progettato in modo tale che ogni nodo

Pagina 182
**CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN
UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LLEVELLO**

ha la possibilità di fornire i dati rilevati. In questo modo, i nodi risparmiano la loro energia porta a una maggiore durata della rete. Per far fronte ai limiti della subacquea trasmissioni, MS raccoglie i dati da RC dove vengono distribuiti. I CN raccolgono dati

dai rimanenti RC che non sono considerati nella traiettoria degli Stati membri.

7.3 Framework e definizione formale del problema

lem

Qui descriviamo la relazione dei nodi con la relazione MS o CN. Spiegheremo anche modello di rete.

7.3.1 Relazione tra nodi e MS

Gli UWSN possono essere rappresentati da un grafo orientato $G = (V, E)$, dove V è l'insieme di vertici (nodi) cioè $|V| = n$, dove, $n = 1, 2, 3, \dots, 300$. E sono gli archi che sono collegamenti tra i nodi. Consideriamo il campo cuboide delle dimensioni $500m \times 500m \times 1000m$ che è ulteriormente suddiviso logicamente in quattro RC. In uno RC, MS raccoglie i dati dai nodi e nel resto dei tre RC, i CN lo sono incaricato di raccogliere i dati rilevati dai nodi. CN inoltrano ulteriormente il ricevuto dati agli Stati membri.

Se il nodo n_i è nel raggio di trasmissione di MS, significa che n_i è vicino di MS e la trasmissione dei dati è diretta tra di loro. Quando MS si sposta al prossimo punto di caduta, trova di nuovo i nodi vicini trasmettendo un pacchetto di controllo che contiene le sue informazioni sulla posizione. n_i non è vicino di MS se non è nello stesso RC, dove è distribuito MS. Quindi può essere vicino di qualsiasi C_i . A cui appartiene C_i a CN, che si sposta in ciascuna delle restanti regioni RC lineari e raccoglie i dati da n_i io. C_i trasmette i dati di n_i sono per MS.

158

Pagina 183

CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LLEVELLO

SM
Nodo
Traiettoria di MS o CN
CN

Figura 7.2: Modello di rete

Satellitare
Lavello di superficie

Figura 7.3: Trasmissione da CN a MS

Per supportare il modello proposto viene fornito un insieme di equazioni di programmazione lineare

segue:

Funzione obiettivo:

$$\text{Massimizzare } T \quad (7.1a)$$

$$\text{soggetto a: } h(i) \leq d(n_i, n_j) + h(j) \quad \forall i \in N, j = 1, 2, 3, 4 \quad (7.1b)$$

$$T_{\max} \cdot F_i \geq t_{un} \geq T_{\min} \cdot F_i \quad \forall i \in N \quad (7.1c)$$

$$\sum_{j=1}^4 \sum_{io=1}^n d(n_{io}, n_j) f_{io} \leq 1 \quad \forall i \in N, j \quad (7.1d)$$

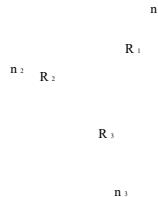
$$T \cdot \left(\sum_{j=1}^4 \sum_{io=1}^n p_{ij} \right) \leq E_i \quad \forall i \in N, j = 1, 2, 3, 4 \quad (7.1e)$$

$$E_i(t_a) \geq E_{tx(min)} \quad \forall i \in N \quad (7.1f)$$

159

Pagina 184

CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LLEVELLO

Figura 7.4: MS è vicino di n_i nodi

$$f_{ij} \leq f_{\max_j} \quad (7.1g)$$

$$t_{io}, f_{io} \geq 0 \quad \forall i \in N \quad (7.1h)$$

dove, T è la durata della rete. Eq. (7.1a) definisce la funzione obiettivo, mentre eq. (7.1b) mostra l'euristica per trovare la distanza minima tra vicini e non vicini. Nell'eq. (7.1c) T_{\min} mostra il tempo di pausa minimo di MS al sink fermare. Eq. (7.1d) mostra che MS tour non supererà la 1. Conservazione dell'energia vincolo è rappresentato nell'eq. (7.1e), che significa energia totale consumata dai nodi durante la vita della rete non può superare l'energia iniziale. Trasmissione dei dati dipende dall'energia residua del nodo, se è uguale all'energia minima richiesta per la trasmissione che è rappresentata nell'eq. (7.1f). Eq. (7.1g) rappresenta il vincolo di flusso tramite collegamento fisico. Mostra che se il flusso da i a j supera il limite superiore f_{\max} , quindi si verifica una perdita / caduta di pacchetti.

7.3.2 Analisi grafica

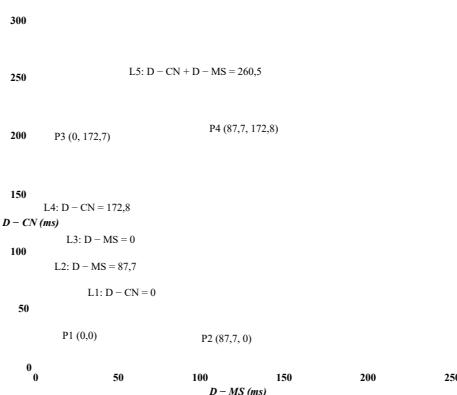
Nel nostro scenario proposto, ci sono due percorsi per la trasmissione dei dati dai nodi

a MS. Trasmissione diretta da nodo a MS e tramite CN. Il ritardo end to end è maggiore quando MS riceve i dati dal nodo tramite CN. Il ritardo end-to-end è minimo quando i nodi inviano dati tramite trasmissione diretta. Il ritardo totale end-to-end

160

Pagina 185
**CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN
UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LAVELLO**

indicato con D è il ritardo combinato della trasmissione diretta (D - MS) e multi-hop (D - CN).



Abbiamo definito una funzione obiettivo:

$$\text{Riduci a icona D} \quad (7.2)$$

$$\text{soggetto a: } D = (D - MS) + (D - CN) \quad (7.3)$$

$$87,7 \leq (D - MS) + (D - CN) \leq 172,8 \quad (7.4a)$$

$$0 \leq (D - MS) \leq 87,7 \quad (7.4b)$$

$$0 \leq (D - CN) \leq 172,8 \quad (7.4c)$$

$$0 \leq (D - MS) + (D - CN) \leq 260,5 \quad (7.4d)$$

L'eq. 7.5a mira a ridurre al minimo i ritardi end-to-end della rete. Eq. 7.3 definisce la natura del ritardo, cioè la funzione obiettivo e la programmazione lineare bidimensionale problema. Vincoli nell'eq. 7.4a fornire i limiti inferiore e superiore del percorso

161

Pagina 186
**CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN
UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LAVELLO**

rispettivamente. Vincoli definiti nell'eq. 7.4b e 7.4c definisce limiti superiori di

D - MS e D - CN indipendentemente. Eq. 7.4d definisce i limiti superiore e inferiore di

la rete considerando congiuntamente entrambi i tipi di ritardi. La Figura 7.5 mostra l'insieme di soluzioni fattibili. Ci sono linee, L1, L2, L3 e L4 che si intersecano e la forma della regione per la loro intersezione è l'insieme di tutte le soluzioni ammissibili. Minimo valore di ogni vertice può essere ottenuto come:

a P1 (0, 0): D = 0ms

atP2 (87,7, 0): D = 87,7 ms

a P3 (0, 172,8): D = 172,8 ms

a P4 (87,7, 172,8): D = 260,5 ms

Il valore minimo di D è 0 ms che indica che le trasmissioni non sono state avviate ancora. È la fase di inizializzazione. Il valore successivo di D è 87,7 ms. Indica diretto trasmissione a MS. Allo stesso modo, il valore successivo 172,7 ms per la trasmissione multi-hop tramite CN. L'ultimo valore è il ritardo massimo, ovvero 260,5 ms, tutti i valori rientrano in questo limite. Ciò mostra che i valori di ritardo in ogni punto si trovano all'interno dei confini della regione illustrata.

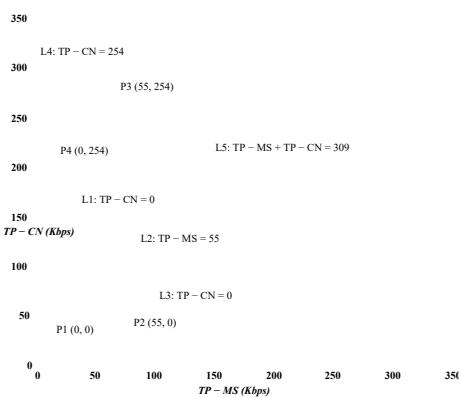


Figura 7.6: Throughput: regione ammissibile

162

Pagina 187

CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LAVELLO

Durante la vita della rete, MS e CN si spostano nel RC definito e raccolgono dati periodicamente, ciò riduce i ritardi e aumenta la produttività. Nella figura 7.6 viene mostrata la regione ammissibile per la velocità effettiva, rappresentata con unità Kbps. ($TP = (TP - MS) + (TP - CN)$)

$$\text{Massimizza } TP \quad (7.5a)$$

$$\text{soggetto a: } 0 \leq (TP - MS) + (TP - CN) \leq 300 \quad (7.5b)$$

$$0 \leq (TP - MS) \leq 55 \quad (7.5c)$$

$$0 \leq (TP - CN) \leq 245 \quad (7.5d)$$

Secondo i limiti forniti nelle eq. 7.5b, 7.5c e 7.5d; la figura 7.6 mostra il file intersecando le linee L1, L2, L3 e L4, risultando in una regione delimitata che mostra il

insieme di soluzioni fattibili. I valori su ogni vertice si ottengono come:

a P1 (0, 0) = 0 Kbps,

a P2 (55, 0) = 55 Kbps,

a P3 (55, 245) = 55 + 245 = 300 Kbps,

a P4 (0, 245) = 245 Kbps

La validità della regione ammissibile è dimostrata. Il rendimento totale durante un viaggio di MS

e CN si trova entro i confini della regione illustrata.

7.3.3 Probabilità di consegna

Nello schema proposto, classifichiamo i nodi in due categorie: vicini di SM

e non vicini di SM. La loro probabilità di consegna è data come del $\text{prob} = \frac{\text{pkt}_d}{\text{pkt}_t}$.

Dove, pkt_d vengono consegnati con successo pacchetti per nodo e pkt_t sono pacchetti inviati

dal nodo.

Ignoriamo le correnti d'acqua nel nostro schema e presumiamo che i nodi presenti nel

rete sono statiche.

163

Pagina 188

CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LLEVELLO

7.3.4 Attenuazione e ritardo di propagazione

A differenza dei WSN terrestri, l'attenuazione negli UWSN non dipende solo dal

distanza di collegamento ma anche sulla frequenza di segnalazione f cioè $A(d, f)$, dove A è l'attenuazione funzione. Dopo l'attenuazione, il rapporto segnale / rumore (SNR) del segnale ricevuto

è $\rho(d, f)$ [84]. Per la distanza "d" tra il nodo di origine e la MS (destinazione) a

una frequenza f (kHz) con coefficiente di diffusione k , Urick in [85] definita attenuazione

eq $A(d, f) = A_0 d^k a_d(f)$. Dove A_0 denota costante di normalizzazione e $a(f)$ è

coefficiente di assorbimento descritto dalla formula Throps [86].

$$10\log_a(f) = \frac{0.11f^2}{1+f^2} + \frac{44f^2}{4200+f} + \frac{2.75f^2}{10^4} + 0,003 \text{ se } f > 0,4 \quad (7.6)$$

e

$$10\log_a(f) = 0,002 + \frac{0.11f}{1+f} + 0,011f \text{ se } f < 0,4 \quad (7.7)$$

è calcolato in dB / km.

Modello di ritardo end-to-end in [87] viene utilizzato per calcolare il ritardo di propagazione, ad es

$$T_p = \frac{s}{v} \quad (7.8)$$

dove s è la distanza tra il nodo mittente e destinatario v è la velocità acustica

segna che è dato come

$$v = 1449,05 + 45,7 t - 5,21 t^2 + 0,23 t^3 + (1,333 -$$

$$0,126t + 0,009t^2) (S - 35) + 16,3z + 0,18z^2 \quad (7.9)$$

dove $t = T / 10$, T è la temperatura in °C, S è la salinità in ppt e z è la profondità in m.

164

Pagina 189
**CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN
UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LLEVELLO**

7.3.5 Rumore del canale acustico

Il mezzo oceanico è diverso dal mezzo aereo nelle WSN in termini di impedenza.

Nel canale acustico, il segnale è influenzato da diversi rumori. Ne teniamo conto turbolenza (N_t), navigazione (N_s), vento (N_w) e rumore termico (N_{th}). Autori in [88] ha modellato questi rumori in base alle statistiche gaussiane, date come:

$$N(f) = N_t(f) + N_s(f) + N_w(f) + N_{th}(f) \quad (7.10)$$

dove,

$$10\log N_t(f) = 17 - 30\log f$$

$$10 \log N_s(f) = 40 + 20(s - 0,5) + 26 \log f - 60 \log(f + 0,03)$$

$$10 \log N_w(f) = 50 + 7,5\sqrt{w} + 20\log f - 40\log(f + 0,4)$$

$$10\log N_{th}(f) = -15 + 20\log f$$

qui, s è il fattore dell'attività di spedizione e varia da $0 \leq s \leq 1$ e $0 \leq w \leq 10$ (m / s)

velocità del vento.

7.3.6 Modello di consumo energetico negli UWSN

I nodi distribuiti nel campo della rete sottomarina sono alimentati da batterie. Energia consumato nel rilevamento e nell'elaborazione dei dati è trascurabile rispetto ai dati trasmissione e ricezione. La potenza di trasmissione dipende dalla distanza e raggio di trasmissione. Con il modello di propagazione, stimiamo la potenza di trasmissione per il rapporto segnale / rumore (SNR) specificato. Usiamo il modello di consumo energetico per comunicazione acustica data in [89]. Viene calcolata l'equazione SNR per il sonar passivo

165

Pagina 190
**CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN
UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LLEVELLO**

$$\text{SNR} = \text{SL} - \text{TL} - \text{NL} + \text{DI} \geq \text{DT} \quad (7.11)$$

dove, SL rappresenta il livello della sorgente, la perdita di trasmissione è la perdita di trasmissione, NL è il rumore livello del ricevitore e l'ambiente. L'indice della direttiva è indicato con DI. Sonar's la soglia di rilevamento è DT. Perdita di trasmissione per nodi in ambiente sottomarino è calcolato in eq. 7.12 del modello Thorp in [90], vale a dire

$$\text{TL} = 10\log(d) + \alpha d \times 10^{-3} \quad (7.12)$$

dove, d denota la distanza tra emettitore e ricevitore e α è l'assorbimento coefficiente. Nell'eq. 7.11, la perdita di rumore è calcolata dall'eq. 7.10. SL può essere calcolato dall'eq. 7.11:

$$\text{SL} = \text{SNR} + \text{TL} + \text{NL} - \text{DI} \quad (7.13)$$

L'intensità del segnale trasmesso viene calcolata come

$$I_{\text{Tx}} = 10^{\text{SL}/10} \times 0,67 \times 10^{-18} \quad (7.14)$$

e la potenza trasmessa dalla fonte è

$$P_{\text{Tx}}(d) = 2\pi \times 1m \times H \times 10^{\text{SL}/10} \times 0,67 \times 10^{-18} \quad (7.15)$$

L'energia richiesta per la trasmissione di k bit su una distanza d è data come:

$$E_{\text{Tx}}(k, d) = P_{\text{Tx}}(d) \times T_{\text{Tx}} \quad (7.16)$$

dove, T_{Tx} è il tempo in secondi che k bit impiega per raggiungere la destinazione coprendo d distanza.

7.4 Modello e descrizione della rete

Considera una rete con un numero N di nodi wireless alimentati a batteria, lo sono schierati in modo casuale sul campo e rimarranno fermi in seguito. Tutti i nodi della rete hanno lo stesso raggio di rilevamento e la stessa quantità di energia iniziale. Un nodo svolge quattro compiti principali: rilevamento, elaborazione, ricezione e trasmissione. Negli UWSN, i nodi utilizzano la comunicazione acustica per la trasmissione dei dati e ha un grande ritardo di propagazione. Per risparmiare energia, può essere il meccanismo del sonno sveglio introdotto nella rete. Tuttavia, a causa del lungo ritardo di propagazione, i nodi possono non essere in grado di ricevere messaggi di controllo da MS e attivarsi immediatamente. Nel nostro schema proposto, i nodi rimangono attivi fino alla loro morte. Gli UWSN sono diversi da

WSN terrestri in termini di larghezza di banda di comunicazione ridotta e corrente oceanica.

Questo schema segue i due passaggi seguenti:

Algoritmo 1 Identificazione dei vicini e dei non vicini

- 1: ogni nodo e MS trasmettono un pacchetto di controllo.
- 2: Se n_{i0} e MS si ricevono reciprocamente il pacchetto e il corrispondente "riconoscimento" (ment), quindi questi si aggiungono a vicenda all'elenco dei vicini.
- 3: Se n_{ii} riceve un "riconoscimento" da C_i invece che da MS, aggiorna il suo elenco dei vicini con C_i ed è non adiacente di MS.

Fase associativa:

- i- MS ha l'informazione della sua posizione (X_n, Y_n, Z_n) , dove $n = 1, 2, 3, 4$.
- ii- MS raccoglie i dati dai vicini nel raggio calcolando la distanza, ovvero $d(n_{i0}) = \sqrt{(x_{i0} - X_n)^2 + (y_{i0} - Y_n)^2 + (z_{i0} - Z_n)^2} \leq R$, dove, n_{i0} è un nodo singolo con le coordinate cartesiane (x_{i0}, y_{i0}, z_{i0}) e R è il raggio del raggio di rilevamento di MS.
- iii- I nodi che non sono vicini a MS trovano il c_i per l'inoltro dei dati. Essi trovano la distanza minima C_i , $d(n_{ii}) = \sqrt{(x_{ii} - x_{ci})^2 + (y_{ii} - y_{ci})^2 + (z_{ii} - z_{ci})^2} \leq r$,

167

Pagina 192

CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LAVELLO

dove, n_{ii} è un nodo singolo con coordinate di posizione (x_{ii}, y_{ii}, z_{ii}) , cioè non vicino di MS e r è il raggio di rilevamento e trasmissione di C_i .

Algoritmo 2 Definizione dei margini per l'inoltro dei pacchetti di dati

- 1: Ogni nodo che è vicino a MS invia dati tramite trasmissione diretta.
- 2: I non vicini di MS trovano i c_i , che raccolgono i loro dati e li inoltrano a SM.
- 3: C_i non ha vincoli energetici, le trasmissioni di dati avvengono a distanza minima.

iv- Un nodo invia i dati rilevati a MS direttamente se $d(n_i) \leq R$, altrimenti attendono fino all'arrivo di MS alla fermata più vicina. Stessa condizione per quei nodi che inviano i loro dati a C_i , se $d(n_i) \leq r$.

Fase di raccolta: dopo l'inizio del funzionamento della rete, tutti i nodi sono attivi modalità e rilevamento dei dati dal campo. MS trasmette un pacchetto di controllo $I_c(n_i, d(n_i), t_i, R)$, dove I_c è un pacchetto di controllo, n_i è l'id del nodo corrente, $d(n_i)$ è la distanza tra nodo e MS. t_i è lo slot di tempo assegnato a n_i per la trasmissione dei dati, R è il raggio di missione di MS.

Nodi che non ricevono il pacchetto di controllo da MS in un certo tempo t . Essi riceveranno il pacchetto di controllo da C_i cioè $I_c(n_{ii}, d(n_{ii}), t_{ii}, r)$, dove, I_c è il pacchetto di controllo, n_{ii} è l'attuale id nodo prossimo di C_i . $d(n_{ii})$ è la distanza tra i nodi e CN. r è il raggio di trasmissione del nodo.

7.5 Risultati della simulazione

In questa sezione, valutiamo i risultati delle prestazioni di 3D-SM.

7.5.1 Metriche delle prestazioni - definizioni

Le definizioni dei parametri di prestazione sono fornite nel capitolo 3 sezione [3.5.1](#).

Considerando che per la durata della rete in questo schema è definito come il tempo dall'inizio

168

Pagina 193

CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LLEVELLO

della rete fino alla morte del primo nodo. È misurato in unità di tempo es secondi.

7.5.2 Metriche delle prestazioni - discussioni

Per le simulazioni consideriamo un campo di 500 m × 500 m × 1000 m. 300 nodi sono casuali dispiegato nella rete con la stessa energia iniziale, ovvero 70J. Raggio di trasmissione di MS è di 70 m in ogni schema. DDRP dispone di trasmissioni multi-hop per la consegna dei dati a MS, che sta raccogliendo dati dai nodi e ha una traiettoria casuale. In 3D SM, MS raccoglie i dati direttamente dai nodi e si sposta periodicamente sul campo.

La regione lontana dallo Stato membro ha CN che aiutano a evitare la comunicazione multi-hop e raccoglie i dati dai nodi e li invia a MS a distanza minima.

7.5.2.1 Durata della rete

3D-SM bilancia il carico dei nodi e si traduce in una maggiore durata della rete. Esposuramento del nodo nenziale mostra che il consumo di energia dei nodi è equilibrato e dopo la morte del primo nodo, i nodi iniziano a esaurire l'energia. Questo schema evita le trasmissioni multi-hop per risparmiare l'energia dei nodi. MS e

I CN ricevono i dati dai nodi e quindi CN trasmettono ulteriormente i dati ricevuti alla MS.

In termini di durata della rete, 3D - SM> AUV - PN> DDRP. Questo analisis mostra che AUV-PN consuma più energia nella formazione di cluster e in selezione di CH che si traduce in una minore durata della rete. Tuttavia, DDRP e Entrambi gli AUV-PN hanno un consumo energetico sbilanciato che viene rappresentato dalla figura [7.7](#). I nodi selezionati come CH hanno una durata più breve perché questi relè i dati di MN. I criteri di selezione di CH si basano sul protocollo LEACH, che dipende dalla probabilità. Questo è il principale difetto del protocollo LEACH, esiste nessun controllo sull'energia residua, molti autori hanno affrontato questo problema (rif. SEP, DEEC, eccetera.). Mentre in DDRP, non esiste uno schema predefinito di traiettoria MS che coprirà

169

Pagina 194

CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN

UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LLEVELLO

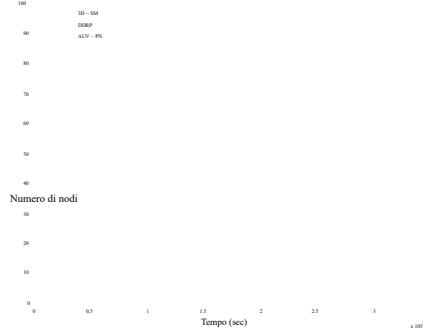


Figura 7.7: Durata della rete

l'intera rete. La sua mobilità è casuale, può visitare due volte la stessa regione raccolta dati, questo porta a trasmissioni sbilanciate come mostrato nella figura 7.7.

7.5.2.2 Velocità effettiva

Nella figura 7.8, viene mostrato il throughput, 3D-SM funziona meglio grazie alla rete più lunga vita e modello di mobilità della SM. I CN ricevono spesso dati dai nodi e inviare questi dati a MS, questo si traduce in una maggiore produttività. AUV-PN ha CH per raccogliere i dati dagli MN e inoltrare le informazioni ricevute al sink. Ogni nodo invia i propri dati durante un round per affondare tramite CH. Mentre in DDPN a causa di mobilità casuale, gli Stati membri potrebbero non ricevere tutte le informazioni dal campo. DDPN raggiunge una maggiore durata della rete rispetto all'AUV-PN, tuttavia al costo di rendimento. Inizialmente, il comportamento della trama è lineare come in tutti e tre i protocolli tutti i nodi sono vivi.

7.5.2.3 Pacchetto scartato

Quando il numero di trasmissioni e ricezioni aumenta anche il rapporto di rilascio dei pacchetti aumenta a causa di collisioni. Nella simulazione, abbiamo utilizzato il modello Random uniforme [83], dove la caduta di pacchetti è correlata allo stato di collegamento errato attraverso il quale viene propagata. Se

170

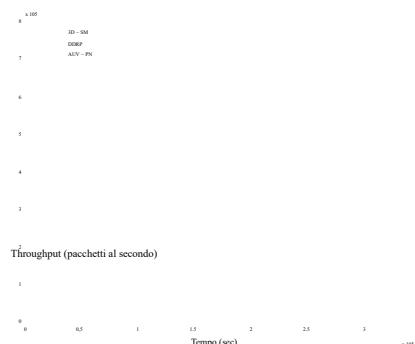
Pagina 195CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN
UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LLEVELLO

Figura 7.8: Throughput di rete

lo stato del collegamento è buono, invece, il sink riceve con successo un pacchetto di dati se lo stato del collegamento è errato, il pacchetto viene eliminato. Nelle nostre simulazioni impostiamo il 30% probabilità di stato di collegamento errato che significa $p_{\text{cattivo}} = 0,3$ e $p_{\text{buono}} = 0,7$. I CN si riuniscono dati e consegnarli agli Stati membri quando questi hanno più dati da fornire in un tempo limitato il rapporto di rilascio dei pacchetti aumenta. Le reti dense hanno rapporti di caduta dei pacchetti più elevati come rispetto a quelli sparsi. Nella figura 7.9, il rapporto di rilascio dei pacchetti di 3D-SM è maggiore rispetto a DDRP perché ha più pacchetti da trasmettere al sink, probabilità di pacchetto aumenta anche il calo. In AUV-PN, c'è più probabilità di perdita di pacchetti come questa

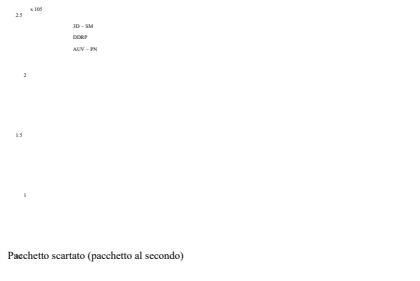


Figura 7.9: Pacchetto scartato

Pagina 196

CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LAVELLO

il protocollo impegna la trasmissione a due hop; I dati di MN attraverso CH al MS. Anche, dipende dal numero di pacchetti inviati al sink, il throughput di DDRP è inferiore confronto con 3D-SM.

7.5.2.4 Perdita di percorso

Durante le trasmissioni nel modello acustico si verifica una perdita di energia lungo la propagazione di azione. I meccanismi primari per la perdita di energia sono: diffusione geometrica, perdita di assorbimento e dispersione. La diffusione geometrica è definita come onda sonora si allontana dal nodo, l'area che copre l'energia sonora diventa più grande e di conseguenza l'intensità del suono diminuisce. Terreno subacqueo per la propagazione è denso rispetto al terrestre, quando un segnale acustico si propaga da nodo sorgente verso l'MS e la distanza tra loro è lunga, la perdita di potenza è causato dalla diffusione geometrica. Che è direttamente proporzionale al quadrato della distanza. Quando il nodo sorgente trasmette il segnale in cui può essere convertito altre forme e assorbito dal mezzo. In caso di segnali acustici, l'ab-sorzione del mezzo è calcolato in [71]. La dispersione è un processo fisico in cui le disuniformità nel mezzo come particelle e bolle, costringono il segnale a deviare dalla sua traiettoria. A causa dei densi canali sottomarini ci sono più possibilità di dispersione. La dispersione causa la perdita del percorso e il ritardo end-to-end. Nella figura 7.10, vengono mostrate le perdite di percorso. In 3D-SM, la perdita di percorso è inferiore in confronto. Tutta la trama di

Il 3D-SM non sta cambiando drasticamente come AUV-PN e DDRP. AUV-PN è un cluster basato sul protocollo di routing MS, la perdita di percorso aumenta linearmente con una frequenza maggiore in confronto fino alla durata della rete. Dopo circa 70.000 secondi il suo comportamento è leggermente variabile, tuttavia quando il numero di nodi morti aumenta anche la perdita di percorso aumenta perché la rete diventa scarsa. In DDRP, durante la vita della rete c'è un leggero aumento nella perdita del percorso, tuttavia, dopo la morte del primo percorso del nodo

172

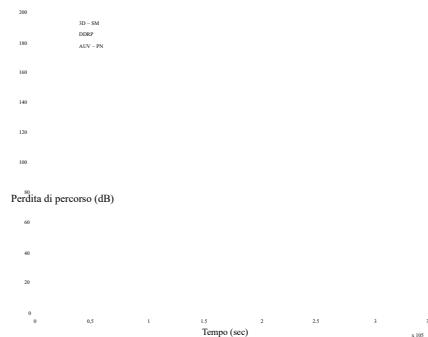
Pagina 197
**CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN
UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LLEVELLO**


Figura 7.10: Perdita di percorso

la perdita diminuisce perché i nodi iniziano a morire, il che porta a un aumento del tempo brusco cambiamento nella perdita di percorso quando la rete è scarsa.

7.5.2.5 Perdita di trasmissione

La perdita di trasmissione è definita come diminuzione dell'intensità del segnale attraverso il percorso dal nodo mittente al nodo destinatario. C'erano stati sviluppati diversi espressioni empiriche per misurare la perdita di trasmissione. La formula di Thorp definisce il perdita di trasmissione del segnale (eq. 7.12). La perdita di trasmissione per lo schema proposto è

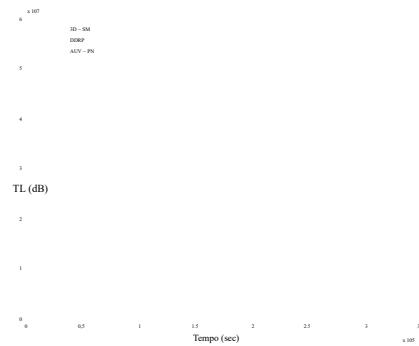


Figura 7.11: TL della rete

173

Pagina 198
**CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN
UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LLEVELLO**

mostrato in figura 7.11. I risultati mostrano che la perdita di trasmissione del 3D-SM è maggiore rispetto a DDRP. In 3D-SM, il numero di trasmissioni è maggiore, la perdita di trasmissione diminuisce dipende dalla distanza tra il mittente e il destinatario. In questo schema il le trasmissioni sono dirette e la distanza varia dal valore minimo al massimo (raggio di trasmissione). Anche i nodi lontani dalla MS inviano direttamente dati che piega la perdita di trasmissione nello schema. In DDRP, dati dalla sorgente al ricevitore viene inviato tramite trasmissione multi-hop a distanza minima. Questo diminuisce il perdita di trasmissione.

La perdita di trasmissione di AUV-PN è maggiore a causa del clustering. È il costo pagato a ottenere una migliore produttività e un minor ritardo.

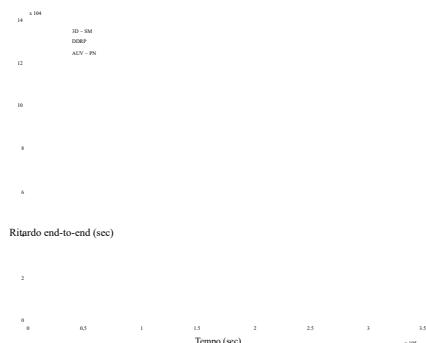
7.5.2.6 Ritardo end to end


Figura 7.12: Ritardo end-to-end

Il ritardo end-to-end dipende dalla velocità del segnale acustico e dalla trasmissione distanza. Qui, s indica la distanza tra il nodo sorgente e l'MS / CN, velocità del segnale acustico varia da 1450 m / sa 1500 m / s a seconda della profondità di acqua. Come $t = s / v$, ritardo end-to-end direttamente proporzionale alla comunicazione distanza. Nella figura 7.12, DDRP ha un ritardo end-to-end maggiore perché i nodi devono farlo

174

Pagina 199
**CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN
UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LLEVELLO**

attendere che MS arrivi alla fermata vicina per ricevere i dati altrimenti i dati vengono inoltrati tramite multi-hopping a causa della mobilità casuale della SM. In AUV-PN, per la trasmissione dei dati i nodi devono trasmettere i dati rilevati al CH. CH inoltra i dati ricevuti all'MS, questa procedura aumenta il ritardo. Nel il nostro schema proposto 3D-SM, MS raccoglie i dati dai nodi dopo un normale intervallo. Nel resto delle regioni, i CN trasmettono i dati raccolti allo Stato membro che conduce a un ritardo relativamente più basso da un'estremità all'altra.

7.5.3 Metriche delle prestazioni - compromessi

Tuttavia, 3D-SM ha aumentato il throughput a costo di una maggiore perdita di pacchetti.

Lo schema di trasmissione qui è diretto, dopo aver rilevato i dati, i nodi attendono MS o CN per inviare i dati. In questo modo il ritardo end-to-end viene minimizzato introducendo un tour efficiente della SM e dei CN. La presenza di CN sta contribuendo alla rete massimizzazione della durata, ma allo stesso tempo è motivo di perdita di trasmissione in 3D-SM. Abbiamo applicato un modello uniforme casuale per calcolare la caduta di pacchetti, dove la perdita di pacchetti è direttamente proporzionale al throughput, maggiore è il throughput più alto è il rapporto di pacchetti persi.

DDRP riduce al minimo la perdita di trasmissione e la perdita di percorso al costo di una riduzione in altre parole, aumento del ritardo end-to-end e riduzione della durata della rete. DDRP ha una lunga durata terminare il ritardo dovuto alle traiettorie casuali della SM. Inoltre, non ci sono restrizioni che MS raccoglierà i dati da tutti i nodi in un tour.

AUV-PN è un protocollo di routing basato su cluster in cui PN riceve i dati da MN e lo invia ad AUV. La sua durata di rete è inferiore rispetto al resto dei schemi perché il nodo consuma energia in eccesso nel processo di raggruppamento. AUV-PN riduce al minimo i ritardi e prolunga la durata della rete a scapito della perdita di trasmissione e perdita di percorso.

175

Pagina 200

CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LIVELLO

7.6 Analisi di scalabilità

Il nostro 3D-SM proposto e gli esistenti AUV-PN e DDRP sono simulati da variando il numero di nodi nella rete compreso tra 200 e 1000. In figura

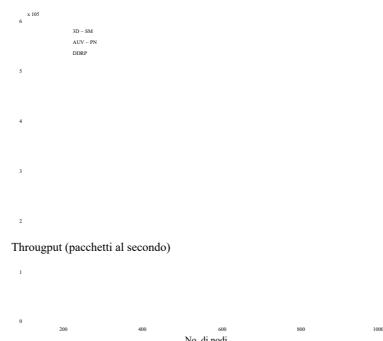


Figura 7.13: Confronto del throughput con diversi n. di nodi

[7.13](#) comportamento del throughput di tre protocolli di routing con diverso numero di nodi è mostrato. Aumentando i nodi nella rete con le stesse dimensioni SM-3D e AUV-PN, il throughput ha un comportamento crescente. Mentre in DDRP li è un leggero cambiamento nel throughput. DDRP supporta il multi-hopping, con l'estensione aumento del numero di nodi, il numero massimo di nodi invia i propri dati tramite multi-speranza

che aumenta le perdite di trasmissione (figura 7.14), perdite di percorso (figura 7.15) e aumento del ritardo end-to-end (figura 7.16). Mentre AUV-PN e SM-3D stanno ricevendo dati direttamente dai nodi, il ritardo end-to-end può aumentare relativamente.

La figura 7.14 mostra le perdite di trasmissione, con la variazione del numero di nodi.

In SM-3D le perdite di trasmissione aumentano linearmente. In AUV-PN e DDRP, la trasmissione le perdite di ioni aumentano esponenzialmente con l'aumentare della densità dei nodi. Perdita di percorso con l'aumento del numero di nodi è mostrato nella figura 7.15. C'è una leggera variazione nel percorso valore di perdita in 3D-SM e AUV-PN, mentre in DDRP aumentando il numero di nodi

176

Pagina 201

CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LLEVELLO

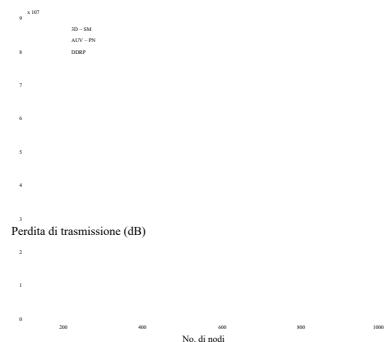


Figura 7.14: Perdita di trasmissione

nella rete la perdita di percorso aumenta anche in modo esponenziale. Poiché la densità dei nodi nella rete

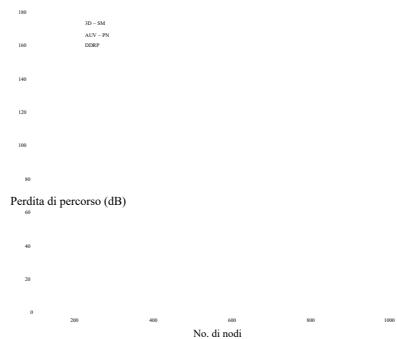


Figura 7.15: Perdita di percorso

il lavoro aumenta il ritardo end-to-end degli aumenti 3D-SM rispetto ad AUV-PN. Nel AUV-PN si formano più cluster e anche il numero di PN aumenta e si carica Le PN sono gestite in termini di ritardo end-to-end. Mentre nel numero 3D-SM di MS e I CN sono fissi, aumentando il numero di nodi, MS e CN vengono caricati e ritardati aumenta.

In DDRP il ritardo end-to-end aumenta esponenzialmente a causa del multi-hopping. Noi

177

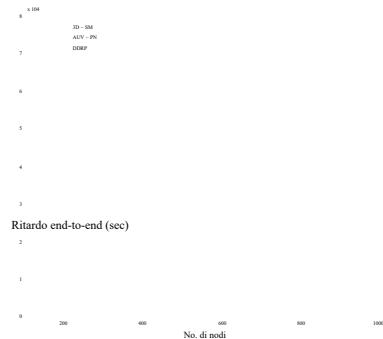
Pagina 202
**CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN
UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LAVELLO**


Figura 7.16: Ritardo end-to-end

ha concluso da questa analisi che 3D-SM è più scalabile rispetto ad AUV-PN
e DDRP.

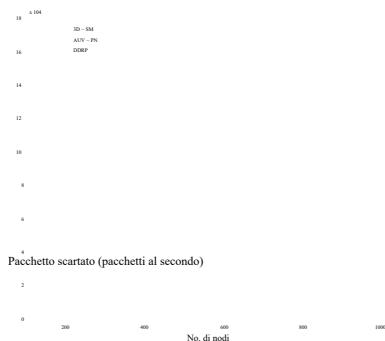


Figura 7.17: Rapporto di rilascio pacchetti

7.7 Conclusione del capitolo

In questo capitolo abbiamo proposto un protocollo di routing efficiente, ovvero 3D-SM per UWSN. È implementato su rete lineare. Per ridurre al minimo il consumo di energia L'intero campo dei nodi è logicamente diviso in RC e anche MS e CN lo sono

178

Pagina 203
**CAPITOLO 7. EFFICIENTE RACCOLTA DEI DATI IN 3D LINEAR UWSN
UTILIZZO DELLA MOBILITÀ DEL LAVELLO**

schierato. La mobilità degli Stati membri e dei CN aumenta anche la durata della rete riduce al minimo i ritardi. Per convalidare il nostro schema, lo abbiamo confrontato con selected schemi esistenti. I risultati della simulazione mostrano che 3D-SM migliora il periodo di stabilità ca. 60% rispetto a DDRP e 50% rispetto a AUV-PN. Anche velocità effettiva, perdita di percorso la perdita di trasmissione e il rapporto di caduta dei pacchetti dello schema proposto sono migliori di quelli esistenti protocolli confrontati.

Inoltre, abbiamo presentato un'analisi della scalabilità che mostra che 3D-SM è scalabile.

179

Pagina 204

Capitolo 8

Conclusione e lavoro futuro

Pagina 205**CAPITOLO 8. CONCLUSIONE E LAVORI FUTURI**

8.1 Conclusione

Nei WSN basati su sink statico, i nodi vicini al sink esauriscono rapidamente la loro energia risultante in disconnessione prematura dalla rete. Per alleviare questo problema, equilibrato sono necessarie strategie di consumo energetico. La SM è uno dei mezzi più efficaci minimizzare / bilanciare il consumo energetico dei nodi di rete massimizzando raccolta di dati. In questa dissertazione, abbiamo una panoramica completa e ha valutato le strategie di instradamento esistenti che coinvolgono gli Stati membri in WSN e UWSN. La valutazione ci ha permesso di identificare i parametri di controllo chiave la cui corretta messa a punto facilita in modo significativo il raggiungimento degli obiettivi desiderati.

In questa dissertazione, abbiamo presentato protocolli di instradamento basati sulla mobilità sink per WSN. Questi protocolli presentati coprono i domini reattivi e proattivi in ambienti di simulazione omogenei ed eterogenei. Ad esempio: AM-DisCNT e iAM-DisCNT sono protocolli proattivi per WSN omogenei; HEER e MHEER sono protocolli reattivi per WSN omogenei; BEENISH, iBEEN-ISH, MBEENISH e iMBEENISH sono protocolli proattivi per eterogenei WSN. In AM-DisCNT, clustering logico e numero fisso di CH selezionati ha migliorato la durata della rete. Tuttavia, a costo di una produttività ridotta. iAM-DisCNT utilizza due MS che hanno notevolmente migliorato la durata della rete e portata. AM-DisCNT ha ca. 32% mentre, iAM-DisCNT ha ca. Il 48% ha migliorato il periodo di stabilità rispetto ai programmi di rotta LEACH e DEEC tocols. Allo stesso modo, la natura ibrida di HEER ha ridotto al minimo il consumo di energia di nodi in una certa misura. Tuttavia, HEER seleziona un numero casuale di CH in ciascuna iterazione che porta a dimensioni irregolari del cluster. MHEER utilizza il clustering statico, fisso numero di CH selezionati in ogni iterazione e MS. Quindi, la performance di MHEER è migliore di quella dell'HEER. HEER-SM dispone di ca. 38%, MHEER ha un prox. 40% e MHEER-SM ha ca. Periodo di stabilità migliore del 46% rispetto a HEER.

Pagina 206

CAPITOLO 8. CONCLUSIONE E LAVORI FUTURI

BEENISH contribuisce al prolungamento della vita della rete introducendo quattro tipi di nodi sulla base dell'energia iniziale; normale, avanzato, super e ultra super.

Un problema con questa tecnica è la frequente selezione di nodi ad alta energia agire come CH. iBEENISH regola dinamicamente la probabilità di selezione CH da risolvere questo problema. Le versioni di mobilità del lavandino di BEENISH e iBEENISH rendono ulteriormente la resa miglioramenti in termini di durata della rete e throughput. Dove, iM BEENISH periodo di stabilità migliorato ca. 15% rispetto a M BEENISH, 27% rispetto a i BEENISH e ca. 37% rispetto a BEENISH. Abbiamo studiato diverse mobilità del lavandino traiettorie che includono sia quelle definite che quelle casuali. In traiettorie definite, abbiamo studiato la mobilità del lavandino su un percorso definito e traiettorie casuali. Sulla base dei risultati della nostra indagine, abbiamo proposto 3D-SM per UWSN. Questo protocollo ha mostrato un miglioramento significativo verso i nostri obiettivi desiderati grazie a modalità di sonno e attiva dei nodi e incorporazione di CN e AUV nella rete lavoro. La convalida basata sulla simulazione di tutti gli schemi proposti ne giustifica il parente efficacia in termini di metriche di performance selezionate. Stabilità della rete in 3D-SM è migliorato di ca. 60% rispetto a DDRP e 50% rispetto a AUV-PN.

8.2 Lavoro futuro

In questa dissertazione, non abbiamo considerato le reti geografiche e il costo ipotetico delle traiettorie. C'è una notevole opportunità per estendere il lavoro in corso in entrambe queste aree. Poiché i nostri contributi sono solo di simulazione Lo sviluppo di un banco di prova sperimentale basato in tempo reale per testare questi protocolli è anche una potenziale area di ricerca. Inoltre, i risultati delle diversità nella simulazione e lo sviluppo in tempo reale sarà molto apprezzato dalla comunità di ricerca. Come il sink non ha vincoli energetici e computazionali, utilizzo dell'apprendimento automatico le tecniche per trovare / scegliere la posizione MS ottimale miglioreranno notevolmente la rete

Pagina 207

CAPITOLO 8. CONCLUSIONE E LAVORI FUTURI

prestazione. Infine, sarà più interessante considerare la mobilità del lavandino con distribuzione dei nodi come problema di ottimizzazione congiunta.

183

Pagina 208

Capitolo 9

Bibliografia

Bibliografia

- [1] J. Yick, B. Mukherjee e D. Ghosal, "Wireless sensor network survey", *Com-*
reti di computer, vol. 52, n. 12, pagg. 2292-2330, 2008.
- [2] C. Ma, N. Liu e Y. Ruan, "A Dynamic and Energy-Efficient Cluster-
ing Algorithm in Large-Scale Mobile Sensor Networks ", *Rivista internazionale*
of Distributed Sensor Networks, vol. 2013, ID articolo 909243, 8 pagine,
doi: 10.1155 / 2013/909243, 2013.
- [3] MH Anisi, AH Abdullah, Y. Coulibaly e SA Razak, "EDR:
intradamento efficiente dei dati nelle reti di sensori wireless ", *International Jour-*
finale di Ad Hoc and Ubiquitous Computing, vol. 12, no. 1, pagg. 46–55,
doi: 10.1504 / IJAHUC.2013.051390, 2013.
- [4] MA Hamid, MM Alam, MS Islam, CS Hong e S. Lee, "Fair
raccolta dati in reti di sensori wireless: analisi e protocollo ", *annali di*
telecommunications-annales des t'el'ecommunications, vol. 65, n. 7-8, pagg.
433–446, doi: org / 10.1007 / s12243-010-0163-5I, 2010.
- [5] SE Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam e E. Cayirci, "Wireless
reti di sensori: un'indagine ", *Computer Networks*, vol. 38, iss. 4, pagg. 393–422,
2002.
- [6] O. Ztyoune, M. El-Aroussi e D. Aboutajdine, "Un cluster ad alta efficienza energetica-

Pagina 210**BIBLIOGRAFIA**

- di Ad Hoc and Ubiquitous Computing, vol. 7, no. 1, pagg. 54–59, 2011.
- [7] K. Akkaya e M. Younis, "Un'indagine sui protocolli di instradamento per il sensore wireless reti ", reti ad hoc, vol. 3, no. 3, pagg. 325-349, 2005.
- [8] L. Liang, D. Gao, H. Zhang e O. WW. Yang, "Rilevamento efficiente degli eventi protocollo in reti di sensori wireless guidate da eventi ", Sensors Journal, IEEE vol. 12, no. 6, pagg. 2328–2337, doi: 10.1016 / j.adhoc.2003.09.010, 2012.
- [9] A. Ahmad, N. Javaid, ZA Khan, U. Qasim e TA Alghamdi, "(ach) 2 : Schema di instradamento per massimizzare la durata e il rendimento di wsns, "Sensors Journal, IEEE, vol. 14, iss. 10, pagg. 3516–3532, doi: 10.1109 / JSEN.2014.2328613, 2014.
- [10] O. Zytoune, M. El-Aroussi e D. Aboutajdine, "Un efficiente protocollo di clustering per il routing in Wireless Sensor Network ", Internazionale Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing, vol. 7, no. 1, pagg. 54–59, doi: 10.1504 / IJAHUC.2011.037853, 2011.
- [11] Y. Liao, H. Qi e W. Li, "Algoritmo di clustering con bilanciamento del carico con disauto-organizzazione tributata per le reti di sensori wireless ", Sensors Journal, IEEE, vol. 13, n. 5, pagg. 1498–1506, doi: 10.1109 / JSEN.2012.2227704, 2013.
- [12] W. Jin, C. Jinsung, L. Sungyoung, C. Kwang-Cheng e L. Young-Koo, "Algoritmo di instradamento consapevole dell'energia basato sul luppolo per reti di sensori wireless" Transazioni IEICE sulle comunicazioni, vol. 93, n. 2, pagg. 305-316, 2010.
- [13] WR Heinzelman, A. Chandrakasan e H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Protocollo di comunicazione per reti di microsensori wireless ", Atti di la 33a conferenza internazionale delle Hawaii sulle scienze dei sistemi, pp. 1–10, 2000.

Pagina 211**BIBLIOGRAFIA**

- [14] A. Manjeshwar e DP Agrawal, "TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks, Proceedings 15th International Symposium su Elaborazione parallela e distribuita, p. 30189a, 2000.

- [15] G. Smaragdakis, I. Matta e A. Bestavros, "SEP: A Stable Election Proto-

col per reti di sensori wireless eterogenee in cluster ", Boston University

Dipartimento di Informatica, pagg. 1–11, 2004.

[16] L. Qing, Q. Zhu e M. Wang, "Progettazione di un cluster efficiente dal punto di vista energetico
algoritmo di tering per reti di sensori wireless eterogenee ", Elsevier Computer communications, vol. 29, n. 12, pagg. 2230–2237, 2006.

[17] K. Latif, A. Ahmad, N. Javaid e ZA Khan, "Divide-and-Rule Scheme
per il routing efficiente dal punto di vista energetico nelle reti di sensori wireless ", 4th International
Conferenza su sistemi ambientali, reti e tecnologie (ANT 13), pagg.
340–347, 2013.

[18] S. Priyankara, K. Kinoshita, H. Tode e K. Murakami, "A Clustering
Metodo per reti di sensori wireless con tipi di nodi eterogenei, "IE-
ICE TRANSACTIONS on Communications, vol. E94-B, n. 8, pagg. 2254–
2264, 2011.

[19] VT Quang e T. Miyoshi, "Adaptive Routing Protocol with Energy Efficiency and Event Clustering for Wireless Sensor Networks, IEICE TRANSAZIONI sulle comunicazioni, vol. E91-B, n. 9, pagg. 2795–2805, 2008.

[20] Y. Kiri, M. Sugano e M. Murata, "On Characteristics of Multi-Hop Comunicazioni in reti di sensori cluster su larga scala ", IEICE TRANSAZIONI sulle comunicazioni, vol. E90-B, n. 2, pagg. 228–238, 2007.

[21] S. Climent, A. Sanchez, JV Capella, N. Meratnia e JJ Serrano, "Un-
reti di sensori wireless acustici derwater: progressi e tendenze future in
livelli fisici, MAC e di instradamento ", in Sensors, vol. 14, n. 1, pagg. 795-833,
2014.

[22] L. Karim, QH Mahmoud, H. Qusay, N. Nasser, AAN Khan, "Local-
izzazione nella rete di comunicazione m2m basata su sensori terrestri e sottomarini
opere: architettura, classificazione e sfide ", in International Journal
dei sistemi di comunicazione, 2015.

[23] WB Heinzelman, "Architetture di protocollo specifiche per applicazioni per wireless
reti ", Ph.D. tesi, Massachusetts Institute of Technology, 2000.

[24] N. Israr e I. Awan, "Algoritmo di clustering multihop per il bilanciamento del carico in
reti di sensori wireless ", International Journal of Simulation, Systems, Science and Technology, vol. 8, no. 1, pagg. 13-25, 2007.

[25] MS Ali, T. Dey e R. Biswas, "Aleach: Advanced leach routing protocol per reti di microsensori wireless ", ingegneria elettrica e informatica, 2008. ICECE 2008. Conferenza internazionale su, pp. 909-914, IEEE, 2008.

[26] AA Abbasi e M. Younis, "Un'indagine sugli algoritmi di clustering per il wireless reti di sensori ", Computer Communications, vol. 30, n. 14, pagg. 2826-2841, 2007.

[27] A. Manjeshwar e DP Agrawal, "Apteen: un protocollo ibrido per efficiente instradamento e recupero completo delle informazioni nelle reti di sensori wireless " Atti della 16a elaborazione parallela e distribuita internazionale Simposio, p. 48, 2002.

BIBLIOGRAFIA

[28] AF Aderohunmu e JD Deng, "An Enhanced Stable Election Protocol (SEP) per Clustered Heterogeneous WSN, "IEEE Communications Magazine, vol. 9, iss. 2002, pagg. 3–79, 2002.

[29] L. Qing, Q. Zhu e M. Wang, "Progettazione di un cluster energeticamente efficiente-algoritmo di tering per reti di sensori wireless eterogenee, "Computer munications, vol. 29, n. 12, pagg. 2230-2237, 2006.

[30] B. Elbhiri, R. Saadane e D. Aboutajdine, "Energia distribuita stocastica-clustering efficiente (sdeec) per reti di sensori wireless eterogenee ", Giornale ICGST-CNIR, vol. 9, n. 2, pagg. 11-17, 2009.

[31] T. Mikoshi, S. Momma e T. Takenaka, "PARC: Power Aware Routing and Schema di clustering per reti di sensori wireless ", IEICE TRANSACTIONS sulle comunicazioni, vol. E94-B, n. 12, pagg. 3471–3479, 2011.

[32] O. Younis e F. Sonia, "HEED: un cluster ibrido, efficiente dal punto di vista energetico e distribuito approccio per reti di sensori ad hoc ", Mobile Computing, IEEE Transazioni su, vol. 3, no. 4, pagg. 366–379, 2004, doi: 10.1109 / TMC.2004.41

[33] B. Elbhiri, R. Saadane, S. El-Fkihi e D. Aboutajdine, "Developed Distributed Energy-Efficient Clustering (DDEEC) per sensori wireless eterogenei sor networks ", I / V Communications and Mobile Network (ISVC), 5th International Symposium on, pp. 1-4, 2010. doi: 10.1109 / ISVC.2010.5656252

[34] P. Saini e AK Sharma, "E-DEEC- Enhanced Distributed Energy Efficient schema di clustering ficiente per WSN eterogeneo ", distribuito in parallelo e Grid Computing (PDGC), 1st International Conference on, iss. 28-30, pagg. 205-210, 2010. doi: 10.1109 / PDGC.2010.5679898

Pagina 214**BIBLIOGRAFIA**

- [35] H. Chen, D. Qian e W. Wu, "Practical Distributed Location Service for Reti di sensori wireless con dissipatori mobili ", IEICE TRANSACTIONS on Communications, vol. E95 – B, n. 9, pagg. 2838–2851, 2012.
- [36] D. Seong, J. Park, J. Lee, M. Yeo e J. Yoo, "Data Gathering by Mobile affonda con sonda incentrata sui dati nelle reti di sensori ", IEICE TRANSAZIONI sulle comunicazioni, vol. E94 – B n. 7, pagg. 2133-2136, 2011.
- [37] J. Luo e JP Hubaux, "Mobilità e instradamento del lavandino congiunto per massimizzare la durata delle reti di sensori wireless: il caso della mobilità limitata ", Transazioni IEEE / ACM sulla rete (TON), vol. 18, no. 3, pagg. 871-884, 2010.
- [38] B. Behdani, JC Smith e Y. Xia, "Il problema della massimizzazione della vita nelle reti di sensori wireless con un sink mobile: formulazioni Mip e algoritmo rithms, "IIE Transactions, vol. 45, n. 10, 2013.
- [39] K. Haeyong e M. Pyeongsoo, "Posizionamento e instradamento di lavandini multipli verso massimizzare la durata delle reti di sensori ", le transazioni IEICE sulle comunicazioni cationi, vol. 91, n. 11, pagg. 3499-3506, 2008.
- [40] Y. Gu, Y. Ji, J. Li, B. Zhao, "ESWC: Efficient Scheduling for the Mobile Sink in reti di sensori wireless con vincolo di ritardo ", parallelo e distribuito Systems, IEEE Transactions on, vol. 24, n. 7, pagg. 1310-1320, 2013.
- [41] W. Liang, J. Luo, X. Xu, "Prolonging Network Lifetime through a Controlled Mobile Sink in Wireless Sensor Networks ", Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2010), 2010 IEEE, pagg. 1-6, 2010.
- [42] J. Luo, JP Hubaux, "Joint Sink Mobility and Routing to Maximize the Durata delle reti di sensori wireless: il caso della mobilità limitata ",

Pagina 215**BIBLIOGRAFIA**

- Networking, IEEE / ACM Transactions on, vol. 18, no. 3, pagg. 871-884, 2010.
- [43] AW Khan, AH Abdullah, MA Razzaque e JI Bangash, "VGDRA:

Uno schema di regolazione dei percorsi dinamici basato sulla griglia virtuale per il lavandino mobile basato su Wireless Sensor Networks, "IEEE Sensor Journal, vol. 15, no. 1, pagg. 526-534, 2015.

- [44] Y. Chen, Z. Wang, T. Ren e H. Lv, "Lifetime Optimization Algorithm con nodi Mobile Sink per reti di sensori wireless in base alla posizione Informazioni, "International Journal of Distributed Sensor Networks, articolo id 857673, vol. 501, 11 pagine, 2015.
- [45] S. Jabbar, AA Minhas, M. Imran, S. Khalid e K. Saleem, "Energy E-strategia efficace per il miglioramento della produttività nelle reti di sensori wireless ", Sensors Journal, vol. 15, no. 2, pagg. 2473-2495, 2015.
- [46] L. Shi, J. Zhang, Y. Shi, X. Ding e Z. Wei, "Optimal Base Station Place-per reti di sensori wireless con interferenza successiva Cancellazione ", Sensors Journal, vol. 15, no. 1, pagg. 1676-1690, 2015.
- [47] E. Lee, S. Park, H. Park e SH. Kim, "Independent Grid Structure-Based Protocollo di instradamento nelle reti di sensori wireless ", IEICE TRANSACTIONS su Communications, vol. E96-B, n. 1, pagg. 309-312, 2013.

- [48] YS Yun e Y. Xia, "Massimizzare la durata delle reti di sensori wireless with Mobile Sink in Delay-Tolerant Applications ", Mobile Computing, IEEE Transazioni su, vol. 9, n. 9, pagg. 1308-1318, 2010. doi: 10.1109 / TMC.2010.76

- [49] W. Liang, J. Luo e X. Xu, "Prolonging Network Lifetime through a Con-lavandino mobile trollato nelle reti di sensori wireless ", Global Telecommu-zioni conferenza (GLOBECOM 2010), IEEE, vol. 1, n. 6, pagg. 6-10, 2010.

191

Pagina 216

BIBLIOGRAFIA

doi: 10.1109 / GLOCOM.2010.5683095

- [50] JC Ruiz, JG Rosiles, P. Rivas-Perea, E. Sifuentes, "A Distributed Lo-Algoritmo di calizzazione per reti di sensori wireless basato sulle soluzioni di Problemi locali con vincoli spaziali ", Sensors Journal, IEEE, vol. 13, iss. 6, pagg. 2181-2191, 2013. doi: 10.1109 / JSEN.2013.2249660
- [51] Jingang Cao, "An Improvement Routing Protocol Based LEACH for Wireless Sensor Networks, "Meccanica e materiali applicati", vol. 614, pagg. 472-475, 2014.
- [52] N. Amjad, N. Javaid, A. Haider, AA Awan, M. Rahman, "DREEM-ME: Protocollo di routing multi-hop efficiente dal punto di vista energetico distribuito basato su Maximum Energy in WSNs, Broadband and Wireless Computing, Commu-nication and Application (BWCCA), 8th IEEE International Conference, pp.

- [53] AH Khan, N. Javaid, M. Imran, ZA Khan, U. Qasim, N. Haider, "DYN-NbC: un nuovo schema di routing per massimizzare la durata e la produttività di WSNs, "IEEE 29th International Conference on Advanced Information Network and applications (AINA 2015), pp. 1-5, Corea.
- [54] J. Wang, X. Yang, B. Li, S. Lee, S. Jeon, "A Mobile Sink Based Uneven Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks, Journal of Internet Technology, vol. 14, n. 6, pagg. 895-902, 2013.
- [55] SR Gandham, M. Dawande, R. Prakask e S. Venkatesan, "Efficienza energetica schema per reti di sensori senza fili con più stazioni base mobili ", Proc. Globecom, IEEE, pagg. 377-381, 2003.

192

Pagina 217**BIBLIOGRAFIA**

- [56] R. Sugihara e R. Gupta, "Ottimizzazione del compromesso tra latenza energetica nella rete di sensori lavora con mobilità controllata, "INFOCOM'09, IEEE, pp. 2566-2570, 2009.
- [57] N. Javaid, A. Khan, M. Akbar, Z. Khan e U. Qasim, "SRP-MS: A new protocollo di instradamento per rete di sensori wireless tollerante ai ritardi, "Elettrico e Computer Engineering (CCECE), 26a Conferenza canadese IEEE annuale, pagg. 1-4, 2013.
- [58] Y. Liu, S. Shi e X. Zhang, "Rotta geografica efficiente dal punto di vista energetico per reti di sensori wireless, "Comunicazione senza fili, reti e Mobile Computing (WiCOM), 8th International Conference, pp. 1-4, 2012.
- [59] Z. Huang, H. Okada, K. Kobayashi e M. Katayama, "Uno studio sul gruppo a vita in reti di sensori wireless multi-hop con MISO cooperativo schema ", Communications and Networks Journal, vol. 14, n. 4, pagg. 443-450, 2012.
- [60] Z. Xu, W. Liang e Y. Xu, "Massimizzazione della durata della rete in tolleranza al ritardo rete di sensori con un sink mobile ", Distributed Computing in Sensor Systems (DCSOS), IEEE 8th International Conference, pp. 9-16, 2012.
- [61] S. Basagni, A. Carosi, E. Melachrinoudis, C. Petrioli e Z. Wang, "Com-mobilità del lavandino trollato per prolungare la durata delle reti di sensori wireless ", less Networks, vol. 14, n. 6, pagg. 831-851, 2008.
- [62] J. Luo, J. Panchard, M. Piorkowski, M. Grossglauser e JP Hubaux, "Mobiroute: instradamento verso un dissipatore mobile per migliorare la durata del sensore networks ", Distributed Computing in Sensor Systems, pp. 480-497, 2006.

[63] M. Mansouri, L. Khoukhi, H. Nounou e M. Nounou, "Sicuro e robusto

Pagina 218**BIBLIOGRAFIA**

- clustering per il tracciamento quantizzato di target in reti di sensori wireless ",
munications and Networks Journal, vol. 15, n. 2, pagg. 164-172, 2013.
- [64] L. Shi, B. Zhang, K. Huang e J. Ma, "Un efficiente instradamento basato sui dati protocollo per reti di sensori wireless con sink mobili ", Communications (ICC), Conferenza internazionale IEEE, 2011.
- [65] HA Refai, AA Awneh, K. Batiha, AA Ali, YME Rahman, "Efficient routing LEACH migliorato sul protocollo LEACH nelle reti di sensori wireless " Rivista internazionale di ricerca accademica, Vol. 3, n. 3, 2011.
- [66] N. Javaid, MR Jafri, S. Ahmed, M. Jamil, Z. A Khan, U. Qasim e SS Al-Saleh, "Schemi di instradamento sensibili al ritardo per sensori acustici subacquei Networks ", International Journal of Distributed Sensor Networks, 2014.
- [67] A. Wahid e D. Kim, "Un protocollo di instradamento privo di localizzazione efficiente dal punto di vista energetico per reti di sensori wireless subacquee ", rivista internazionale di distribuito reti di sensori, 2012.
- [68] D. Shin, D. Hwang e D. Kim, "DFR: an efficient directional flooding based protocollo di instradamento nelle reti di sensori sottomarini ", Wireless Communications e Mobile Computing, vol. 12, no. 17, pagg. 1517-1527, 2012.
- [69] S. Yoon, AK Azad, H. Oh e S. Kim, "AURP: An AUV-Aided Underwater Protocollo di instradamento per reti di sensori acustici subacquei ", Sensors, vol. 12, no. 2, pagg. 1827-1845, 2012.
- [70] YS Chen e Y. W Lin, "Protocollo di instradamento Mobicast per sensore subacqueo reti ", IEEE Sensors, vol. 13, n. 2, pagg. 737-749, 2013.
- [71] MA Bzoor, Y. Zhu, J. Liu, R. Ammar, JH Chu e S. Rajasekaran, "An strategia adattiva di ridistribuzione dei pozzi di superficie per Underwater Sensor Network "

Pagina 219**BIBLIOGRAFIA**

IEEE Symposium on Computers and Communications, 801-806, 2013.

[72] F. Favaro, L. Brolo, G. Toso, P. Casari e M. Zorzi, "A Study on Remote Strategie di recupero dei dati nella rete acustica subacquea ", in Proceedings di MTS / IEEE Conference and Exhibition for Ocean Engineering, Science e tecnologia (OCEANS), 2013.

[73] JU Khan e HS Cho, "A Distributed Data-Gathering Protocol Using AUV in Underwater Sensor Networks, "in Sensors, vol. 15, no. 8, pagg. 19331-19350, 2015.

[74] MC Domingo e R. Prior, "Energy analysis of routing protocols for under-reti di sensori wireless per l'acqua ", in Computer communications, vol. 31, n. 6, pp.1227-1238, 2008.

[75] L. Shi, B. Zhang, H. Mouftah e J. Ma, "DDRP: An efficient data-driven protocollo di routing per reti di sensori wireless con sink mobili ", in International Journal of Communication Systems, vol. 26, n. 10, pagg. 1341-1355, 2013.

[76] Q. Zhou, X. Cao, S. Chen e G. Lin, "A Solution to Error and Loss in Wire-less Network Transfer ", Conferenza internazionale sulle reti wireless e Sistemi informativi, n. 28-29, pagg. 312-315, doi: 10.1109 / WNIS.2009.103, 2009.

[77] N. Javaid, SN Mohammad, K. Latif, U. Qasim e ZA Khan e MA Khan, "HEER: Hybrid Energy Efficient Reactive Protocol for Wireless Sensor Networks, "2nd IEEE Saudi International Electronics, Communications and Conferenza sulla fotonica (SIECPC 13), Riyadh, Arabia Saudita, pagg. 1-4, 2013.

[78] R. Sugihara, R. Gupta, "La localizzazione del sensore con accuratezza deterministica garantisce antee ", Atti IEEE INFOCOM, pp. 1772-1780, 2011.

[79] L. Qing, Q. Zhu e M. Wang, "Progettazione di un sistema distribuito efficiente dal punto di vista energetico algoritmo di clustering per reti di sensori wireless eterogenee ", ELSE-VIER, Computer Communications, vol. 29, pagg. 2230-2237, 2006. doi: 10.1109 / HICSS.2000.926982

[80] S. Park, E. Lee, MS. Jin e SH. Kim, "Comunicazione basata su cluster per i gruppi di lavandini mobili in reti di sensori wireless su larga scala ", IEICE TRANSACTIONS on Communications, vol. 94, n. 1, pagg. 307-310, 2011.

[81] Q. Zhou, X. Cao, S. Chen e G. Lin, "A Solution to Error and Loss in Wireless Network Transfer ", Conferenza internazionale sulle reti wireless

e Sistemi Informativi, n. 28-29, pagg. 312-315, 2009. doi: 10.1109 / W-

NIS.2009.103

[82] J. Schmitt e Roedig, "il calcolo della rete di sensori un quadro per il caso peggiore analisi ", in Distributed Computing in Sensor Systems, pp. 467-467, 2005.

[83] Q. Zhou, X. Cao, S. Chen, G. Lin, "A Solution to Error and Loss in Wireless Trasferimento di rete, "WNIS'09, Conferenza internazionale sulle reti wireless e sistemi informativi, 2009.

[84] W. Zhang, M. Stojanovic e U. Mitra. "Analisi di un semplice multihop rete acustica subacquea ", in Atti del terzo ACM internazionale workshop sulle reti sottomarine. ACM, 2008.

[85] RJ Urick, "Principi del suono subacqueo per ingegneri". Mc-GrawHill, 1967.

Pagina 221

BIBLIOGRAFIA

[86] L. Berkhovskikh e Y. Lysanov, "Fundamentals of Ocean Acoustics", in Springer, 1982.

[87] J. Lilor e MP Malumbres, "Reti di sensori wireless subacquei: come i modelli di propagazione acustica influiscono sulle prestazioni di protocolli? " Sensors, vol. 12, no. 2, pagg. 1312-1335, 2012.

[88] TV Vakily e Mj Jannati, "Un nuovo metodo per migliorare le prestazioni di Reti di sensori wireless acustici subacquei cooperativi tramite frequenza Trasmissione controllata in base alla lunghezza dei collegamenti dati ", in Wireless Sensor Network, vol. 2, n. 5, pagg. 381-389, 2010.

[89] H. Luo, Z. Guo, K. Wu, F. Hong e Y. Feng, "Strategie bilanciate dal punto di vista energetico per massimizzare la durata del sensore acustico subacqueo poco dispiegato reti ", in Sensors, vol. 9, n. 9, pagg. 6626-6651, 2009.

[90] MR Jafri, S. Ahmed, N. Javaid, Z. Ahmad e R. Qureshi, "Amctd: Mobilità adattiva dei nodi del corriere nel protocollo dbr con soglia ottimizzata per reti di sensori wireless subacquee ", in Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA), 2013 Ottavo Internazionale Conferenza su, pp. 93-99, IEEE, 2013.

[91] Q. Zhou, X. Cao, S. Chen e G. Lin, "Una soluzione a errori e perdite nel wireless trasferimento di rete ", in Proc. Int. Conf. WNIS, pagg. 312-315, 2009.

