

ОБЗОР ВЪРХУ ПОДОБРЕНИТЕ ВЕРСИИ НА LEACH

ТЕОДОРА Т. СТОЯНОВА, АЛЕКСАНДЪР П. МИЛЕВ

SURVEY ON IMPROVED VERSIONS OF LEACH

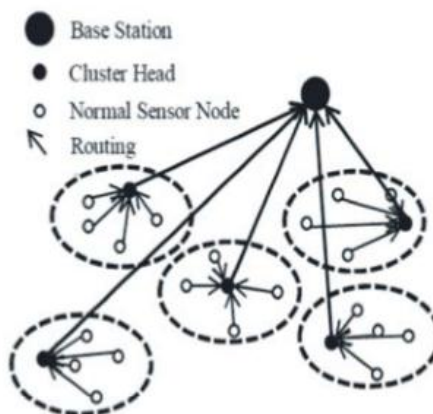
TEODORA T. STOYANOVA, ALEKSANDER P. MILEV

ABSTRACT: *Wireless sensor network (WSN) is a collection of sensor nodes with limited power and limited wireless communications which are used to collect useful information from the field. The life of network is depending on life of sensor nodes. So, energy efficiency is the main issue in WSN. Hierarchical routing or Clustering is best solution for reducing energy consumption in WSN. LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) is a good hierarchical protocol. We have read many routing protocols that are developed from LEACH and save energy up to some extent. Some of them are present in this paper.*

KEYWORDS: *Wireless Sensor Network (WSN), Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH), Cluster Head (CH), Base Station.*

1. Въведение

Безжичните сензорни мрежи (БСМ) се приемат за една от най-важните технологии на 21 век. БСМ играе важна роля в много приложения, като военни наблюдения, контрол на въздушния трафик, сигурност, автоматизацията на производството, наблюдение на трафика, наблюдение и мониторинг на околната среда и др.



Фигура 1: Клъстерна сензорна мрежа

БСМ са изградени от множество сензорни възли, с ограничена възможност за съхраняване на данни и ограничен живот на батерията, която се изчерпва поради изчисления и предаване на данни към базовата станция (БС). Замяната на тези батерии не е възможна поради това, че сензорните възли се намират в отдалечени райони. След изтощаване на батерията, мрежата „умира“ и затова изчерпването на енергията на сензорните възли е критичен въпрос в БСМ. Този въпрос привлича интереса на много изследователи и има редица създадени методи. Един от тях е процедурата за клъстериране (групиране). При този метод мрежата се разделя на много групи от сензорни възли, наречени клъстери, показани на фигура 1. Във всяка от тези групи, главен възел (CH) е

избран за събирането на данните от обикновените сензорите възли, а той от своя страна събира, обобщава и препраща данните към базова станция.

1.1. Клъстерно базиран йерархичен рутиращ протокол

Групирането е техника, която балансира натоварването на сензорната мрежа и редуцира загубата на енергия. Групиращи параметри: брой на клъстерите, междуклъстерна комуникация, възли и СН мобилност, типове възли и тяхната роля, методология за формиране на клъстера, избор на СН, сложност на алгоритъма, многослойност и припокриване.

Нуждата от ефективно използване на БСМ на големи територии, се увеличава драматично през последното десетилетие. Бяха разработени по-специфични клъстерни протоколи, които да отговорят на допълнителните изисквания. Най-забележителните и широко използвани представители на тези клъстерни протоколи (LEACH, EENC и HEED) са с вероятностен характер и тяхната основна цел е да се намали консумацията на енергия и да се удължи живота на мрежата [1].

2. LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)

LEACH е най-популярния енергийно ефективен йерархичен маршрутизиращ алгоритъм, предложен от В. Хейнзелман [2] за БСМ, за да се намали консумацията на енергия. LEACH разделя мрежата в няколко клъстера. Във всеки клъстер един възел е избран за СН. Останалите възли изпращат своите данни към СН и всички СН агрегират данните и ги изпращат вече компресирани към базова станция.

Основните характеристики на LEACH са:

- 1) Случайна ротация на СН.
- 2) Местно събиране на данни, за да се намали глобална комуникация.
- 3) Установяване на свързаност и настройка на клъстера.

В LEACH ролята на СН е да се завърта периодично сред всички възли на клъстери, за да балансира натоварването. През определено време се извършва избор на член от клъстера, който да стане СН, за да намали енергийната консумация [3].

2.1. Формиране на клъстери в LEACH

Протоколът LEACH се състои от две фази, а именно настройващата фаза и фазата за предаване. Един цикъл се състои от общото време на настройващата фаза и фазата за предаване. В настройващата фаза, клъстерите са образувани и са избрани СН въз основа на стойността на прага $T(n)$. Всеки възел генерира случайно число между 0 и 1. Ако генерираното случайно число е по-малко от предварително определения праг $T(n)$, тогава този възел става СН.

$$(1) \quad T(n) = \begin{cases} p / (1 - p(r \bmod 1/p)), & n \in G \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

В (1) p е вероятността на СН, r е номера на изпълнения цикъл, G е множеството от възлите, които не са избрани за СН [1], [4].

Във фазата за предаване, обикновени възли изпращат възприетите данни на ръководителя на клъстера, допълнително СН изпраща интегрирани данни до БС. СН използва TDMA модела, за да отпусне времеви слотове за всеки възел за изпращаните данни.

2.2. Недостатъци на LEACH

LEACH протокола пресмята разходите за комуникация между обикновения възел и СН, но не взема под внимание оставащата енергия на СН и сегашната му информация за местоположението. Вероятността един възел да се превърне в СН е приблизително една и съща във всеки етап, независимо от останалата енергия на възела. Ако възел с по-ниска остатъчна енергия е избран за ръководител на клъстер, той може да „загине“ в кратък

период от време, в резултат на което се появява неактивна зона, като по този начин се намалява надеждността на мрежата.

LEACH протокол избира СН на случаен принцип, в резултат на което се получава неравномерно разпределение на СН възли. Той не може да гарантира броя и най-доброто местоположение на СН. Има и случаи, когато няма СН в близост до някои нормални възли, така че разстоянието на предаване ще бъде твърде отдалечено и отнема много повече енергия. В други случаи, ако възлите в региона са твърде много, членовете могат да бъдат заменени с други членове на клъстера, скоростта на консумацията на енергия на СН ще бъде по-голяма, което води до небалансирана загуба на енергията на СН, което се отразява на живота на мрежата [5].

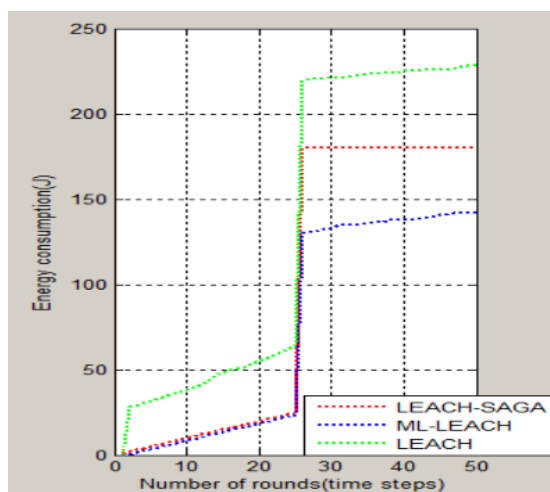
3. LEACH модифицирани протоколи

3.1. LEACH-SAGA протокол (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy-Simulated Annealing and Genetic Algorithm):

LEACH-SAGA протоколът избира СН, използващ симулирано подсилване (simulated annealing) и генетичен алгоритъм. Базовата станция има постоянен приток на енергия. Клъстерирането обхваща две фази: настройващата фаза и фазата за предаване. В настройващата фаза, клъстерирането на произволно разположени сензорни възли се извършва с помощта на симулирано подсилване и генетичен алгоритъм. По време на избор на СН, остатъчната енергия на сензорния възел и средната енергия на клъстера се взема под внимание. Когато сензорният възел е с остатъчна енергия по-голяма от средната енергия на мрежата и е в близост до центъра на клъстера, то той бива избран за СН. Във фазата за предаване, обикновените сензорни възли изпращат възприетите данни към СН, той от своя страна изпраща интегрирани данни до базовата станция чрез един хоп или мулти-хоп (one hop or multi-hop mode) режим на комуникация.

Базовата станция в LEACH-SAGA е статична. БС обикновено се позиционира в географския център на областта за безжична сензорна мрежа. Ако плътността на СН е по-голяма в някои участъци на целевия район и по-малка в останалите, то в този случай се увеличават разходите на енергия за комуникация. Тези повишени разходи могат да бъдат намалени чрез преместване на БС до района, където плътността на СН е повече и по този начин се намаляват разходите за комуникация.

3.2. ML-LEACH (Mobile Sink Load Balancing - Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy Protocol):



Фигура 2: Консумацията на енергия

Протоколът ML-LEACH използва генетичен алгоритъм в комбинация със симулирано подсилване на клъстери и подбор на СН. Клъстерирането се извършва в две фази: настройващата фаза и фазата за предаване. В настройващата фаза, групиране на произволно разположени сензорни възли се извършва с помощта на генетичен алгоритъм в комбинация със симулирано подсилване. Чрез отчитане остатъчна енергия на сензорния възел, средната енергия на мрежата и разстоянието на възела от центъра на клъстера, биват избрани СН. Сензорен възел с остатъчна енергия по-голяма от средната енергия на мрежата и в близост до центъра на клъстера е избран за СН. Базовата станция се премества в зона, където плътността на СН е повече, така че да се намалят разходите за комуникация между СН и БС, което води до повишаване на енергийната ефективност на мрежата, което от своя страна увеличава времето на живот на мрежата. Във фазата за предаване, обикновените сензорни възли изпращат възприетите данни към СН, той от своя страна изпраща интегрирани данни до БС.

От графиката на потребление на енергия на фиг. 2 се вижда, че общото потребление на енергия от ML-LEACH е по-малко от LEACH-SAGA и LEACH. По този начин може да се заключи, че ML-LEACH е по-енергийно ефективни от LEACH-SAGA и LEACH [5].

3.3. LEACH-C (Centralized Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

LEACH-C е централизирана версия на LEACH, която също разделя всеки цикъл на две фази: настройващата фаза и фазата за предаване. По време на настройващата фаза на LEACH-C, всеки възел на БСМ изпраща своята информация, която включва местоположението ѝ и наличното количество енергия към БС. А тя от своя страна изчислява средната енергийна стойност на всички възли. Само възли с повече енергия, отколкото средната стойност имат възможност да бъдат СН. Базовата станция използва подсилващ алгоритъм за установяване на клъстери. Клъстерните групи са избрани, за да минимизират консумацията на енергия, необходима на обикновените възли за предаване на данни към съответните СН. Другите операции на LEACH-C са същите с тези на LEACH, но резултати от стимулации показват, че LEACH-C има осезаемо подобрение над LEACH. Има няколко причини за подобряване [6]:

- В LEACH-C, базовата станция има главна позиция в мрежата, за да формира по-добри клъстери, които се нуждаят от по-малко енергия за предаване на данни.
- Когато се изграждат клъстерите, няма комуникация между възлите. Следователно повече енергия може да се използва за предаване на данни.
- Оптималният брой на касетъчни глави се определя предварително.

3.4. F-LEACH (Fixed number of cluster Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

F-LEACH е с фиксиран брой клъстери и СН се избира на случаен принцип. Най-простата концепция за създаване на клъстери в LEACH-F започва от настройката на мрежата и след това се фиксира. Подобно на LEACH, позицията на СН във F-LEACH се върти между възли в рамките на клъстера. Основното предимство на F-LEACH е, че не съществува настройващата фаза като в LEACH във всеки цикъл. Основният недостатък на F-LEACH е, че той не позволява добавяне на нови възли в мрежата, поради определените клъстери. Когато някой възел „умре“ след това тя не коригира поведението си. След като се формира определен брой клъстери те работят през целия живот на мрежата. Фазата на предаване е същата като в класическия LEACH.

3.5. I-LEACH (Integrated Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

Този протокол избира СН, който има огромно количество остатъчна енергия. В I-LEACH, натоварването е равномерно разпределено в цялата мрежа. Има някои допълнителни параметри, които са необходими в процеса за подбор на СН. Основна цел

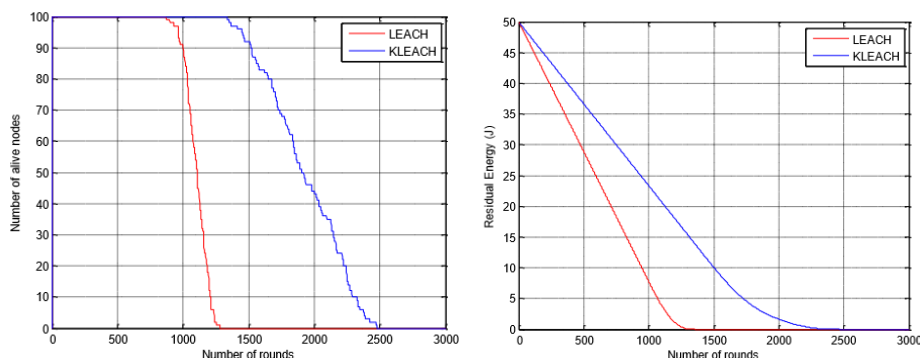
на този алгоритъм е да се подобри избора на СН, отхвърляйки възли с по-малка остатъчна енергия за СН.

I-LEACH приема закъснелите пакети за спешни и ги добавя директно към БС. Спешните пакети и нормалните пакети са диференцирани като с "приоритет" и "не-приоритет". В приоритетния алгоритъм, един пакет е изработен за приоритетен (авариен) пакет, когато връща стойност нула при извършване на MOD операцията. Нормален пакет (не-приоритетен) трябва да се получи в СН, ако той не чака за прием на други пакети.

3.6. K-LEACH (K-means clustering algorithm):

Алгоритъмът за K-means се използва за определяне на центровете при образуване на клъстери. В действителност, той се основава главно върху определянето на Евклидово разстояние (Euclidian distance). Следователно, изборът на СН зависи от остатъчната енергия на възлите. В първата фаза СН събират информация за възлите - координатите и остатъчната им енергия. След получаване на тази информация от всички възли се изпълнява клъстерния алгоритъм K-means. Втора фаза е аналогична с тази на протокола LEACH.

Резултатите от симулацията на фиг. 3 и фиг. 4 показват, че KLEACH представя значително намаляване на консумацията на енергия и удължава живота на мрежата значително. В допълнение, KLEACH осигурява задоволителна стабилност на мрежата. Ясно се вижда, че KLEACH е ефективен и мащабируем протокол по отношение на размера на мрежата в сравнение с LEACH.



Фигура 3 и 4: Времето на живот и остатъчната енергия при сравнение на LEACH и KLEACH

3.7. L-LEACH (Energy Balanced Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

Той е multi-hop и базиран на разстоянието протокол. Това предполага, че е добре балансиран от към енергия алгоритъм. Този алгоритъм счита разстоянието и остатъчната енергия като основни фактори за избора на СН. Всеки възел консумира енергия по балансиран начин. Двете фази се повтарят във всеки цикъл. Във всеки цикъл се избира нов СН и натоварването се разпределя между възлите в мрежата. Той разпределя еднаква енергия на всички сензорни възли в мрежата.

3.8. W-LEACH (Weighted Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

W-LEACH е централизиран алгоритъм и борави с нееднакво разпределение на сензорни възли. Този протокол е централизиран, тъй като базовата станция отговаря за избор на „спящи“ и активни възли. Също като LEACH, W-LEACH има две фази. Във настройващата фаза, W-LEACH изчислява теглото на всеки възел. Изборът на СН е направен въз основа на тежести. Възли с по-високо тегло имат по-големи шансове да бъдат СН. След като всички СН са избрани, клъстерите са оформени така, че всеки сензор предава на най-близкия си СН. Теглото е изчислено по следния начин:

$$(2) \quad W = \begin{cases} e_i * d_i, & \text{if } d_i > d_{thresh} \\ d_i, & \text{otherwise} \end{cases}$$

където $d_i = (1 + \text{броя на „живите“ сензори в интервала } r)/n$ е плътността на сензора s_i , r е интервал, който е достижим от сензор s_i , d_{thresh} плътността на прага за определяне на множеството от сензори в зона с ниска плътност.

Във втората фаза, W-LEACH избира брой СН за пренос на данни до СН. Предаването на данни се извършва въз основа на теглата. Възли, които имат по-малко тегло са по-добри кандидати за изпращане на данни. Оползотворяване на енергия е основно предимство на W-LEACH [4].

3.9. SLEACH (Stochastic Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

SLEACH избира на случаен принцип няколко възли за СН и това се повтаря, за да се балансира разсейването на енергия на сензорните възли в мрежите. В SLEACH, когато клъстерите се създават за първи път, всеки възел реши дали да се превърне в СН за текущия цикъл. Това решение се основава на предложението процент на СН за мрежата и колко пъти възела е бил СН досега. Това решение се взема от възел n , избиращ случайно число между 0 и 1. Ако числото е по-малко от прага $T(n)$, възелът ще стане СН за текущия кръг - формула (1).

За да се осигури равномерно разпределение на енергийното натоварване върху цялата мрежа, трябва да се добавят параметри за оптимизиране на процеса на подбор на СН.

Чрез използването на стохастичен избор на СН алгоритъм се коригира прага $T(n)$, обозначен във формула (1). Използвайки този праг всеки възел решава дали да се превърне в СН във всеки цикъл. Формулата се променя по следния начин:

$$(3) \quad T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1-p * \text{rmod}(1/p)} * \frac{E_{residual}}{E_{initial}} * k_{opt}, & \text{if } n \in G \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

където $E_{residual}$ е оставащата енергия на възела и $E_{initial}$ е началната енергия на възел преди предаването.

$$(4) \quad k_{opt} = \sqrt{\frac{N}{2\pi} \frac{M}{d^2}},$$

където k_{opt} е оптималният брой на СН, N е общият брой на сензорни възли, M е дължината на областта на разпространение на възлите, d е разстоянието между възлите [7].

3.10. LEACH-B (Balanced Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

В LEACH-B с цел създаване на клъстери се използват децентрализирани алгоритми, в които всеки сензорен възел знае само за собствената си позиция и позицията на целевия възел, който всъщност ще получи информацията, и не знае позицията на други сензорни възли. В LEACH-B, създаване на клъстери и предаване на данни се извършва с помощта на множество достъпи до различни възли. В сравнение с LEACH ефективността на LEACH-B е много по-висока.

3.11. TL-LEACH (Two level Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

TL-LEACH протокол работи в йерархията на две нива. Обобщените данни от всеки СН се събират от СН, намиращ се между СН и базовата станция, вместо да ги изпраща директно до базовата станция. TL-LEACH подобрява енергийната ефективност чрез използване на СН като спомагателен възел между други СН.

3.12. LEACH-E (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

LEACH-E протоколът подобрява процеса на избор на СН в сравнение с LEACH протокола. LEACH-E е разделен на различни цикли, също като при LEACH протокол. В

първата фаза от цикъла всички възли на датчика ще имат еднаква вероятност да бъде СН на кълстера. След първия кръг на предаване остатъчната енергия на всеки възел ще е различна и въз основа на това, възел, който ще има висока остатъчна енергия ще бъде избран като СН на кълстера.

3.13. МН-LEACH (Multi-Hop Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

В LEACH протокола, СН изпращат данни към базовата станция директно, независимо от разстоянието между тях. Това е недостатък на протокола LEACH. Това може да се преодолее с помощта на MLEACH, в която СН изпраща данните на БС с помощта на други СН като спомагателна станция.

3.14. LEACH-M (Mobile Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

LEACH-M протокола приема оптимален път между СН и базовата станция. Той осигурява мобилност на възли, които не са СН и на СН в двете фази. СН са избрани въз основа на минимална мобилност на възела и най-нисък затихващ режим на възела. След подбора на СН те изпращат своето състояние в границите на своя район.

3.15. I-LEACH (Improved Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

В I-LEACH протокола има две основни функции: 1) Откриване на възли близнаци и 2) Назначаване на на Sub-Cluster Head (SCH) възли. Два възела с малко разстояние по между им в мрежата се наричат възли близнаци. Възлите близнаци ще получат една и съща информация. Следователно е необходимо да се запази един от двата възли в спящ режим, докато другия възел изчерпи енергията си. Следователно I-LEACH има равномерно разпределение на СН в мрежата, така че да не се изчерпи енергията.

3.16. LEACH-A (Advanced Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

В LEACH протокола СН консумират повече енергия, отколкото нормалните възли. Advanced-LEACH протокола, използва хетерогенен протокол за намаляване на шанса за провал на възли и за удължаване на интервала от време преди смъртта на първия възел. Всеки сензор знае стартирането на всеки цикъл, използвайки синхронизиран часовник. Нека n е общият брой на възлите, а m е част от n , има енергия повече от други възли, наречени CGA възли (възли, избрани като шлюзове или СН). Останалата част $(1-m)*n$ са възли действащи като нормални възли.

3.17. V-LEACH (One-Dimensional Finite Difference Vadose Zone Leaching Model):

Смъртта на СН може да доведе до спиране на работата на мрежата. За да се предотврати това V-LEACH протокола се състои от заместник СН заедно с СН във всеки кълстер, като СН заместника играе роля на СН когато СН „умре“. По този начин, този протокол предотвратява избора на нов СН всеки път, когато един СН „умира“ и данните винаги ще достигнат до базовата станция [1].

4. Заключение

Поради ограничените енергийни ресурси на сензорните възли, енергийна ефективност е основно предизвикателство в БСМ. Основна цел при проектирането на протоколи за маршрутизация е да се подобри животът на мрежата и да се намали потреблението на енергия от възлите.

В тази статия са разгледани последните научни изследвани насочени главно към енергийно-ефективни кълстерно-базирани йерархични протоколи за маршрутизация в БСМ. Тъй като това е една широка област са разгледани по-голямата част, а не всичките създадени подобрения на LEACH. Факторите, които влияят върху формирането на кълстери и СН са отворени въпроси за бъдещи изследвания.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Jadav, K., D. Vadher**, „A Comparative Study on Cluster Routing Based on leach in wireless sensor network“, IRJET, vol. 3, pp. 815-818, 2016.

2. **Heinzelman**, W.R., A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, “Energy efficient Communication Protocol for Wireless Micro sensor Networks”, IEEE Computer Society Proceedings of the Thirty Third Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS '00), vol. 8, pp. 8020, 2000.
3. **Goswami**, M., D. Nimavat, “Energy Efficient Algorithm of Leach in Wireless Sensor Network”, IJESC, vol. 6, pp. 5150-5153, 2016.
4. **Kaur**, G., K. Sharma, “A Review on LEACH and its Descendants”, International Journal of Computer Science and Mobile Applications, vol. 4, pp. 21-28, 2016.
5. **Deshmukh**, G.,V. Khairnar, S. Kadu. “Clustering Routing Protocol for Energy Efficiency of Wireless Sensor Network using Genetic Algorithm”, IRJET, vol. 3, pp. 2645-2651, 2016.
6. **Ma Z.**, G. Li, Q. Gong, “Improvement on LEACH-C Protocol of Wireless Sensor Network (LEACH-CC)”, International Journal of Future Generation Communication and Networking, vol. 9, pp. 183-192, 2016.
7. **Xiao K.**, B. Sun, Chao Gui, Hua Chen, “A Novel Energy Entropy Based on Clusterhead Selection Algorithm for Wireless Sensor Networks”, International Journal of Grid and Distributed Computing, vol. 9, pp. 199-208, 2016.