

Особенности маршрутизации на базе протокола LEACH в беспроводных сенсорных сетях

Е.А. Евстифеева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет», Астрахань, Россия

Аннотация – Статья является обзором поколений протоколов маршрутизации на основе протокола иерархической маршрутизации LEACH. Благодаря прогрессу в области беспроводной связи беспроводные сенсорные сети стали широко использоваться в различных областях. Протоколы маршрутизации играют значительную роль в функционировании беспроводных сенсорных сетей. Протоколы маршрутизации позволяют оптимизировать ресурсы беспроводной сенсорной сети, такие как расход энергии, использование памяти и прочие. Энергетически эффективные протоколы маршрутизации являются серьезной проблемой в области сенсорных сетей. Разработка и применение различных энергоэффективных протоколов маршрутизации позволяет увеличить время жизни сенсорной сети.

Ключевые слова – головной узел, LEACH, иерархическая маршрутизация, кластеризация, потребление энергии.

I. ВВЕДЕНИЕ

В последние годы отмечено новое направление в области беспроводной связи - беспроводные сенсорные сети (БСС, англ. WSN - Wireless Sensor Networks), привлекая много внимания со стороны исследователей в академических и промышленных кругах.

БСС состоит из набора сенсорных узлов и базовой станции (БС), соединенных между собой через беспроводные каналы. В связи с одноранговым характером БСС, их можно использовать для многих приложений, таких как военное дело, управление воздушным движением, видеонаблюдение, системы безопасности, промышленная и производственная автоматизация, мониторинг окружающей среды, мониторинг строительства, мониторинг здоровья в медицинских учреждениях [1-3]. Преимуществами БСС являются простота развертывания, низкая стоимость установки, возможность охвата большой зоны покрытия и высокая защита от сбоев. БСС развертывают для сбора данных из окружающей среды в интересующей области и отправке их на базовую станцию. Средства размещения узлов влияют на производительность протокола маршрутизации с точки зрения потребления

энергии. Существует три способа размещения крошечных сенсорных узлов в среде БСС:

- **Обычное размещение** - сенсорные узлы могут быть размещены в фиксированном порядке и данные направляются через заранее определенный путь. Это размещение используется в медицинском, промышленном секторе, при развертывании домашних сетей и т.д.

- **Случайное размещение** - сенсорные узлы размещаются на конечной области с помощью разбрасывания. Это размещение обычно используется в спасательных операциях, при мониторинге окружающей среды и т.д.

- **Подвижное размещение** - узлы могут быть передвинуты для компенсации недостатков размещения; могут быть пассивно перемещены с помощью какой-либо внешней силы (ветер, вода или транспортное средство). Это размещение используется для наблюдения области военных действий, чрезвычайных ситуаций (пожар, извержения вулкана, цунами) и т.д.

В БСС затраты энергии является большой проблемой, поскольку узлы питаются от батарей. Эту энергию довольно дорого, трудно или даже невозможно возобновить. Поэтому вопрос экономии энергии для увеличения срока службы сети является одной из важнейших проблем в БСС.

В БСС узлы расходуют энергию в процессе обработки и передачи/приема сообщений. В дополнение к этому, существует еще большое количество энергии, затрачиваемое датчиками, находящимися в состояниях, бесполезных с точки зрения приложений, таких как: холостое прослушивание, подслушивание, интерференция и коллизия. Другое ограничение, снижающее эффективность развернутых узлов - избыточность данных. Так как узлы в большинстве случаев плотно располагаются в интересующей области, то это вызывает поступление избыточных данных с соседних узлов. На основании этих энергетических ограничений в беспроводных узлах были разработаны многие энергетически эффективные методы, для того чтобы свести к минимуму потребление энергии и увеличить срок службы сети. Одним из методов,

заслуживающих внимания, является иерархическая маршрутизация, в которой вводится понятие создания кластера и назначение специальных задач в выбранном сенсорном узле внутри кластера, называемым головным узлом (ГУ). Исследователи пришли к выводу, что кластеризация узлов в БСС является эффективной мерой энергосбережения [4]. Кластеризация - процесс деления множества объектов на подмножества (кластеры) по заданному критерию. В БСС она используется для минимизации количества узлов, принимающих участие в передаче данных на большие расстояния к базовой станции, что приводит к снижению общего потребления энергии системой. Кластеризация уменьшает количество передаваемых данных путем группирования аналогичных узлов вместе и выбора одного узла в качестве головного узла, где выполняется агрегация данных, чтобы избежать избыточности и нагрузки соединения, вызванной множественными соседними узлами. Затем агрегированные данные отправляются на следующий ГУ или к БС, где происходит их обработка, хранение и восстановление. Основная цель иерархической маршрутизации или маршрутизации, основанной на кластеризации, является эффективное поддержание использования энергии сенсорных узлов путем вовлечения их в многоскачковую связь в пределах конкретного кластера. Первым иерархическим протоколом является иерархический протокол, адаптированный под низкое энергопотребление (LEACH) [5]. Многие иерархические протоколы были разработаны на базе протокола LEACH.

II. ИЕРАРХИЧЕСКИЕ ПРОТОКОЛЫ МАРШРУТИЗАЦИИ

В беспроводных сенсорных сетях потребление энергии является одним из самых важных вопросов. Традиционные протоколы маршрутизации для БСС не могут быть оптимальны с точки зрения потребления энергии. Иерархические протоколы маршрутизации (ИПМ) являются более энергоэффективными, чем другие протоколы [6]. ИПМ придерживаются механизма кластеризации; методы кластеризации могут быть эффективными с точки зрения потребления энергии и масштабируемости. При использовании методики кластеризации они значительно уменьшают потребление энергии при сборе и распространении данных (слияние и агрегация). ИПМ минимизирует потребление энергии путем деления узлов на различные кластеры. В каждом кластере, более высокие энергетические узлы, т.е. ГУ могут быть использованы для обработки и отправки информации на БС, а низкие энергетические узлы, т.е. узлы кластера могут быть использованы для выполнения зондирования в непосредственной близости от цели и отправки данных на свой ГУ. Это означает, что создание кластеров и присвоение специальных задач головным кластерам

может в значительной степени способствовать общей масштабируемости системы, увеличению срока службы и эффективности использования энергии сетью, уменьшению размера таблицы маршрутизации за счет локализации установки маршрута в кластерах, и экономии полосы пропускания сети. Архитектура алгоритма LEACH показана на рис. 1.



Рис. 1. Архитектура алгоритма LEACH

Различные сенсорные узлы сгруппированы в кластеры с ГУ, который ответственен за маршрутизацию от кластера к другим головным узлам или БС. Механизм кластеризации обеспечивает возможности оптимизации, присущие сенсорной (собранной) информации на ГУ. В кластерной иерархической модели данные сначала объединяются в кластере, а затем передаются к ГУ более высокого уровня или на БС. В кластерной иерархической модели только ГУ должны выполнять процесс агрегации данных, но в случае многоскачковой модели каждый промежуточный узел выполняет процесс агрегации данных, что также имеет преимущества и проблемы кластеризации. Кластеризация обеспечивает пространственное повторное использование ресурсов для увеличения пропускной способности системы. Например, если кластеры не являются соседями, они могут использовать одну и ту же частоту для беспроводной связи; во-вторых, информация о маршрутизации кластера используется совместно с другими ГУ. Это ограничение уменьшает число передач, выполняемых для распределения информации о маршрутизации. С помощью этого преимущества кластеризации было реализовано большее количество энергоэффективных протоколов маршрутизации. В БСС, кластеризация сталкивается с рядом проблем развертывания, таких, как гарантированное подключение, выбор ГУ и кластеров в реальном режиме времени, синхронизация, агрегирование данных и качество обслуживания (QoS).

III. ИЕРАРХИЧЕСКИЙ ПРОТОКОЛ МАРШРУТИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ: LEACH

Протокол LEACH, являющийся в настоящее время самым популярным энергоэффективным алгоритмом иерархической маршрутизации, был предложен исследователем Венди Хейнзельманом для БСС с целью снижения энергопотребления [5]. В протоколе LEACH прямая связь используется каждым ГУ для передачи данных к базовой станции. В LEACH сеть разделяется на несколько кластеров. Поскольку затраты энергии датчика зависят от расстояния, протокол LEACH пытается передавать данные на короткие расстояния и уменьшать общее количество операций передачи и приема.

Работа LEACH управляется через циклы. В каждом цикле работа LEACH разделяется на два этапа - этап установки и стационарный этап. На этапе установки выбираются ГУ, создаются кластеры, а затем определяется маршрут соединений между кластерами. В начале, сенсорные узлы выбирают случайное число m между 0 и 1. Если это число m меньше порогового значения $T(n)$, то сенсорный узел становится головным узлом. Поскольку число m выбирается случайным образом, то количество ГУ не может быть постоянным. $T(n)$ рассчитывается по формуле:

$$T(n) = \begin{cases} \frac{P}{1 - P(r \bmod \frac{1}{p})} & \text{если } n \in G \\ 0 & \text{в ином случае} \end{cases}$$

где p – желаемый процент головных узлов;

r - текущий номер цикла;

G - набор узлов, которые не были головными узлами в последние $1/p$ циклов.

Решение изменить ГУ является вероятностным; возможно, что узел с низким зарядом энергии может быть выбран в качестве ГУ. Когда такой узел с низким зарядом энергии «умирает», то весь кластер становится нерабочим. Предполагается, что ГУ имеет большую дальность связи, так чтобы данные непосредственно могли достичь БС. Но это предположение не всегда верно, потому что сеть развертывается в большой области, и поэтому все головные узлы не могут связываться напрямую. После выбора ГУ, каждый головной узел отправляет информацию с помощью множественного доступа с кодовым разделением (CDMA) на другие узлы и рабочие узлы присоединяются к соответствующим головным узлам. Затем ГУ используют множественный доступ с временным разделением (TDMA), чтобы обеспечить время передачи данных для каждого узла, подключенного к ним. Затем происходит этап передачи данных, где рабочие узлы собирают данные и отправляют эти собранные данные к их соответствующим ГУ. Обработка полученных данных

(агрегация данных и объединение данных) осуществляется головным узлом и обработанные данные отправляются к БС.

III. ПОКОЛЕНИЯ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ LEACH

A. LEACH-B (Сбалансированный)

Исследователем Андреа Деспедри был предложен новый алгоритм, названный LEACH-B [7]. Протокол LEACH-B основан на децентрализованных алгоритмах формирования кластеров, в которых сенсорный узел знает только о своей собственной позиции и позиции конечного получателя, но не о положении всех остальных сенсорных узлов. LEACH-B работает по следующему этапу: алгоритм выбора ГУ, формирование кластеров и передача данных с множественным доступом. Каждый сенсорный узел выбирает свой ГУ путем оценки энергии, затрачиваемой в пути между конечным получателем и собой. Это обеспечивает более эффективное потребление энергии в сети, чем при использовании протокола LEACH, но таким образом быстро расходуется энергия головных узлов.

B. LEACH- C (Централизованный)

Профессор Венди Хейнзельман представил первый централизованный протокол маршрутизации, названный централизованным протоколом LEACH (LEACH-C) [8]. Основной LEACH использует распределенный алгоритм формирования кластеров и он не дает никакой гарантии относительно размещения и / или количества ГУ. Поскольку кластеры являются адаптивными, получение плохой структуры кластеризации в течение определенного цикла не будет сильно влиять на общую производительность сети. Тем не менее, использование алгоритма центрального управления формирования кластеров поможет формировать более качественные кластеры путем рассредоточения ГУ по всей сети. Это является основой для LEACH-C, протокола, использующего централизованный алгоритм кластеризации и подобного стационарного протокола LEACH. Другими словами можно сказать, что LEACH не имеет представления о местоположениях головных узлов. Тем не менее, централизованный протокол LEACH может обеспечивать лучшую производительность, распределяя ГУ всей сети. Во время фазы настройки, каждый узел посылает информацию об оставшейся энергии и о своем местоположении на БС. Затем БС запускает централизованный алгоритм формирования кластеров, чтобы определить кластеры для данного цикла. Но в связи с тем, что этот протокол требует информацию о местоположении всех датчиков в сети, то он не является надежным. Протокол LEACH-C является более эффективным, чем LEACH. Это объясняется тем,

что БС имеет глобальные сведения о местоположении и энергии всех узлов в сети, так что она может производить лучшие кластеры, которые будут требовать меньше энергии для передачи данных.

C. LEACH-E (Энергетический)

В протоколе LEACH-E улучшен процесс выбора ГУ по сравнению с протоколом LEACH. LEACH-E поделен на разные циклы подобно протоколу LEACH. В первом цикле все сенсорные узлы имеют одинаковую вероятность для того чтобы быть головным узлом кластера. После первого цикла передачи остаточная энергия каждого узла будет иметь разный уровень, и на основе этого узел, имеющий более высокую остаточную энергию, будет выбран в качестве ГУ кластера, а другие узлы в кластере, имеющие меньшую энергию, становятся членами кластера [9].

D. LEACH-F (Фиксированное число кластеров)

Основной принцип формирования кластера в LEACH-F заключается в начале настройки сети и последующем ее закреплении. Положение ГУ изменяется среди узлов в кластере, подобно тому, как это происходит в протоколе LEACH. Преимущество этого процесса по сравнению с LEACH в том что, в начале каждого цикла не задается конечных установок, как это происходит в протоколе LEACH. LEACH-F использует централизованный алгоритм формирования кластеров, подобный LEACH-S. Недостатком данного протокола является то, что фиксированные кластеры протокола LEACH-F не позволяют добавить в себя новые узлы, добавленные к сети и не корректируют свое поведение, когда один из узлов сети выходит из строя [10].

E. K-LEACH (K-medoids)

Рассматриваемый протокол K-LEACH использует К-медоидный (K-medoids) алгоритм кластеризации. Он представляет собой вариант хорошо известного метода k-means (метод k-средних). В отличие от k-means, в k-medoids в качестве центроидов может выступать не любая точка, а только какие-то из имеющихся наблюдений.

Алгоритм кластеризации K-LEACH обеспечивает получение высокооднородной кластеризации узлов и очень хороший выбор ГУ. Хорошо известно, что сохранение энергии в БСС в фазе установки сильно зависит от кластеризации узлов передачи и прима для первого цикла общения.

Протокол K-LEACH считает степень удаленности узлов от центра кластера в качестве основного критерия при выборе ГКУ (со второго раунда и далее). Протокол K-LEACH разделен на множество раундов, в каждом раунде содержит фазу формирования кластеров и фазу устойчивого состояния [11].

F. LEACH-P (Производительность)

Протокол LEACH-P учитывает вероятность выбора EAMR (многопутевая маршрутизация на основе энергии) в алгоритме LEACH и делает лучший выбор при выборе головных кластерных узлов и оптимизирует возможность кластера на восстановление. Результаты моделирования показывают, что LEACH-P улучшает время жизни сети по сравнению с LEACH [12]. Это означает, что LEACH-P обеспечивает большее время жизни сети, чем LEACH.

G. LEACH-S (Централизованная и Распределенная иерархическая кластеризация с адаптивным низким энергопотреблением на основе солнечной энергии)

Протокол LEACH-S на основе солнечной энергии в БСС позволяет увеличивать время жизни сетей. В S-LEACH некоторые узлы приспособлены под солнечную энергию, и эти узлы будут выступать в качестве ГУ при основной зависимости от их солнечного статуса. Как LEACH, так и LEACH-S являются расширением S-LEACH. Понятие схемы солнечной энергии применяется к централизованному и децентрализованному протоколу LEACH. В централизованном LEACH-S, приемный узел выбирает ГУ с помощью улучшенного алгоритма центрального управления. В LEACH-S, солнечный статус наряду с энергией сенсорных узлов передается к приемнику и узлы, имеющие более высокую энергию, выбираются в качестве ГУ. Когда количество узлов на основе солнечной энергии увеличивается, производительность сенсорной сети также увеличивается и от этого так же увеличивается время жизни сети. Продолжительность светового дня увеличивает время жизни сенсорной сети. Переключение головных кластерных узлов осуществляется, если продолжительность светового дня мала. В распределенном LEACH на основе солнечной энергии, преимущество при выборе ГУ отдается узлам, работающим от солнечной энергии. Вероятность стать головными узлами у узлов, работающих от солнечной энергии выше, чем у узлов, работающих от аккумуляторов [13].

H. T-LEACH (LEACH на основе порогового значения)

T-LEACH протокол представляет собой протокол кластеризации БСС со схемой замены головного кластерного узла на основе порогового значения. T-LEACH уменьшает количество выборов ГУ при помощи порогового значения остаточной энергии. Время жизни целых сетей может быть продлено по сравнению с существующими протоколами кластеризации за счет снижения количества выборов ГУ и замены расхода. Результаты моделирования показывают, что T-LEACH превзошел LEACH с точки зрения потребления энергии и времени жизни сети [14].

I. V-LEACH (заместитель)

В протоколе V-LEACH кластер содержит ГУ (ответственный только за отправку данных, полученных от членов кластера к БС), ГУ-заместитель (узел, который станет головным узлом кластера в случае выхода из строя ГУ), узлы кластера (собирающие данные из среды и направляющие их к ГУ). В протоколе V-LEACH, помимо существования в кластере ГУ, есть и ГУ-заместитель, который берет на себя роль ГУ, когда первоначальный головной узел выходит из строя. При использовании этого, данные, собираемые узлами кластера, всегда достигнут базовой станции. Поэтому нет необходимости избирать новый ГУ каждый раз при выходе из строя ГУ. Это позволит увеличить общее время жизни сети. Протокол V-LEACH затрачивает меньше энергии по сравнению с LEACH, в результате чего увеличивается время жизни сети [15].

J. W-LEACH (Иерархическая кластеризация с адаптивным низким энергопотреблением в взвешенной агрегации)

W-LEACH представляет собой централизованный алгоритм агрегации данных. W-LEACH состоит из фазы установки и фазы устойчивого состояния аналогично традиционному LEACH. В фазе установки, W-LEACH сначала вычисляет значение веса, W_i и присваивает его каждому сенсору S_i . Авторы модифицировали определение p как процент от максимального количества ГУ вместо фактического количества ГУ, как это определено в исходном протоколе LEACH. Максимум $p\%$ работоспособных сенсоров выбирается для того, чтобы быть ГУ на основе вычисленных весов, таким образом, что чем больше веса, тем выше вероятность для них стать ГУ. В отличие от LEACH, W-LEACH не принимает во внимание, был ли этот узел в качестве ГУ в предыдущие несколько этапов. После того как выбраны ГУ, кластеры формируются таким образом, что каждый сенсор назначается к его ближайшему ГУ. Эта концепция делает W-LEACH общим алгоритмом агрегации, который может быть использован с любым методом маршрутизации. Результаты моделирования показывают, что протокол W-LEACH увеличивает время жизни сети [16].

VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье рассмотрены протоколы маршрутизации беспроводных сенсорных сетей, основанные на протоколе LEACH. Протокол LEACH направлен на увеличение времени жизни беспроводной сенсорной сети и на сохранение энергии путем случайного выбора головного узла. Выбор ГУ является случайным. Хотя протокол LEACH и улучшает энергоэффективность, но он очень хорошо работает лишь в большой зоне покрытия, которая нуждается в множественных ретрансляционных передачах, не

поддерживает мобильность, надежность и т.д. Для решения этих недостатков, были предложены различные протоколы, разработанные на базе протокола LEACH для того, что сделать беспроводные сенсорные сети более эффективными и продлить срок их службы. Рассмотренные в статье протоколы призваны к решению многих недостатков, присущих протоколу LEACH. Тем не менее, многое еще предстоит сделать, и необходимо найти более эффективную, масштабируемую и надежную схему кластеризации для повышения энергопотребления и повышения срока эксплуатации малых и больших беспроводных сенсорных сетей.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Akyildiz.I. F., Weilian S, Sankarasubramaniam:A Survey on Sensor Networks.In: IEEE Communications Magazine, 40(8), pp. 102-114, 2002.
- [2] Mainwaring.A, Polastre.J, Szewczyk.J, Culler.D.J:Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring., pp. 90-95, 2002.
- [3] Tubaishat.M, Madria.S: Sensor Networks: An Overview. IEEE Potentials, pp. 20-23, May 2003.
- [4] Eleburuikie.I.O, Dekunle.S.S: Energy Efficient Wireless Sensor Network Using Hierarchical Routing Technique: Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Blekinge, Sweden, 2010.
- [5] Heinzelman. W.R.,Chandrakasan: A, "Energy efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks. In: IEEE ComputerSociety Proceedings, Vol. 8, pp. 10-20, 2000.
- [6] Neetika, Kaur.S: Review on Hierarchical Routing in Wireless Sensor Networks.In: International Journal of Smart Sensors and Ad- Hoc Networks (IJSSAN), Vol. 2, Issue 3, pp. 85-90, 2012.
- [7] Depedri. A, Zanella. A, Verdone.:An Energy Efficient Protocol for Wireless Sensor Networks. In: Proc. AINS, 2003, pp. 1-6, 2003.
- [8] Heinzelman.W,Chandrakasan.A, Balakrishnan.H: An application-specific protocol architecture for wireless micro sensor networks: IEEE Transaction on Wireless Communications, Vol. 1, No. 4, pp. 666-670, 2002.
- [9] Fan. X. N, Song. Y. L: Improvement on LEACH protocol of wireless sensor network. In: Proc. International Conference on Sensor Technologies and Applications, Sensor Comm., pp. 260-264, 2007.
- [10]Manimala.P, Senthamil.R: A Survey on Leach-Energy Based Routing Protocol. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering (IJETA), Vol.3, Issue 12, pp. 657-660, December,2013.
- [11]Bakaraniya.P, Sheetal. M: K-LEACH: An improved LEACH Protocol for Lifetime Improvement in WSN. In: International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), Vol-4, Issue 5, pp. 1521-1526, May, 2013
- [12]Zhu.D,Cai.D:Research and simulation of energy efficient protocol for wireless sensor network. International Journal of Computer Engineering and Technology, Quanzhou, China, , pp.56-63, 2010.
- [13]Thiemo .V, Hartmut R, Jochen. S, Adam .D, Juan .A: Solar-aware clustering in Wireless Sensor Networks. In: Proceedings of the Ninth IEEE Symposium on Computers and Communications, pp.15-21 June, 2004.
- [14]Jiman .H and Joongjin .K: T-LEACH: The method of threshold-based cluster head replacement for wireless sensor networks," published in springer Inf Syst Front, pp.101-109, 2008.
- [15]Bani. R.M.,Abdalraheem A.: A Survey on LEACH-Based Energy Aware Protocols for Wireless Sensor Networks. Published in: Journal of Communications, Vol. 8, No. 3, pp.192-206, March, 2013.
- [16]Hanady. M., Bader.A:W-LEACH Based Dynamic Adaptive Data Aggregation Algorithm for Wireless Sensor Networks. Hindawi Publishing Corporation International Journal of Distributed Sensor Networks, Vol. 2013, pp.1-11, 2013.

Информация об авторе:

Евстифеева Екатерина Андреевна, старший преподаватель кафедры «Связь» Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, Россия, e-mail: el_solitario@bk.ru

Features of LEACH-based routing protocols in wireless sensor networks

E.A. Evstifeeva

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract – The article is a review of generations of routing protocols based on the hierarchical routing protocol LEACH. With the progress in wireless communication, wireless sensor networks have become widely used in various fields. Routing protocols play a significant role in the functioning of wireless sensor networks. Routing protocols can optimize the resources of a wireless sensor network, such as energy consumption, memory usage, and others. Energy-efficient routing protocols are a serious problem in the field of sensor networks. The development and application of various energy-efficient routing protocols can increase the lifetime of a sensor network.

Keywords – head node, LEACH, hierarchical routing, clustering, energy consumption

References

- [1] Akyildiz.I. F., Weilian S, Sankarasubramaniam:A Survey on Sensor Networks.In: IEEE Communications Magazine, 40(8), pp. 102-114, 2002.
- [2] Mainwaring.A, Polastre.J, Szewczyk.J, Culler.D.J:Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring., pp. 90-95, 2002.
- [3] Tubaishat.M, Madria.S: Sensor Networks: An Overview. IEEE Potentials, pp. 20-23, May 2003.
- [4] Eleburuike.I.O, Dekunle.S.S: Energy Efficient Wireless Sensor Network Using Hierarchical Routing Technique: Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Blekinge, Sweden, 2010.
- [5] Heinzelman. W.R.,Chandrakasan: A, “Energy efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks. In: IEEE ComputerSociety Proceedings, Vol. 8, pp. 10-20, 2000.
- [6] Neetika, Kaur.S: Review on Hierarchical Routing in Wireless Sensor Networks.In: International Journal of Smart Sensors and Ad- Hoc Networks (IJSSAN), Vol. 2, Issue 3, pp. 85-90, 2012.
- [7] Depedri. A, Zanella. A, Verdone.:An Energy Efficient Protocol for Wireless Sensor Networks. In: Proc. AINS, 2003, pp. 1-6, 2003.
- [8] Heinzelman.W,Chandrakasan.A, Balakrishnan.H: An application-specific protocol architecture for wireless micro sensor networks: IEEE Transaction on Wireless Communications, Vol. 1, No. 4, pp. 660–670, 2002.
- [9] Fan. X. N, Song. Y. L: Improvement on LEACH protocol of wireless sensor network. In: Proc. International Conference on Sensor Technologies and Applications, Sensor Comm., pp. 260-264, 2007.
- [10]Manimala.P, Senthamil.R: A Survey on Leach-Energy Based Routing Protocol. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering (IJETA), Vol.3, Issue 12, pp. 657-660, December,2013.
- [11]Bakaraniya.P, Sheetal. M: K-LEACH: An improved LEACH Protocol for Lifetime Improvement in WSN. In: International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), Vol-4, Issue 5, pp. 1521-1526, May, 2013
- [12]Zhu.D,Cai.D:Research and simulation of energy efficient protocol for wireless sensor network. International Journal of Computer Engineering and Technology, Quanzhou, China, , pp.56-63, 2010.
- [13]Thiemo .V, Hartmut R, Jochen. S, Adam .D, Juan .A: Solar-aware clustering in Wireless Sensor Networks. In: Proceedings of the Ninth IEEE Symposium on Computers and Communications, pp.15-21 June, 2004.
- [14]Jiman .H and Joongjin .K: T-LEACH: The method of threshold-based cluster head replacement for wireless sensor networks,” published in springer Inf Syst Front, pp.101-109, 2008.
- [15]Bani. R.M.,Abdalraheem A.: A Survey on LEACH-Based Energy Aware Protocols for Wireless Sensor Networks. Published in: Journal of Communications, Vol. 8, No. 3, pp.192-206, March, 2013.
- [16]Hanady. M., Bader.A.:W-LEACH Based Dynamic Adaptive Data Aggregation Algorithm for Wireless Sensor Networks. Hindawi Publishing Corporation International Journal of Distributed Sensor Networks, Vol. 2013, pp.1-11, 2013.