

УДК 621.391.1, 004.75

Т.О. Приходько (канд. техн. наук, доц.)ГБУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк
кафедра компьютерной инженерии
E-mail: pr.tatyana@gail.com**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК МОБИЛЬНЫХ
AD-НОС СЕТЕЙ**

Стремительно развивающиеся технологии беспроводной связи обращают на себя пристальное внимание ученых, но все еще требуют формализации терминов и понятий, поскольку различия между разновидностями беспроводных сетей не всегда очевидны. В статье выполнен сравнительный анализ двух современных мобильных сетевых технологий - мобильных самоорганизующихся и беспроводных сенсорных сетей. Названы их сходные черты. Выявлены конструктивные различия, а так же различия в принципах межсетевого взаимодействия, в степени мобильности и областях применения. Названные различия обуславливают создание новых подходов в разработке коммуникационных протоколов и распределенных алгоритмов.

Ключевые слова: *мобильные самоорганизующиеся сети, беспроводные сенсорные сети, протоколы, проактивная и реактивная маршрутизация.*

Введение

Самоорганизующиеся мобильные сети находят все более и более широкое применение в различных сферах жизнедеятельности человека. Особенно ясным этот факт становится в свете появления нового термина для таких сетей – всепроникающие сети (Ubiquitous Networking), который отражает темпы распространения мобильных сетей, и позволит каждому человеку запрашивать и использовать интересующие данные независимо от его местонахождения. Такая структура формирует сама себя всякий раз, когда современные мобильные телефоны или иные устройства связи оказываются в пределах прямой "видимости". При этом каждый узел является не только прямо-передатчиком, но и маршрутизатором.

На сегодняшний день существует две разновидности таких сетей – MANET (Mobile Ad-hoc Network - мобильные самоорганизующиеся сети) и WSN (Wireless sensor network - беспроводные сенсорные сети) и различия между ними не всегда являются очевидными. Но хотя оба типа сетей имеют действительно много сходства, различия между ними столь значительны, что WSN может, рассматриваться как совершенно другая область исследований. Некоторые разработчики [1,2] предостерегают, что нужно с большой осторожностью подходить к применению алгоритмов, протоколов и методов для WSN, если они первоначально были разработаны для MANET.

Публикации в этой области

Самоорганизующиеся мобильные сети начали появляться еще в 70-х годах прошлого века. За это время появилось огромное количество публикаций, особенно в англоязычной научной литературе [3-11]. Поскольку сети Ad-hoc являются одной из наиболее динамично развивающихся областей науки, на их основе возникают новые технологии и пользовательские приложения.

Например, технология Publish/Subscribe - тип рассылки сообщений, когда отправители (издатели) не связаны напрямую с получателями (подписчиками), вместо этого сообщения разбиваются на классы и подписчику доставляются только те классы сообщений, в которых он заинтересован, не сопровождая их знаниями об издателе. Эта модель обеспечивает большую масштабируемость сети и более динамичную сетевую топологию. Толчок к бурному развитию этой технологии стал возможен во многом благодаря развитию сетей Ad-hoc. Так же появилась разновидность мобильных сетей, используемая в транспортной индустрии – VANET (Vehicular MANET), которая объединяет в себе все названные понятия плюс т.н.з Public Sensing - технологию, предполагающую использование сенсоров в мобильных телефонах для общественных и частных нужд. Внедрение всех этих технологий требует глубокого понимания принципов Ad-hoc сетей.

Сходства и различия самоорганизующихся мобильных сетей

1. Сходства

Как MANET так и WSN являются автоматически конфигурируемыми беспроводными сетями связи, ресурсы таких сетей ограничены, протоколы и алгоритмы традиционных сетей для них не подходят. Несмотря на множество сходных черт (энергозависимость, нелицензируемый спектр передачи, самоуправление, принципы маршрутизации, весьма ограниченная защищенность), существуют и различия, которые можно классифицировать как конструктивные, мобильные, различия в стеке протоколов, масштабируемость, различия в сферах применения.

2. Конструктивные различия

Участниками MANET сетей являются различные мобильные устройства – телефоны, ноутбуки, PDA и т.д.

Сенсорные сети же состоят из узлов, имеющих в своем составе компоненты, представленные на рис.1. Каждый узел в сети оснащен радио трансивером или другим устройством беспроводной связи, небольшим микроконтроллером и источником энергии.

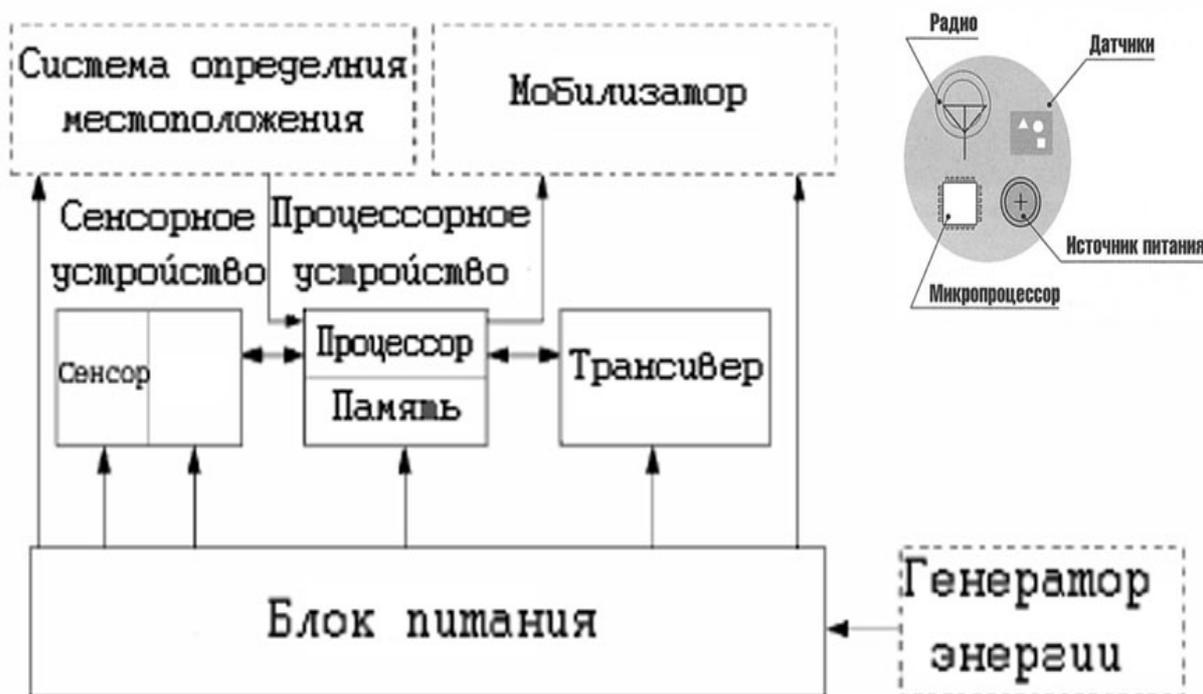


Рисунок 1 – Компоненты сенсорного узла

Можно выделить следующие основные типы датчиков для сенсоров:

- Рассеянного света;
- Барометрического давления;
- Магнитного поля;
- Влажности;
- Температуры;
- Вибрации;
- Биомедицинские (давление, пульс, сердцебиение, уровень сахара в крови и т.д.);
- Акселерометр (измерение ускорений).

Но с развитием мобильных технологий конструктивные различия начинают стираться, а точнее смещаться в пользу уже упоминавшегося понятия "Public sensing". Происходит это в связи с тем, что использование сенсоров, передающих необходимую информацию об окружающем мире, в составе мобильных телефонов оказывается гораздо дешевле, чем развертывание специальной сенсорной сети, в которой каждый из сенсоров стоит пока еще от нескольких долларов до сотни (в зависимости от мощности, количества и типа датчиков).

3. Различия в мобильности

Хотя сенсоры могут быть прикреплены к животным, либо транспорту, большинство WSN-приложений все же содержат статические сенсоры [4,5,6,7]. И этот факт предполагает более простые алгоритмы маршрутизации, но при этом топология сети может измениться в связи с регулярным использованием сенсорами спящего режима с целью сохранения энергии. Дальность связи сенсоров составляет около десятка метров, скорость передачи – несколько килобит в секунду, частота процессора – несколько мегагерц.

Мобильные устройства MANET сетей практически всегда в движении, т.к. это устройства, находящиеся при человеке либо в составе транспортных средств, а это означает постоянное изменение маршрутов. Дальность связи в таких сетях – в среднем несколько км (очень зависит от скорости, окружающей обстановки и мощности оборудования), скорость передачи достигает сотен килобит в секунду (для наиболее новых стандартов), частота процессора – ограничивается кошельком владельца.

4. Различия в принципах межсетевого взаимодействия

Наиболее обстоятельных пояснений требуют различия в части межсетевого взаимодействия в вышеназванных сетях. Сначала обратимся к стеку протоколов – основе межсетевого взаимодействия. Стек протоколов для WSN показан на рис. 2 (схематично). Этот стек подобен тому, что используется в MANET (он тот же, что и в сетях TCP/IP), за исключением Менеджера задач, Менеджера электроснабжения и Менеджера мобильности, которые задействованы на всех уровнях TCP/IP. Некоторые исследователи находят сложным придерживаться этого уровневого подхода в сенсорных сетях. Так, например, авторы [9] считают, что обмен межуровневой (cross-layer) информацией поможет модулям протоколов принимать осознанные решения и легче адаптироваться к постоянно изменяющимся обстоятельствам. Таким образом, аргументы в пользу межуровневой информации: WSN слишком зависимы от конкретных приложений и ресурсов, поэтому привычная уровневая архитектура перестает быть лучшим способом представления для широкого круга приложений и оптимизации ограниченных ресурсов и все более распространенной становится межуровневая архитектура WSN [9, 11], либо гибкая реконфигурируемая система представления межсетевого взаимодействия [8,10] Рис.2 (б), чего нельзя сказать о MANET.

На рис. 2 (б) показаны плоскости управления различными ресурсами – питанием, мобильностью, задачами, качеством обслуживания, безопасностью. Они должны присутствовать на всех уровнях. Так, например, менеджер задач должен координировать деятельность всех узлов для достижения сообщением цели назначения, учитывая при этом энергетические возможности узлов. Для адаптации к разным потребностям трафика

(например, беспроводные мультимедиа сервисы) уровень приложений может потребовать информацию о характеристиках физического соединения, т.е. выполнить кроссуровневный запрос. Такая возможность усугубляет разницу между MANET и WSN сетями.

Еще одно значительное отличие – в стандартах. Тогда как IEEE 802.11 радио интерфейс стал стандартом де-факто для MANET, включая физический уровень, выбор радио-аппаратуры физического уровня сенсорных сетей имеет множество альтернативных возможностей. А стандарт IEEE 802.15.4 – это попытка установить общие правила только для использования радио-сенсоров общего назначения. Направлен он на экономные с точки зрения потребления энергии устройства, способные работать годы без замены.

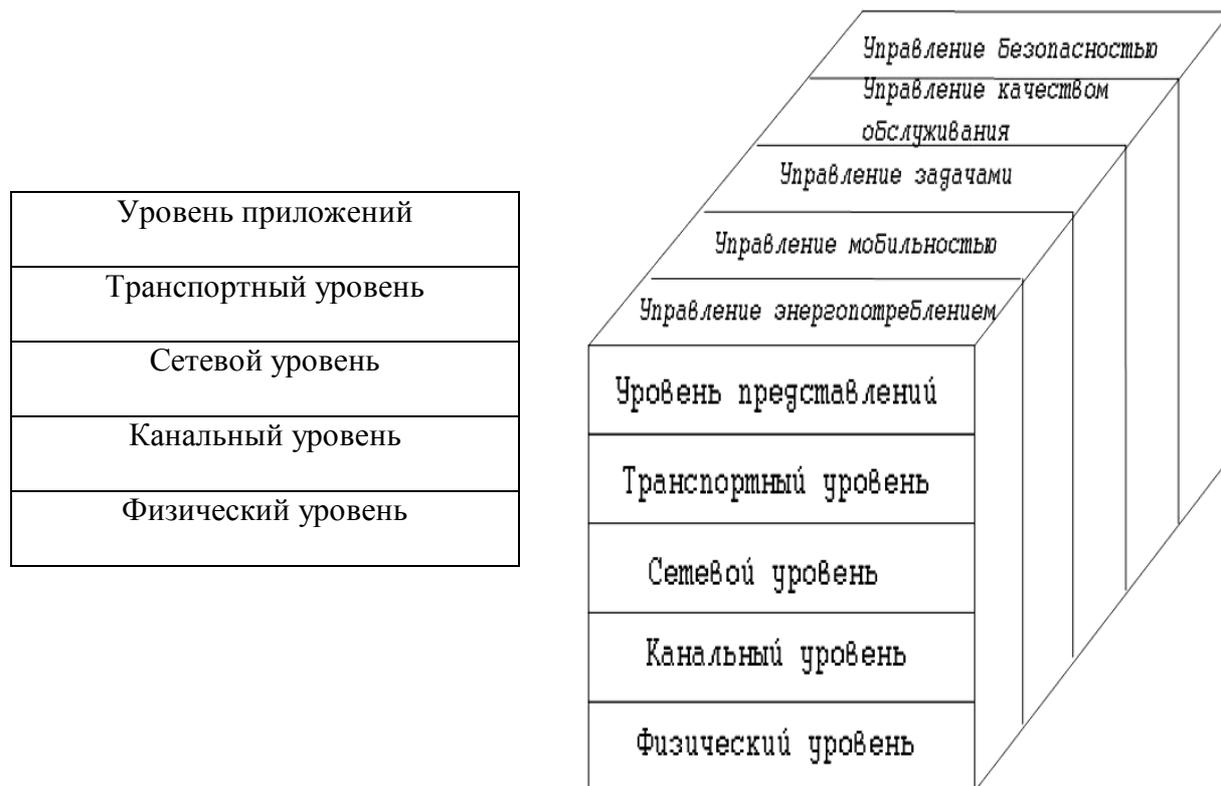


Рисунок 2 – Стек протоколов мобильных сетей а) Ad-hoc б) сенсорных

В стандарте IEEE 802.11 используется известный протокол CSMA/CA – множественный доступ с прослушиванием несущей и избеганием коллизий также известный как Distributed Coordination Function (DCF) – распределенный режим доступа, главная цель которого – обеспечение устойчивого соединения и одинаковых прав для всех участников сети. Есть несколько причин, почему он не годится для WSN. Во-первых, DCF построен на принципе постоянной доступности Internet, поэтому узлы MANET всегда готовы к приему/передаче. Такой режим постоянной готовности не подходит для сенсорных энергоэкономных сетей. Во-вторых, DCF лучше работает, когда пакеты стохастически распределены во времени, что опять же не подходит сенсорным сетям, которым свойственен пульсирующий принцип потоков данных.

Маршрутизация в MANET сетях базируется на принципах, где центральную роль играет узел и его физический адрес. Протоколы маршрутизации в мобильных ad-hoc сетях классифицируются как проактивные, реактивные и гибридные. Названия отражают способ реагирования сети на изменение топологии, а значит и маршрутов. При проактивной маршрутизации, благодаря постоянным служебным запросам, узлы (они же роутеры) все

время обновляют сведения о маршрутах, даже если они не теряют актуальности. Напротив. Реактивные алгоритмы маршрутизации вступают в действие только при изменении конфигурации сети. Гибридный подход использует смешанные принципы.

В основе маршрутизации сенсорных сетей, напротив используются принципы, при которых центральную роль играют данные – приложениям более важны показания сенсоров, чем их адреса. Связь устанавливается исходя из соображений, удовлетворяет ли, например, температура в регионе заданным пределам, без взаимодействия с каким-то конкретным узлом и его физическим адресом. Таким образом, генерируется мультикастный запрос, на который отвечают только те узлы, чьи показания отвечают заданным критериям. На обратном пути данные агрегируются в специальных узлах – коллекторах. Во всем этом процессе физический адрес узла не важен. Эту схему коммуникации многие-к-одному иногда называют "gathercast", и, очевидно, она совершенно не свойственна MANET сетям.

5. Различия в сферах применения

Таблица 1

Различия в сферах применения WSN и MANET

Приложения для WSN	Приложения для MANET
Мониторинг миграций животных	Военные или полицейские действия
Мониторинг окружающей среды	Операции по оказанию помощи
Слежение за объектом	Срочные деловые встречи
Контроль ядерного реактора	Роботы для сбора данных
Дозиметрический контроль	Сенсорные сети
Обнаружение пожаров	Студенты на территории кампуса
Мониторинг дорожного движения	Бесплатный доступ к подключению Интернет
Мониторинг загрязнения окружающей среды	Семинары и конференции
Мониторинг состояния пациента	
Сейсмический контроль	

В таблице 2 праведен свод характеристик по самоорганизующимся сетям.

Таблица 2

Сравнительная характеристика WSN и MANET

Factors/ Issues	WSNs	MANETs
Взаимодействие	Направлены на взаимодействие с окружающей средой	Мобильные устройства, управляемые человеком
Плотность узлов	Высокая	Невысокая
Уровень ошибок	Высокий	Низкий (проверить)
Тип связи	Broadcast	Point-to-Point
Расстояния коммуникаций	Короткие	Длинные
Метрики	Эффективность, Плотность, Задержки при доставке, Масштабируемость, Устойчивость	Скорость доставки, скорость распространения, избыточность
Энергоснабжение	Ограниченное	Не критично
Нехватка полосы пропускания	Иногда	Да
Идентификация	Не уникальная	Уникальный ID -MAC адрес
Память	Ограничена	Достаточно

Таблица 2

Сравнительная характеристика WSN и MANET (продолжение)

Factors/ Issues	WSNs	MANETs
Отказо-устойчивость	Нужно только, если узлы исчерпали имеющуюся энергию или переместились	Необходимо, когда мобильность увеличивается
Избыточность данных	Иногда	Нет
Протоколы маршрутизации	Flooding, Gossiping, Flat Routing, Hierarchical, Location based	Проактивные, реактивные, гибридные
Топология	Динамически изменяющаяся	Динамически изменяющаяся
Стандарты	ZigBee, IEEE 802.15.4, ISA100, IEEE 1451	IEEE 802.11
Архитектура	Рис.3.	Рис.4.

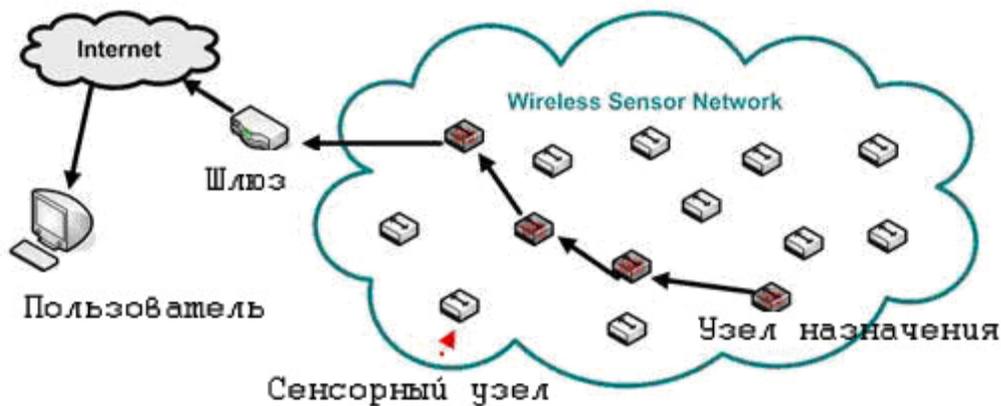


Рис.3. Архитектура сенсорных сетей

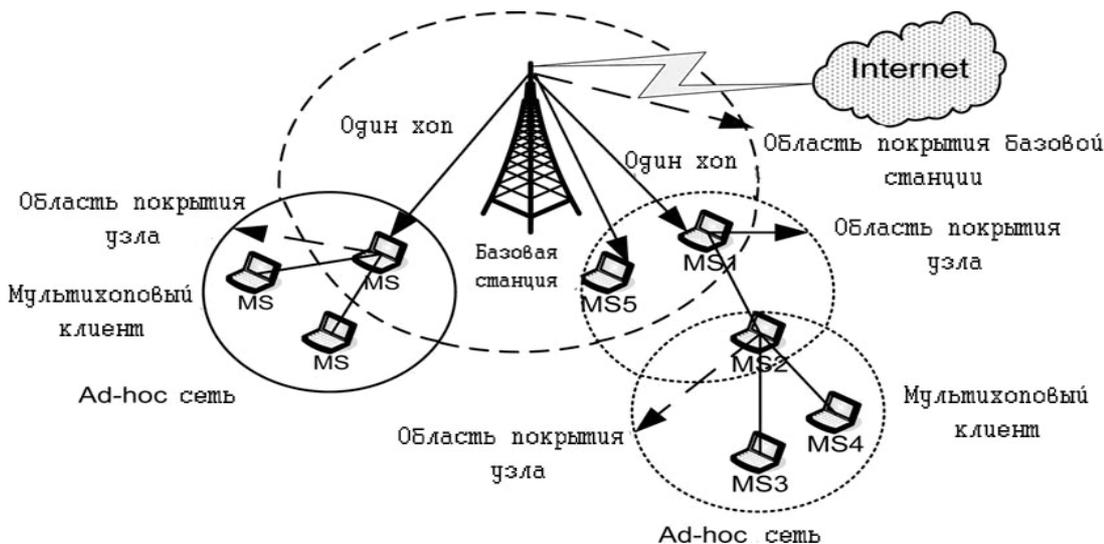


Рисунок 4 – Архитектура MANET

Выводы

Беспроводные сети, в том числе сенсорные находят все более широкое применение в современном обществе, поэтому исследование различных их аспектов является важным и перспективным. Из данной статьи видно, что ставший традиционным в изучении и конструировании компьютерных сетей уровневый подход не годится для сенсорных сетей. Кроме того, правила конструирования и управления мобильными сетями должны быть пересмотрены с учетом их особенностей, а именно, необходимо обеспечить:

- возможность легкого внедрения в стек дополнительных протоколов и новых коммуникационных парадигм с учетом дата-центризма;
- высокие адаптационные качества системы для подстройки к разным прикладным задачам;
- гибкое и эффективное межуровневое взаимодействие протоколов;
- адаптируемость сенсорных узлов к изменениям окружающей среды.

Список использованной литературы

1. Gomez J. MANET and WSN: Are they alike? Электронный ресурс / J. Gomez, J. Antonio Garcia-Macias. - 2006. – Режим доступа: <http://profesores.fi-b.unam.mx/.../sensorchapter.pdf>.
2. Vandana J. How the two Adhoc networks can be different: MANET & WSNs / J. Vandana, A.K. Verma, B. Seema // IJCST. - 2011. - Vol. 2, ISSue 4.
3. Puccinelli D. Wireless Sensor Networks: Applications and Challenges of Ubiquitous Sensing / D. Puccinelli, M. Haenggi // IEEE CIRCUITS AND SYSTEMS MAGAZINE. - 2005
4. Rama K.YEDAVALLI Application of wireless sensor networks to aircraft control and health management systems / Rama K.YEDAVALLI, Rohit K.BELAPURKAR // Control Theory. – 2011. - 9(1). – PP. 28–33.
5. Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring / [A. Mainwaring, J. Polastre, R. Szewczyk, D. Culler] // WSNA (Wireless Sensor Networks and Applications). – 2002.
6. Monitoring volcanic eruptions with a wireless sensor network / [G.Werner-Allen, J.Johnson, M.Ruiz, J.Lees] // in Proceedings of the Second European Workshop on Wireless Sensor Networks (EWSN'05), 2005.
7. Kotowsky M. Wireless Sensor Networks to Monitor Crack Growth on Bridges / M. Kotowsky, C. Dowding; Northwestern University, 2009.
8. e-SENSE Protocol Stack Architecture for Wireless Sensor Networks / [W. Schott, A. Gluhak, M. Presser, U. Hunkeler] // Mobile and Wireless Communications Summit, 2007. - 16th IST.
9. System Support for Cross-layering in SensorNetwork Stack / [R. Kumar, S. PalChaudhuri, C. Reiss, U. Ramachandran] // Mobile Ad-hoc and Sensor Networks: Second International Conference, MSN 2006. - PP 793-807.
10. Efficient and Light-weight Wireless Sensor Network Communications [Электронный ресурс] / [J. Haapola, Z. Shelby, L. Ouvry, N. Bui]. – Режим доступа: www.ist-esense.org/fileadmin/.../4.a_e.pdf.
11. Simulation Scalability Issues in Wireless Sensor Networks / [Egea-Lopez, E. and all] // Communications Magazine, IEEE. – 2006. - Volume 44 , Issue 7. – PP. 64 – 73.

Надійшла до редакції:
25.03.2013

Рецензент:
д-р техн. наук, проф. Скобцов Ю.О.

Т.О. Приходько

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Порівняльний аналіз характеристик мобільних Ad-hoc мереж. Технології бездротового зв'язку, що розвиваються дуже стрімко звертають на себе пильну увагу вчених, але все ще вимагають формалізації термінів і понять, оскільки відмінності між різновидами бездротових мереж не завжди очевидні. У статті виконано порівняльний аналіз двох сучасних мобільних мережних технологій - мобільних мереж, що самоорганізуються та бездротових сенсорних мереж. У статті названо їх схожі риси. Виявлено конструктивні відмінності, а також відмінності в принципах міжмережної взаємодії, в ступені мобільності і областях застосування. Названі відмінності обумовлюють створення нових підходів у розробці комунікаційних протоколів і розподілених алгоритмів.

Ключові слова: мобільні мережі, що самоорганізуються, бездротові сенсорні мережі, протоколи, проактивна і реактивна маршрутизація.

Т. А. Prykhodko

Donetsk National Technical University

Comparative Analysis of Mobile Ad-hoc Networks Characteristics. Rapidly developing wireless technologies draw attention of many scientists, but still need to formalize the terms and concepts, as the differences between the varieties of wireless networks are not always obvious.

Both MANETs (Mobile Ad-hoc Networks) and WSNs (Wireless Sensor Networks) are auto-configurable networks of nodes connected by wireless links, where resources are scarce, and where traditional protocols and networking algorithms are inadequate. However great care should be taken before applying algorithms, protocols, and techniques to WSNs, if they were originally developed for MANETs. Although both types of networks indeed have many similarities, the differences are such that WSN can probably be considered a whole different research field.

The paper provides a comparative analysis of two modern mobile network technologies - mobile self-configuring networks (MANET) and wireless sensor networks (WSN). Structural differences, differences in the principles of interconnectivity, in the degree of mobility and application domains were revealed. A protocol stack for WSN is similar to the one used in MANET networks and based on TCP/IP stack used in local networks, except for the addition of power, mobility, QoS, safety and task management planes that operate across all layers. This layered approach has remained accepted and mostly untouched in MANET networks for a quite long time, but there are serious difficulties to adhere to it in WSN. The main arguments for this opposition are that WSN is very application-specific and resource-constrained, so a layered architecture is shifting to flexible protocol architecture.

All differences cause the creation of new approaches to the development of communication protocols and distributed algorithms. Among this new requirements are:

- to easily integrate advanced protocol concepts and new communication paradigms, e.g. data centrality,
- to provide flexibility enough to allow the system to be configured for various application requirements by selecting appropriate protocols and service functions,
- to provide a system infrastructure to allow efficient operation of the protocols through cross-layer interaction,
- to allow wireless sensor nodes and networks to adapt their behavior to environmental conditions,
- to offer enhanced functionality support required for many applications, e.g. localization.

Keywords: mobile Ad-hoc networks (MANET), wireless sensor networks (WSN), protocols, proactive and reactive routing.