

В предлагаемой системе используются УВЧ-радиоволны, т. е. вредные излучения фактически отсутствуют и поэтому негативное влияние на окружающую среду не оказывается.

С экономической точки зрения система мониторинга леса на основе радиочастотной томографии не может стоить очень дорого, так как томографы используются в других отраслях уже более тридцати лет, например в медицине, радиоэлектронике, физике.

Библиографический список

1. Санников С.П., Герц Э.Ф., Дьячкова А.А. Методология дистанционного мониторинга древостоев и транспортных потоков древесины // Лесной журнал. Архангельск: С(А)ФУ, 2016. С. 109–115. URL: <http://narfu.ru/university/library/books/2780.pdf> (дата обращения 20.10.2018).
2. Побединский А.А. Обоснование параметров системы радиочастотного мониторинга лесного фонда. Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / Побединский Андрей Анатольевич. Екатеринбург: 2018. 18 с.
3. Giuli. Polarization diversity in radars // IEEE. v.74. 1985. № 2.

УДК 630.52:587/588

Студ. Д. А. Тюлькин
Рук. С. П. Санников
УГЛТУ, Екатеринбург

РАЗРАБОТКА СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ О МОНИТОРИНГЕ ЛЕСА

Эффективность управления лесами без своевременного мониторинга состояния древостоев, пожарной обстановки, прироста древесины — невозможна. Также невозможна заготовка древесины и ее логистика транспортировки (перемещения) до потребителя. Проведенные исследования и разработки измерительных устройств, для мониторинга состояния древостоев на кафедре АПП УГЛТУ [1] показывают, что для оперативного вмешательства в опасную ситуацию в лесу и для проектирования лесозаготовок необходимы автоматизированные сети сбора данных [2, 3].

Главной целью проведения мониторинга леса является обеспечение органов, управляющих лесным хозяйством, достоверной и оперативной информацией о состоянии лесных экосистем и всех переменах в фонде леса. Поэтому система должна выполнять следующие задачи мониторинга:

- изучать лесной фонд, в том числе и земли лесов, создавать их карты (обновлять кадастр ресурсов лесов);

- предотвращать возникновение лесных пожаров;
- оценивать состояние экосистем леса с санитарной точки зрения;
- контролировать использование лесных ресурсов и хозяйственные работы людей в лесу;
- учет разных изменений в лесах, которые происходят по естественным причинам либо под влиянием деятельности людей.

В работе А.А Побединского [1] рассмотрена проблема сбора данных о состоянии леса и его транспортировке. Исследования автора показали, что система должна быть синергетической, т.е. самонастраиваемой по параметрам и направлению передачи данных. Поэтому для обмена данными необходим соответствующий протокол между устройствами, входящими в сеть. Скорость передачи данных большой роли не играет, так как задержка в несколько минут допустима для задачи мониторинга леса.

Анализ протокола для самонастраивания сети датчиков

Рассмотрим наиболее подходящий протокол обмена для поставленных задач стандарта *ZigBee* [4]. Данный стандарт, это спецификация сетевых протоколов верхнего уровня – уровня приложений APS (англ. *Application support sublayer*) и сетевого уровня NWK, использующих сервисы нижних уровней — уровня управления доступом к среде MAC и физического уровня PHY, регламентированных директивами стандарта IEEE 802.15.4. Поэтому *ZigBee* и IEEE 802.15.4 описывают беспроводные персональные вычислительные сети (WPAN), как показано на рис. 1.



Рис. 1. Структура приложений службы слоев от уровня PHY и MAC стандарта IEEE радио 811.15.4 до уровней ZigBee платформы в сети

Спецификация *ZigBee* ориентирована на приложения, требующие гарантированной безопасной передачи данных при относительно небольших скоростях и возможности длительной работы сетевых устройств от автономных источников питания (батарей).

Основная особенность технологии *ZigBee* заключается в том, что она при малом энергопотреблении поддерживает не только простые топологии сети («точка-точка», «кластерное дерево» и «звезда»), но и самоорганизующуюся и самовосстанавливающуюся ячеистую (*mesh*) топологию с ре-

трансляцией и маршрутизацией сообщений. Кроме того, спецификация ZigBee содержит возможность выбора алгоритма маршрутизации в зависимости от требований приложения и состояния сети, механизм стандартизации приложений — профили приложений, библиотеку стандартных кластеров, конечные точки, привязки, гибкий механизм безопасности, а также обеспечивает простоту развертывания, обслуживания и модернизации.

Особенность устройства ZigBee по техническим показателям в том, что протоколы построены на недавно разработанном алгоритме AODV (протокол динамической маршрутизации для мобильных ad-hoc сетей (MANET) и других беспроводных сетей) и NeuRFon, предназначенным для образования ad-hoc сетей (децентрализованная беспроводная сеть, образованная случайными абонентами) или узлов. В большинстве случаев сеть является скоплением скоплений. Она также может принимать форму сети или одиночного скопления. Текущие профили получаются из протоколов ZigBee, поддерживают сети со включенными или с отключенными маячками.

В сетях с отключенными маячками (где порядок маячков составляет 15) используется механизм доступа к каналам. В этом типе сети маршрутизаторы ZigBee обычно поддерживают свои приемники включенными продолжительно, что требует более мощной энергоподдержки. Однако это позволяет разнородным сетям, в которых некоторые устройства продолжительно принимают, пока другие только передают, определять внешние сигналы.

В сетях с маячками специальные узлы сети, маршрутизаторы ZigBee, передают периодические сигналы, чтобы подтвердить свое присутствие на других узлах сети. Узлы могут находиться в спящем состоянии между маячками, что снижает их скважность и увеличивает жизнь батареек. Интервалы маячков могут различаться от 15.36 мс до $15.36 \text{ мс} * 2^{14} = 251.65824 \text{ с}$ для скорости в 250 кбит/с, от 24 мс до $24 \text{ мс} * 2^{14} = 393.216 \text{ с}$ для скорости в 40 кбит/с и от 48 мс до $48 \text{ мс} * 2^{14} = 786.432 \text{ с}$ для 20 кбит/с. Однако низкая скважность операций (сигналов) вместе с длинными интервалами маячков требует точного распределения времени, что может войти в противоречие с требованием низкой стоимости изделия.

В общем, протоколы ZigBee снижают время включения радиопередатчиков и сокращают энергопотребление. В маячковых сетях узлы должны быть активными только во время осуществления маячком передачи. В безмаячковых сетях расход энергии асимметричен, некоторые устройства всегда активны, в то время как другие проводят большую часть своего времени в спящем режиме. Устройства ZigBee должны быть совместимы со стандартом IEEE 802.15.4-2003 беспроводных персональных сетей (исключая профиль 2.0 «рационального использования энергии»). Стандарт определяет нижние слои протокола — физический слой (PHY), и контроль доступа (MAC), часть ссылки на слой данных (DLL). Этот стандарт опре-

деляет работу на частотах 2.4 ГГц (нелицензированная частота), 915 МГц (Американский континент) и 868 МГц (Европа) диапазон ISM. На частоте 2.4 ГГц есть 16 каналов ZigBee, каждый канал требует ширины диапазона в 5 МГц. Основная частота для каждого канала может быть рассчитана как

$$FC = (2405 + 5 (ch - 11)) \text{ МГц},$$

где $ch = 11, 12, \dots, 26$ — номер канала.

Радио используют широкополосную модуляцию с прямым расширением спектра, которая управляется цифровым потоком в модуляторе. Двоичная фазовая модуляция используется на полосах в 868 и 915 МГц. Оффсетная квадратурная фазовая модуляция сигнала, передающая по 2 бита в символе, используется на полосе частот 2,4 ГГц. В чистом виде, при передаче через воздух скорость передачи данных составляет 250 кбит/с для каждого канала в диапазоне 2.4 ГГц, 40 кбит/с для каждого канала в диапазоне 915 МГц и 20 кбит/с в диапазоне 868 МГц. Расстояние передачи 100 м и свыше 1500 м для Zigbeepro, хотя оно сильно зависит от отдельного оборудования. Максимальная выходная мощность радио в основном составляет 0 дБм (1 мВт).

Скорость передачи данных Zigbee варьируется от 20 до 250 кбит/с, в зависимости от используемой частоты (рис. 2).

	<u>ЧАСТОТА</u>	<u>МЕСТО</u>	<u>ПОКАЗАТЕЛИ</u>	<u># КАНАЛ(Ы)</u>
2,4 GHz	ISM	Всемирная	250 кбит/с	16
868 MHz		Европа	20 кбит/с	1
915 MHz	ISM	Америка	40 кбит/с	10

Рис. 2. Частотное распределение по скорости передачи данных в каждом канале

Нужно учесть, что всемирная и Европейская системы поддерживаются в нашей стране, а американская система действительна только в пределах страны-производителя [4].

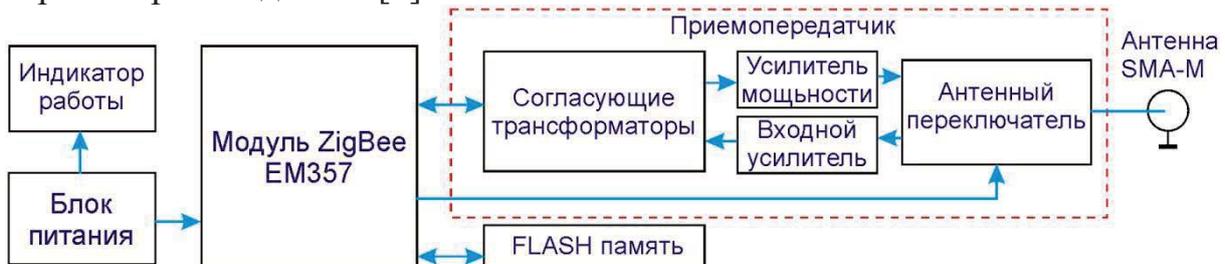


Рис. 3. Структурная схема прибора

В заключение стоит отметить, что устройства, которые работают в ZigBee стандарте не нашли широкого применения по причине невысокой скорости передачи данных и длительного времени «пробуждения», поэтому можно считать, что это новое направление в автоматизированной сфере управления лесами и его мониторинга.

Библиографический список

1. Побединский А.А. Обоснование параметров системы радиочастотного мониторинга лесного фонда. автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / Побединский Андрей Анатольевич. Екатеринбург, 2018. 18 с.

2. Санников С.П., Герц Э.Ф. Сбор данных о состоянии и транспортировке леса. Формирование регионального лесного кластера // Социально-экономические и экологические проблемы и перспективы лесного комплекса: матер. VIII Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. С. 21–25.

3. Берегов Г.Ю., Санников С.П., Шипилов В.В. Датчик дыма системы мониторинга леса // Научное творчество молодежи — лесному комплексу России. Материалы VIII всерос. науч.-техн. конф. Ч. 1. Екатеринбург: УГЛТУ, 2013. С. 362—363.

4. Gary Legg. ZigBee: Wireless Technology for Low-Power Sensor Networks. / EE Beta Times. Design Lines. [Электронный ресурс], URL: https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1275760 (дата обращения 05.11.2018)

УДК 630*3:658.011.56

Студ. Р.С. Шапкин
Рук. С.П. Санников
УГЛТУ, Екатеринбург

РАЗРАБОТКА АСУ СУШИЛЬНОЙ КАМЕРЫ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Сушка древесины (пиломатериала) заключается в удалении влаги из материала испарением. Сушку древесины (пиломатериалов) производят двумя способами: естественным — на открытом воздухе (атмосферная сушка) и искусственным — в специальных сушильных установках (камерная сушка) [1, 2]. Второй способ сушки древесины требует специальной технологии и управления. В настоящее время разработано множество контроллеров для автоматизированной системы управления (АСУ) режимами в сушильной камере, и разрабатываются новые системы. Исследования показали, что все они не гарантируют высокое качество высушиваемого ма-