

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ RFID-УСТРОЙСТВ, ОБЪЕДИНЕННЫХ В ЛОКАЛЬНУЮ БЕСПРОВОДНУЮ СЕТЬ

Санников С.П.¹

¹*ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург, Россия (620100, Свердловская область, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, д. 37, УЛК-4/107), e-mail: SSP-mail@mail.ru*

Контроль перемещения лесоматериалов - злободневная, актуальная проблема в некоторых регионах России, и решается она различными способами. Интерес к этой теме проявляют организации, связанные с сохранностью леса, а именно: в целях сохранности от пожаров и всех видов рубок. Существующие способы контроля перемещения лесоматериалов и сохранности леса не приводят к нужным результатам. В работе предлагается совершенно новый способ контроля лесоматериалов с использованием RFID-устройств и датчиков, встроенных в них. Для сбора информации с RFID-устройств они объединяются в беспроводную сеть. Проведенные исследования помогли определить параметры беспроводной сети и RFID-устройства, зависящие от свойств лесной среды: проводимость леса от радиуса стволов деревьев; соотношение диэлектрической проницаемости и электрической проводимости леса от влажности; уровень поля рассеивания УВЧ-волн в лесу от расстояния для различных пород деревьев. Выведена частотная зависимость погонного ослабления излучения в лесу γ . Определены параметры оптимального количества информации, передаваемой в беспроводной сети, а также исследована структурная организации информационной сети из RFID-устройств.

Ключевые слова: контроль; RFID; перемещение; лесоматериал; беспроводная сеть; автоматизация, радиочастотный датчик, мониторинг.

BASE OF THE AUTOMATIC CHECKING THE DISPLACEMENT LUMBER WITH USE RFID DEVICE UNITED IN LOCAL WIRELESS NETWORK

Sannikov S.P.¹

¹*The Ural State Forest Engineering University, USFEU, Ekaterinburg, Russia (620100, Sverdlovsk region, Yekaterinburg, Siberian highway, 37, ULK-4/107), e-mail: SSP-mail@mail.ru*

Checking the displacement lumber necessary, actual problem in some region of the Russia and dares she different way. The Interest to this subject show the organizations connected with safety wood, as follows: in purpose of safety from fire and all type chopping. The Existing ways of the checking the displacement lumber and safety wood do not bring about necessary result. In work is offered absolutely new way of the checking lumber with use RFID device and sensor built-in in them. For collection of information with RFID device they unite in wireless deployment network. Called on studies helped to define parameters an wireless deployment to network and RFID device, hanging from characteristic of the timber ambience: Conductivity wood from radius stem tree; the correlation di-electric to permeability and electric conductivity wood from moisture; the level of the field of the diffusing UVCH waves in wood from distance for different sorts tree. It Is Received frequency dependency of the waited weakening of the radiation in wood γ . The Certain parameters optimum amount to information, sent in wireless deployment of the network, as well as explored structured organization to information network from RFID device.

Keywords: Checking; RFID; Displacement; The Lumber; A wireless deployment network, Automation, Radio-frequency gauges, Monitoring.

Контроль перемещения лесосырьевых материалов - злободневная, актуальная проблема в некоторых регионах России, и решается проблема различными способами. Интерес к этой теме проявляют как государственные, так и частные организации на основании законодательных актов по сохранности леса, а именно: в целях сохранности от пожаров и всех видов рубок. Практика показывает [10], что проблема не решается только мероприятиями законодательного характера, но для этого нужны соответствующие

информационные автоматизированные технические средства (ТС), помогающие следить за лесом [6]. Для своевременного получения оперативной информации о состоянии леса необходимо использовать различные ТС, расположенные на земле, воздухе и в космосе. С другой стороны, использование каждого вида ТС сопровождается трудностями, т.к. в лесу нет источников электропитания. Необходим поиск решения этой задачи и задачи по использованию наземных ТС для контроля леса в деле перемещения лесоматериалов.

Лесопользование нуждается в эффективном контроле перемещения древесины, срубленной незаконным образом, а также заготовленной законным путем. Кроме этого, перемещение связано с логистикой управления потоками лесоматериалов и ее продукции. Для этого необходимо знать показатели, такие как вид продукции, порода древесины, сорт и объем. Желательно получать информацию в автоматизированном режиме с минимальным участием человека.

Система использует новый подход к проблеме перемещения лесоматериалов на базе RFID-устройств, объединенных в беспроводную сеть для сбора информации об изменениях состояния древесины в лесу [3; 4; 7]. Каждое RFID-устройство [14] содержит метку, которая сообщает в базу данных обо всех параметрах данного дерева, в том числе о месте его нахождения. Предлагаемая система контроля перемещения лесоматериалов с использованием RFID-устройств находится на стадии исследования и изучения, а первые результаты дают надежды на успешное ее применение в технологии лесопользования и управления лесами. Проводимые нами исследования дают ответ на вопрос: как будут вести RFID-устройства в лесу, если известно, что лесная среда влияет на прохождение радиоволн [1; 5; 11-13]. Указанные исследования проводились для радиопередающих систем связи и радиолокации. Диапазон частот и мощность RFID-устройств отличается в меньшую сторону от приведенных [1; 5; 11-13], но исследования показывают, что на отдельных участках леса это приемлемо и целесообразно для организации контроля перемещения лесоматериалов, объединив все устройства в беспроводную сеть.

В данной работе рассмотрены вопросы: распространения радиоволн RFID-устройств в диапазонах 0,9 и 2,4 ГГц; влияния лесной среды на распространение радиоволн под пологом и в кроне деревьев; обоснования параметров лесной среды и RFID-устройств при использовании их для перемещения лесоматериалов, раннего обнаружения лесных пожаров и их предпосылок. Решение этих задач может быть использовано на практике при проектировании систем сбора информации о лесу и перемещении лесоматериалов.

Цель настоящей работы: поиск ответа на вопрос, как влияет лесная среда на ослабление радиосигнала RFID-устройства; обосновать основные параметры беспроводной сети по сбору информации о перемещении лесоматериалов.

Методика экспериментальных исследований влияния леса на параметры сети из RFID-устройств

Методика включает проведение экспериментальных исследований в лесу с использованием RFID-датчиков и приемников, расположенных на различных расстояниях относительно друг друга. Перед каждым измерением проводились калибровочные измерения ослабления радиоканала на открытой территории для каждого Xbee-комплекта по методу «каждый с каждым». Модель, поясняющая принцип проведения исследований, показана на рис. 1.

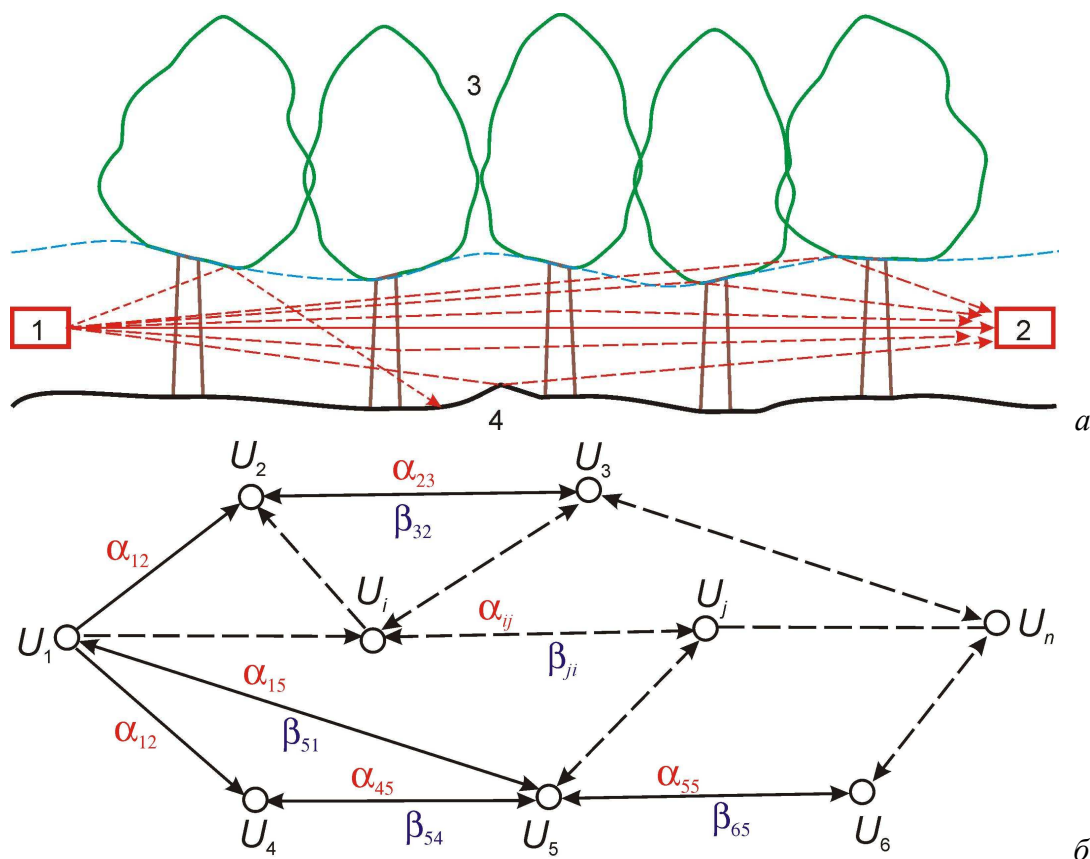


Рис. 1. Модель механизма распространения прямой волны в лесу:
а — схема расположения и взаимодействия RFID-устройств со средой; 1, 2 — RFID-датчик и приемник; 3 — крона деревьев; 4 — почва; б — схема информационной сети из RFID-устройств; u — узел сети; α , β — сигнал

Исследования проводили в лесном массиве в период с мая 2012 по октябрь 2013 года при температуре окружающего воздуха от 10 до 30 °С, влажности воздуха от 40 до 78% и атмосферного давления от 400 до 500 мм р.ст.

Перемещения деревьев имитировали перемещением Xbee-комплекта на исследуемой площадке либо временным отключением питания. «Перемещаемый объект» запускал сигнал в сети, при этом сам не участвовал в построении канала передачи информации. Фиксировали промежуток времени от начала имитации перемещения до получателя сигнала через узлы, которые выстраивали канал передачи информации. Анализировали время появления сигнала

на узле и передачу его следующему узлу, и так по цепочке; определяли временные задержки прохождения информации по каналу. Анализировали, как и каким образом влияет лесная среда на процессы самоорганизации каналов передачи информации.

Среднюю высоту деревьев h в лесном массиве приняли в диапазоне 5—30 м, а диаметр ствола дерева — от 50 до 250 мм.

Влияние свойств леса на организацию беспроводной сети из RFID-устройств

Исследование модели информационной сети беспроводных RFID-устройств произведем с помощью математического графа (рис. 1б). Вершины графа u_i (где $i = \overline{1, n}$) являются информационными узлами, а дуги в графе — линии связи сети беспроводных RFID-устройств. Векторами α_{ij} , β_{ji} обозначили координаты линий связи сети, параметрами которых являются «пропускная способность» в канале и «интенсивность потока» информации. Стрелки показывают направления потоков передачи информации в сети.

На рис. 1б возможно рассмотреть варианты потоков информации от узла u_1 к узлу u_3 . Например, поток информации от узла u_1 по каналу α_{12} проходит к узлу u_2 , затем по каналу α_{23} к узлу u_3 . Другой вариант, когда поток информации может пройти от узла u_1 по каналу β_{1i} к узлу u_i , а затем через узел u_2 к узлу u_3 по каналу α_{23} или по каналу β_{32} от узла u_i к узлу u_3 . Подобным образом можно рассмотреть все возможные варианты потока информации в сети.

Информация от RFID-датчиков и информационные потоки рассматривали как дискретные сообщения, представляющие последовательность модулированных сигналов ограниченной длительности. Все сигналы и шумы, передаваемые в каналах сети, считали случайными величинами. Физическая характеристика информационного сигнала определяется длительностью T , шириной спектра F_c , динамическим диапазоном $D = 10 \lg(P/N)$, характеризующим отношение мощности сигнала P к числу сообщений N .

Анализируя положения стандарта IEEE 802 [9], можно сделать вывод, что использование его для построения беспроводных сетей RFID-устройств для мониторинга леса целесообразно. Тогда общую характеристику информационного сигнала в сети назовем по аналогии с [2] — объем информационного сигнала:

$$V_c = T \cdot \Delta F_c \cdot D. \quad (1)$$

Время существования радиосигнала в канале беспроводной сети RFID-устройств определяется его длительностью, а ширина спектра указывает на диапазон частот, в котором сосредоточена основная энергия, излучаемая передатчиком радиосигнала.

Динамический диапазон энергии в радиосигнале характеризует отношение наибольшей мгновенной мощности сигнала ($P_{\max} = P$) к наименьшей (P_{\min}), допустимое значение которой определяется мощностью помех P_{Π} ($P_{\min} \geq P_{\Pi}$). При этом характеристики «полезных» радиосигналов определяются требованиями, предъявляемыми к канальным элементам сети,

например, для неискаженного информационного сигнала емкость канального ресурса должна быть не меньше объема передаваемого информационного сигнала.

Важным параметром радиосигнала, характеризующего наполняемость канального ресурса, является «база» (ширина) [2]

$$v = 2T \cdot \Delta Fc, \quad (2)$$

где $v \leq 1$ — радиосигналы, называемые узкополосными (простые);

$v \gg 1$ — широкополосными (сложные).

Сущность задачи анализа состоит в необходимости определять, как влияет структура сети и параметры входящих в нее узлов на качественные характеристики передачи информации по каналам сети. Сущность задачи синтеза состоит в необходимости нахождения таких структур сети и ее параметров узлов, каналов, расстояний между узлами, которые обеспечат надлежащее качество передачи информации с минимальным ослаблением радиосигнала. Если при решении задачи анализа обеспечивается экстремум функционала качества, обеспечиваемого элементами сети, то в этом случае должна решаться задача оптимизации, т.е. выбор оптимальной структуры сети или оптимальных параметров узлов сети. Тогда говорят о структурной и (или) параметрической оптимизации синтеза разрабатываемой сети беспроводных RFID-устройств.

Возможные варианты схем структуры сетей по сбору информации с обширной территории представлены на рис. 2. В зависимости от задач передачи информации они обеспечивают надежную связь в сетевой структуре беспроводных RFID-устройств. Так, при полностью связанном соединении (каждый с каждым) любой узел сети соединен напрямую с остальными узлами этой сети (рис. 2а). При радиальном соединении (звездой) (рис. 2в) все узлы соединены с одним ведущим узлом и расположены радиально от него, а при узловом соединении (рис. 2б) имеется несколько узловых групп, которые соединены между собой.

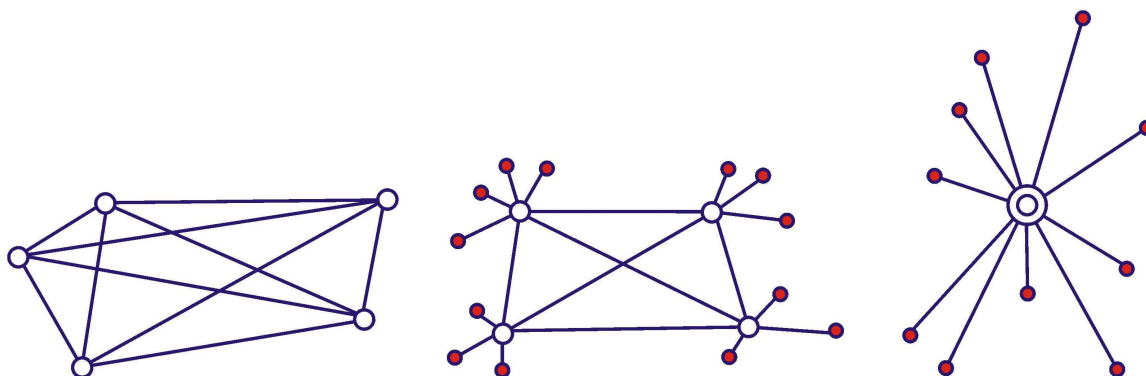


Рис. 2. Варианты схем сетей беспроводных RFID-устройств:
а — непосредственное (прямое) соединение; б — узловое соединение;
в — радиальное соединение

Основной характеристикой является оценка количества информации в сообщении, передаваемом по каналам сети беспроводных RFID-устройств объемом символов A источника дискретных сообщений m и предполагаемом сообщении с n символов из набора A .

При выборе метода измерения количества информации в сообщении учитывали:

- сообщения большой длины содержат большое количество информации;
- большое количество информации в сообщении содержит большой объем символов;
- формирование сообщений происходит случайным образом. Символы в сообщениях не упорядочены, носят вероятностный характер, а время появления сообщений — статистическое.

Тогда количество информации длиной n имеет вид $N = m^n$, так что, по представлению К. Шеннона, необходимо воспользоваться энтропией источника дискретных сообщений

$$H(A) = -\sum_{i=1}^m p(a_i) \log p(a_i). \quad (3)$$

Если вероятность появления символа из набора A одинакова, то количество информации, которое перенесет один символ, равно $I_i = \log m$, а вероятность появления символа $p = 1/m$, следовательно количество сообщений будет $m = 1/p$, где $p(a_i)$, $a_i \in A$. После небольших преобразований получим, что количество информации примет вид $I_i = -\log p(a_i)$, а $H(A)$ есть среднее количество информации, которое приходится на один символ в сообщении. Энтропию совместного появления 2-х символов определим, применив операцию усреднения:

$$H(A, A') = -\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m p(a_i, a'_j) \log p(a_i, a'_j), \quad (3)$$

где $p(a_i, a'_j)$ — вероятность совместного появления символов a_i и a'_j ;

$\log p(a_i, a'_j)$ — доля количества информации, приходящаяся на слово $a_i a'_j$.

Поэтому среднее количество информации, которое приходится на два соседних символа, равно сумме среднего количества информации, содержащегося в первом из них, и среднего количества информации, которое добавляет второй, при условии, что первый уже появился.

На среднее поле прямой волны влияют диаметры стволов деревьев и диэлектрическая проницаемость древесины, поэтому в расчетах использовали усредненные значения параметров растительности

$$W(\vec{l}_d) = \exp \left[ikx_d \left(1 + \frac{v\pi d^2}{2} (\varepsilon - 1) \right) \right], \quad (4)$$

а на когерентную интенсивность прямой волны — вывели с учетом удельной проводимости дерева σ

$$I(\vec{l}_d) = \exp \left[-60\pi^2 v d^2 \sigma x_d \right]. \quad (5)$$

Сравнительные результаты проведенных исследований проводимости леса со средним радиусом стволов деревьев сосны, ели и березы ($d \approx 0,2$ м, плотность деревьев $\nu \approx 0,1 \text{ м}^{-2}$) представлены на рис. 3.

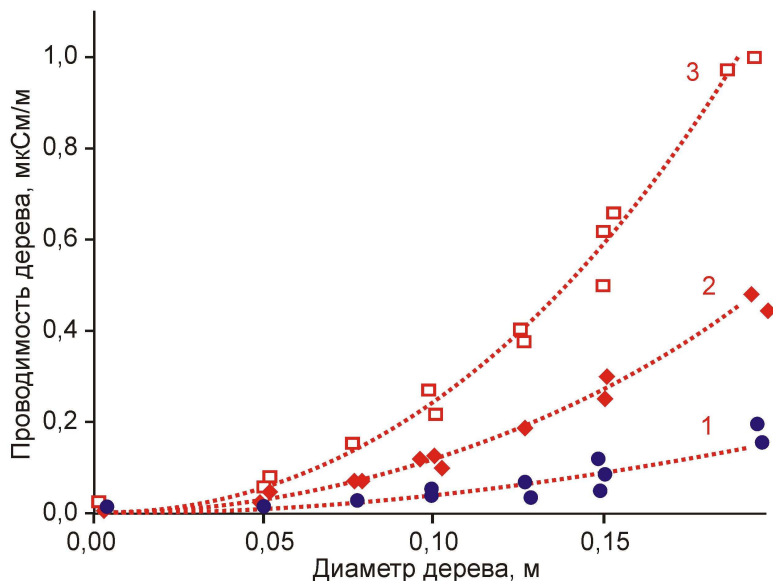


Рис. 3. Проводимость леса со средним радиусом стволов деревьев:
1 — береза; 2 — ель; 3 — сосна

Замечено, что величина ослабления мощности радиосигнала увеличивается с повышением количества деревьев на единице площади леса, а также с увеличением диаметра дерева и влажности древесины и определяется зависимостью удельной проводимости дерева от частоты. Поэтому частотная зависимость погонного ослабления излучения в лесу γ

$$-\gamma = \frac{10 \lg I(\vec{l}_d)}{x_d} = \frac{10 \cdot 60 \pi^2 \nu d^2 \sigma}{\ln 10}. \quad (6)$$

Проводимость (волновое сопротивление) леса и диэлектрическая проницаемость древесины взаимозависимы и определяются преобладанием пород деревьев на участке; соотношение параметров показано в табл. 1.

Таблица 1

Соотношение диэлектрической проницаемости и электрической проводимости

Порода древесины	Частота, МГц	Диэлектрическая проницаемость, ϵ	Электрическая проводимость σ , См/м
Береза	2400,0	4,68—5,1	$(5,8—6,4) \cdot 10^{-3}$
Ель	2400,0	9,78—10,48	$(1,8—2,7) \cdot 10^{-2}$
Сосна	2400,0	19,2—20,36	$(3,7—4,4) \cdot 10^{-2}$

Зависимости комплексной диэлектрической проницаемости хвои сосны и листьев березы от влажности представлены экспериментальными зависимостями на рис. 4. Величина не является в общем случае монотонной, и форма этой зависимости является индивидуальной для каждой породы и места прорастания.

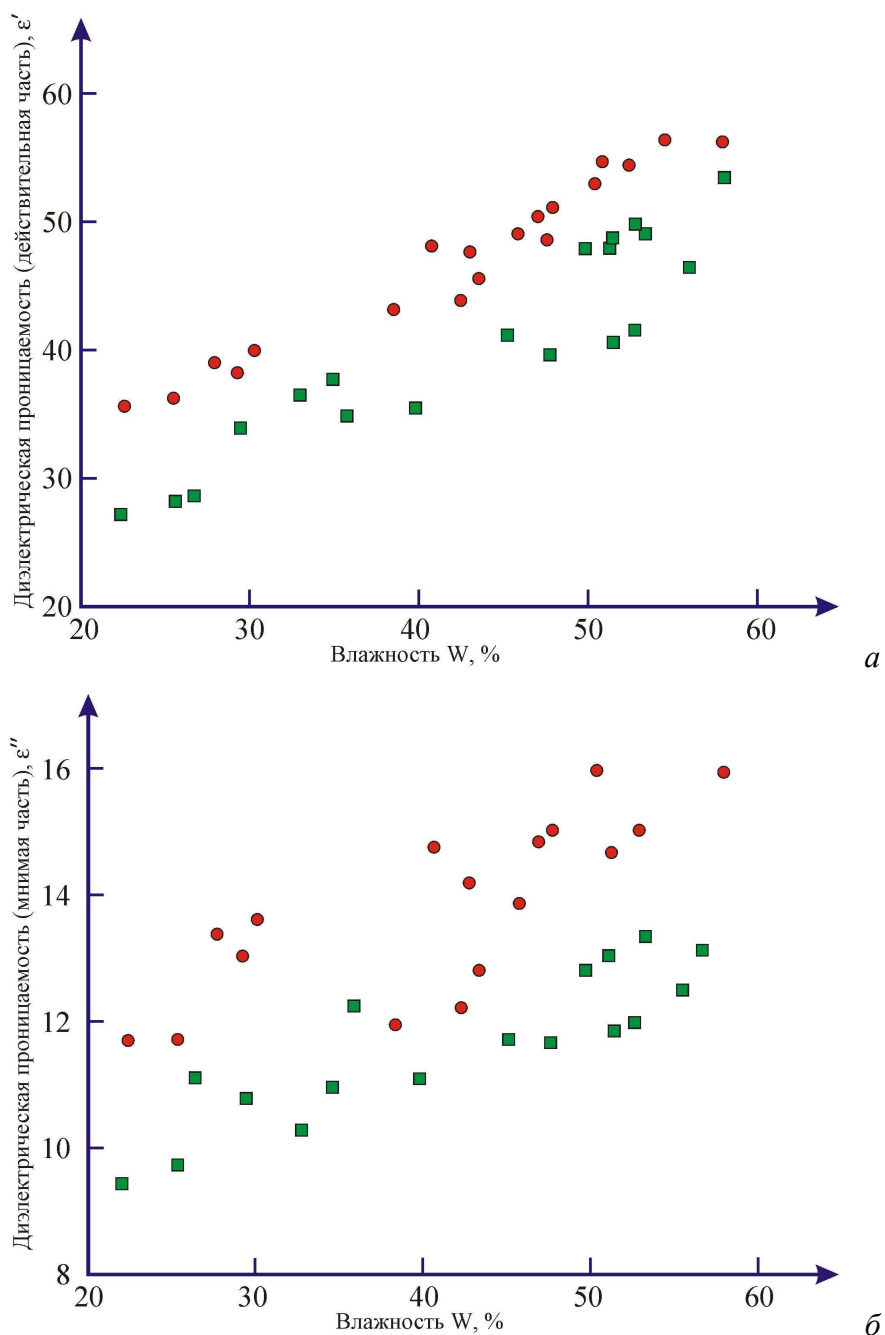


Рис. 4. Зависимость действительной (а) и мнимой (б) части диэлектрической проницаемости хвои сосны и листьев березы

В табл. 2 приведены полученные значения действительной и мнимой частей комплексной диэлектрической проницаемости хвои различных пород деревьев при изменении влагосодержания (W%) 20—60%.

Таблица 2

Диапазон изменения комплексной диэлектрической проницаемости: действительная и мнимая части

Порода древесины	Частота, 868,0 МГц	Частота, 2400,0 МГц
	Диэлектрическая проницаемость	Диэлектрическая проницаемость

(хвоя)	Действительная, ϵ'	Мнимая, ϵ''	Действительная, ϵ'	Мнимая, ϵ''
Ель	40—56	14—16	30—55	11—16
Сосна	35—50	11,5—14	35—48	10—12,5

В работе произведен критический анализ изменения уровня поля ультравысокой частоты (УВЧ) волн в лесу на участках леса 1, 2 и 3 по плану эксперимента (в окрестностях Красноуфимска) в однородном и неоднородном лесу — рис. 5. Наблюдаются три участка с различной скоростью снижения уровня поля УВЧ-волны в лесу.

Область I — интенсивное снижения уровня УВЧ-поля до 20 м. Это участок соответствует распространению волн в лесу в пределах прямой видимости, когда уровень первичного УВЧ-поля превышает интенсивность волн, рассеянных элементами растительности. В частотном диапазоне 2,4 ГГц основными рассеивающими и ослабляющими элементами являются стволы деревьев.

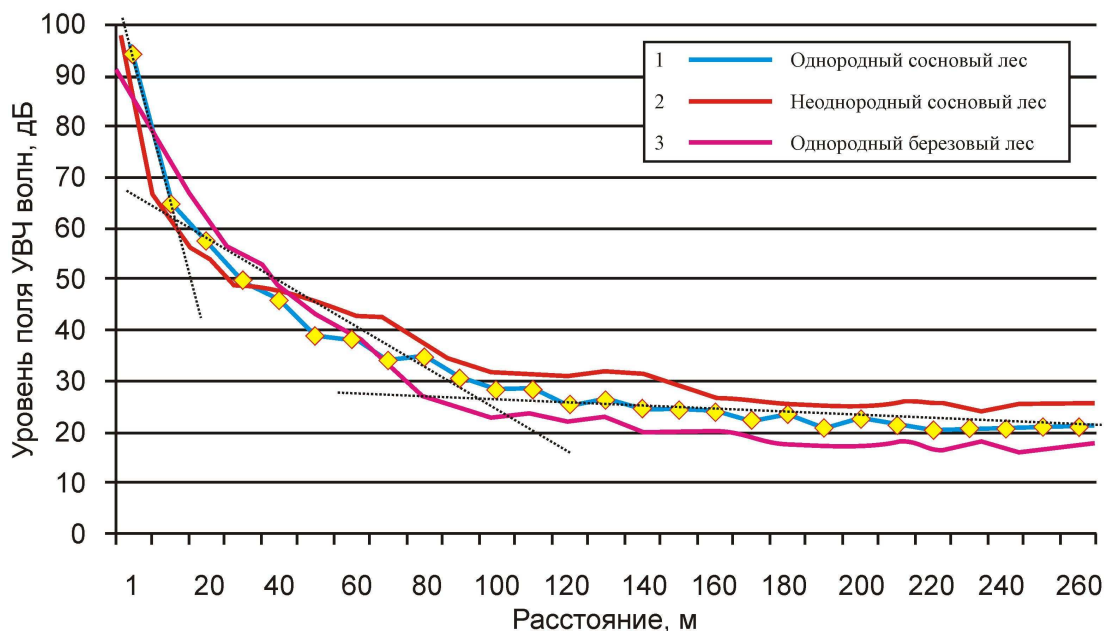


Рис. 5. Уровень поля УВЧ-волн в лесу: 1, 2, 3 — участки леса 1, 2 и 3

Интенсивность уровня УВЧ-поля в области II на расстояние до 100 м. Эта область описывает процесс убывания уровня УВЧ-поля из-за рассеяния и поглощения не только стволами деревьев, но и почвенным покровом и кроной деревьев.

Область III характеризуется наименьшей скоростью снижения УВЧ-поля. Это объясняется тем, что пространство под пологом образует своеобразный канал, который снизу ограничен растительным покровом, а сверху — кронами деревьев. Происходит многочисленное отражение радиосигнала от образующих канала. Распространение радиосигнала происходит за счет формирования боковой волны, скользящей по дискретным образующим канала под пологом леса.

Оценка ослабления мощности радиосигнала производится путем вычитания потерянной мощности в лесной среде из мощности передатчика, излучаемой на расстоянии d . Общее уравнение может быть вычислено с соответствующими полученными результатами по формуле

$$L(n) \text{ (дБ)} = -0,0397 - 1,52 \cdot n, \quad (7)$$

показывающей, что среднее ослабление радиосигнала стволами деревьев приблизительно равно 1,52 дБ, с ошибкой оценки 0,0397 дБ. Результаты исследования рассеивания УВЧ-сигнала деревьями пихты, ели, сосны, лиственницы, кедра, березы и осины представлены на рис. 7.

Анализ кривых (рис. 6) показывает, что величина рассеивания зависит от диаметра ствола дерева и его породы. Ослабляющая способность дерева увеличивается с его возрастом, состоянием коры и др. параметрами.

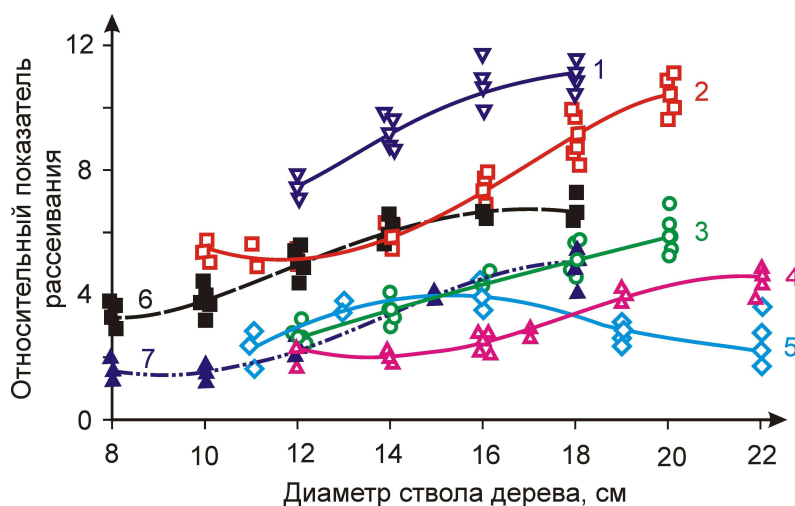


Рис. 6. Рассеивание УВЧ-сигнала деревьями: 1 — пихта; 2 — ель; 3 — сосна; 4 — лиственница; 5 — кедр; 6 — береза; 7 — осина

С возрастом дерева его кора становится рыхлой, способной поглощать энергию УВЧ-волн. Увеличение диаметра ствола дерева снижает рассеивание в силу того, что увеличенная поверхность становится соизмеримой с длиной волны, не происходит дифракция УВЧ-волн, как можно видеть на кривой 5 (рис. 6) [8].

Обсуждение и заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований получены основополагающие параметры, учитывающие анизотропные свойства леса, которые необходимо учитывать при разработке методик проектирования размещения RFID-устройств в лесу. Показано, что они подчиняются основному уравнению распространения радиосигнала, представляют логарифмическую зависимость ослабления мощности радиосигнала от расстояния.

Установлено, что модули комплекта XBee, используемый стандарт обмена данными ZigBee удовлетворяют задачам контроля перемещения лесоматериалов.

Определена возможность теоретического и экспериментального анализа определения параметров сети RFID-устройств для контроля перемещения лесоматериалов. Выявлена взаимосвязь между комплексной диэлектрической проводимостью деревьев и их влияние на прохождение электромагнитных волн под пологом леса.

Изложенные результаты получены в ходе выполнения работ: по контракту между Министерством промышленности, энергетики и науки Свердловской области и Уральским государственным лесотехническим университетом N-СЛ-15-156 2007, и по госбюджетной тематике Уральского государственного лесотехнического университета «Экологический, экспериментальный мониторинг лесов и управление ими на основе RFID-технологии» (рег. № 01 ЛИФ-2009).

Список литературы

1. Атутов Е.Б. Отражающие и ослабляющие свойства лесных сред в метровом диапазоне электромагнитных волн : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.03. — Иркутск, 2009. — 19 с.
2. Бочкарев П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания : учебник. — М. : Изд-во РУДН, 1995. - 529 с., ил.
3. Герц Э.Ф., Санников С.П. Методика проведения мониторинга движения сырьевых потоков в лесопромышленном производстве на основе RFID-технологии // Формирование регионального лесного кластера: социально-экономические и экологические проблемы и перспективы лесного комплекса : матер. VIII Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2011. — С. 354—358.
4. Герц Э.Ф., Санников С.П., Соловьев В.М. Использование радиочастотных устройств для мониторинга экологической ситуации в лесах // Аграрный вестник Урала. – 2012. - № 1 (93). - С. 37—39.
5. Новик С.Н. Исследование взаимодействия электромагнитного излучения с лесным пологом : дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.03. — Томск, 2007. — 197 с.
6. Санников С.П., Герц Э.Ф. Информационные технологии в управлении лесами // Информатизация процессов формирования открытых систем на основе САПР, АСНИ, СУБД и системы искусственного интеллекта : материалы 5-й Межд. науч.-техн. конф. – Вологда : ВоГТУ, 2009. - С. 269—271.
7. 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.

8. Санников С.П., Серебренников М.Ю., Серков П.А. Влияние анизотропных характеристик леса на распространение радиочастотного сигнала RFID-метки // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. - URL: www.science-education.ru/108-8623 (дата обращения: 19.03.2013).
9. Стандарты серии IEEE 802 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://tomas02.narod.ru/t/t6.html> (дата обращения: 20.05.2013).
10. Шматков Н., Винокурова М. Незаконные рубки — это «тихий пожар», который уничтожает российские леса // Всемирный фонд дикой природы. — 2010. — URL: <http://www.wwf.ru/resources/news/article/7194>
11. Якубов В.П., Тельпуховский Е.Д., Миронов В.Л., Кашкин В.Б. Векторное радиопросвечивание лесного полога [Электронный ресурс] // Журнал радиоэлектроники. — 2002. — № 1. - Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/koi/jan02/1/text.html>.
12. Lin Y.-C. and Sarabandi K. A coherent scattering model for forest canopies based on monte carlo simulation of fractal generated trees // Geoscience and Remote Sensing Symposium. - 1996. - Vol. 2.
13. Nashashibi A.Y., Ulaby F.T., Frantzis P. and de Roo R.D. Measurements of the propagation parameters of tree canopies at MMW frequencies // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2002. - Vol. 40, No. 2. – P. 298-304.
14. RFID [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/RFID> (05.03.2012).

Рецензенты:

Гороховский А.Г., д.т.н., профессор, генеральный директор ОАО «УралНИИПДрев», г. Екатеринбург;

Герц Э.Ф., д.т.н., профессор, директор Института лесного бизнеса и дорожного строительства, УГЛТУ, г. Екатеринбург.