

УДК 621.391

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОСТРОЕНИЮ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЕТЕЙ ДОСТУПА НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ПЛАТФОРМЫ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОЙ БЕСПРОВОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ДАНЫХ



[И.С. Шостко](#)

Харьковский национальный
университет радиоэлектроники

У статті пропонується об'єднати функції доступу до мережі абонента та інформаційної системи «розумний дім» в одному модулі – шлюзі Multiple Play RGW. Для передачі мови, даних або сигналів, управління різним термінальним обладнанням у модернізованому шлюзі застосовані безпроводові інтерфейси на основі технології спільної UWB радіоплатформи.

The article represents a suggestion to combine of the access functions to the user network and the information system “smart house” under one module called the Multiple Play RGW gateway. Wireless interfaces based on a technology of common UWB radio platform in uprated gateway a used to transmit voice, data and signals and to control various terminal equipment.

В статье предлагается объединить функции доступа к сети абонента и информационной системе «умный дом» в одном модуле - шлюзе Multiple Play RGW. Для передачи речи, данных или сигналов, управления различным терминальным оборудованием в модернизированном шлюзе применены беспроводные интерфейсы на основе технологии общей UWB радиоплатформы.

Введение

Интенсивное развитие информационного общества требует разработки и внедрения все более новых инфокоммуникационных технологий, все более полного освоения сетевых, природных и физических ресурсов, все более производительных систем обработки информации. Кроме того, наше общество находится накануне лавинного увеличения числа потребителей и производителей информации, выступающих под общим брендом "умный дом". Многообразие технологий информационного обмена: проводных Ethernet (100 Мбит/с, 100Base-T), PNA, PLC, волоконно-оптических (100Base-FX, 1000Base-LX, 1000Base-SX), беспроводных (Bluetooth, WiFi, WiMAX), сотовых (G2-G5), а также всех сетевых технологий, с одной стороны, показывает необходимость обеспечения возможностей встречной их работы, а с другой – требует использования разнообразного терминального оборудования.

На проблемы возросших потребностей в количестве и качестве информации накладываются ограничения ЭМС и биологической безопасности пользователей. Вме-

сте с тем, нехватка частотных диапазонов, их загруженность, взаимные влияния требуют новых системных решений. В этих условиях увеличением количества технологий и оборудования вряд ли удастся обеспечить потребности предстоящего роста трафика.

Возникает необходимость сосредоточиться на тех технологиях, которые обеспечивают удовлетворение максимальных потребностей с гарантированным качеством. Поэтому на сегодняшний и завтрашний день существует центральная проблема – обеспечение услуг на уровне доступа [1, 2]. Именно этот, самый массовый, уровень является наиболее экономически затратным, наиболее мультитехнологичным и здесь необходимы максимальные удобства пользователю, простота доступа с использованием единого модуля, надежность, биологическая безопасность и высокое качество передачи контента.

Множественный характер сетей доступа, особенно расположенных в многоэтажных зданиях, ЭМС с другими радиотехническими средствами, уровень излучений, обеспечивающий биологическую безопасность, возможность интеграции различных технологий – вот основные требования, которым должна удовлетворять данная сеть в каждом помещении абонента. Очевидно, сеть абонента и информационная система «умного дома» должны быть интегрированы и представлять единую структуру.

I. Достоинства и недостатки концепции «умный дом»

Концепция «умного дома» предусматривает организацию взаимодействия всех элементов по единому интерфейсу управления. При этом необходимо обеспечить обмен информацией как в сети абонента (CPN), так и с Интернет. Основная нагрузка по обмену информацией внутри помещения абонента должна обеспечиваться единой беспроводной технологией. Интересное решение в этой области предложено фирмой Nokia, которая объявила о создании Nokia Home Control Center (NHCC) – системы, позволяющей объединить мобильные телефоны и системы автоматизации дома [3]. Устройство способно производить полный спектр домашнего управления – от координации работы кондиционеров до системы безопасности. При помощи телефона пользователи и домовладельцы смогут удаленно или локально управлять своим жилищем, управлять потреблением электроэнергии, включением/выключением устройств. Можно будет проверить температуру, картинку на камере слежения и датчики движения. В перспективе сюда будут включены и более сложные элементы: системы безопасности, отопление и вентиляция.

В основе разработки будет находиться NHCC-маршрутизатор Wi-Fi draft-n, оснащенный передатчиком стандарта Z-Wave и накопителем объемом в 6 гигабайт для хранения данных с основных датчиков: температура, освещение и отопление. В качестве клиентского устройства будет использоваться мобильный телефон, либо компьютер, оснащенный браузером (рис. 1).

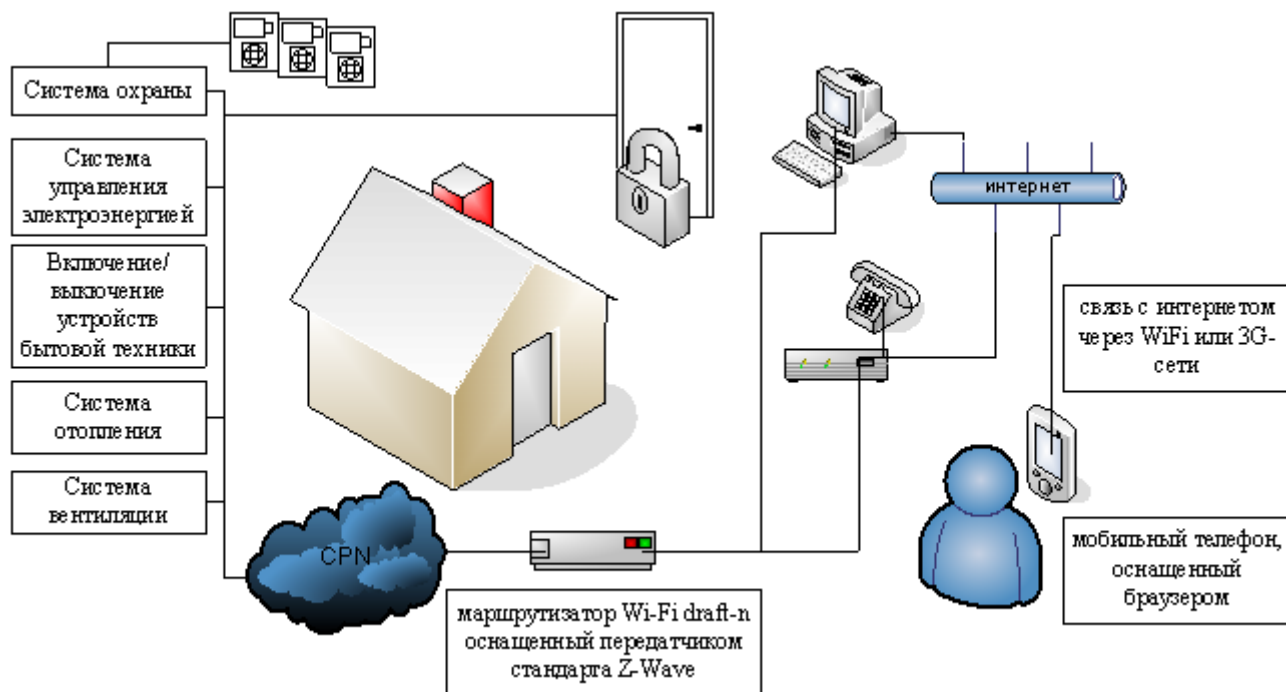


Рис. 1. Применение Home Control Center

Телефоны будут общаться с NHCC через любой доступный вид связи с интернетом – Wi-Fi или 3G-сети. Со стороны мобильного телефона для управления всем этим требуется только браузер, поэтому телефон может быть практически любым. В качестве достоинства этих технологий можно отметить легкость расширения и мобильность управляемых элементов системы. Недостаток – функциональность ограничена только управлением систем автоматизации дома. Необходимо учитывать, что в помещениях абонента используются как элементы, требующие небольших пропускных способностей для передачи сигналов управления (освещение, системы отопления), так и элементы, требующие высокой скорости передачи данных – это терминалы мультимедийных служб (телевидение высокой чёткости, видеотелефоны и др.). Пример: типичный поток видео с качеством SDTV/DVD составляет 3-7 Мбит/с и порядка 19-24 Мбит/с в стандарте HDTV.

II. Требования к шлюзу

Необходимо организовать взаимодействие всех элементов на территории «умного дома», включая терминалы служб связи общего пользования на основе единого устройства управления беспроводной связью. Это позволит:

- обеспечить стандартизированный стек управления и передачи мультимедийной информации и сигналов управления системой автоматизации дома;

- резко уменьшить используемые ресурсы беспроводных систем связи;
- улучшить характеристики ЭМС и биологической безопасности на территории «умного дома».

Технология, применяемая для беспроводной связи в помещениях абонента, должна поддерживать различные низкоскоростные и высокоскоростные интерфейсы. Все внешние информационные потоки должны направляться через шлюз на уровне сети в помещении абонента. При этом шлюз в помещении абонента будет коммутировать и внутренний информационный обмен элементов «умного дома».

III. Выбор беспроводной технологии передачи данных

Для технической реализации перечисленных требований предлагается взять за основу, разработанную индустриальным альянсом WiMedia Alliance, концепцию платформы сверхширокополосной (Ultra Wideband, UWB) беспроводной технологии передачи данных (рис. 2) [4, 5]. Платформа UWB – известна как сертифицированное решение для беспроводной передачи высококачественного мультимедийного контента, например видео, между устройствами бытовой электроники и периферийными устройствами ПК, например, с помощью интерфейса Wireless USB. Стандарт Wireless USB - первый UWB-интерфейс, доведенный до коммерческого состояния [6].

Схематически стандарт интерфейса Wireless USB подразумевает использование двух основных "слоев" для обмена данными – транспортного и физического уровня. Транспортный уровень базируется на вышеупомянутой UWB технологии; физический представляет собой уровень формирования среды передачи данных, где помимо WUSB можно реализовать W1394 (Wireless FireWire), Bluetooth, WiNET и другие. В том числе возможна конвергенция вышеупомянутого низкоскоростного протокола Z-Wave.

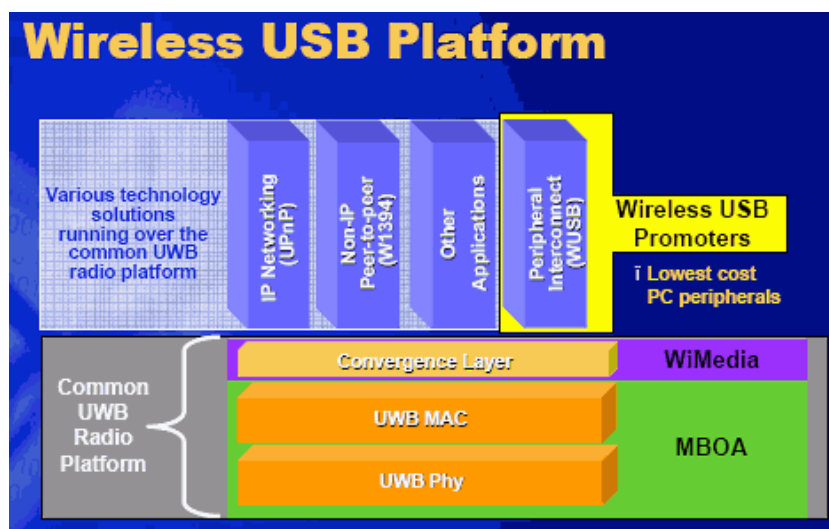


Рис. 2. Концепция платформы сверхширокополосной беспроводной технологии передачи данных [4]

Одно из основных преимуществ применения технологии общей UWB радиоплатформы заключается в том, что она не создает помех для других беспроводных технологий, используемых в настоящее время, таких как Wi-Fi, WiMAX и сотовой связи. Рекомендованная FCC мощность излучения для сверхширокополосных сигналов в системах беспроводной связи не превышает уровня $-41,3$ дБм (рис. 3) [7]. Частотный план UWB по отношению к спектрам излучения современных радиоустройств, таких как GPS, GSM, мобильные телефоны и другие технологии беспроводной передачи информации отображен на рис. 4.

Каждое Wireless USB устройство обладает собственной системой управления энергопотреблением. Имеются три схемы экономии энергии: нормальный обмен данными (прекращение излучения в промежутках между посылками и везде, где это имеет смысл в текущий момент); спящий режим (увеличение промежутков опроса наличия канала); разъединение. Суммарная мощность, потребляемая устройствами Wireless USB, ограничена максимальным уровнем 130-160 мВт; ожидается ужесточение этого показателя.

Отсюда вытекают два полезных практических вывода: отсутствие влияния на работу других средств связи и мизерное энергопотребление.

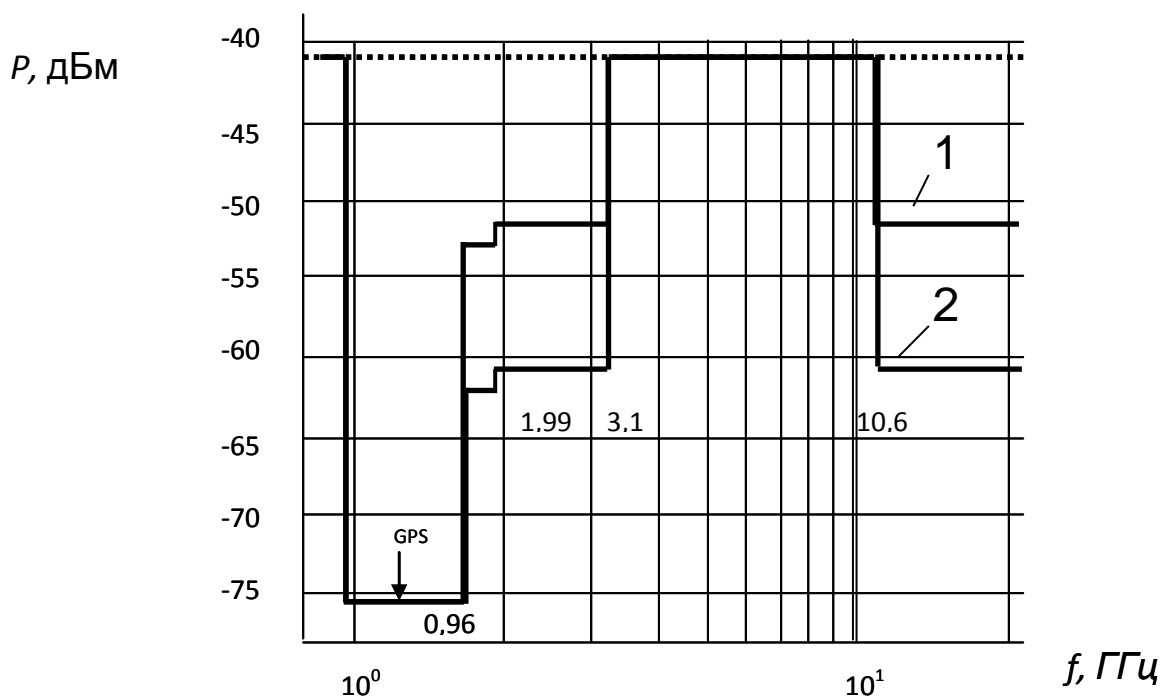


Рис. 3. Рекомендованная FCC мощность излучения для СШП сигналов: 1 – маска FCC для излучений СШП устройств, предназначенных для связи в помещениях; 2 – маска FCC для излучений переносных СШП устройств, предназначенных для связи вне помещений [7]

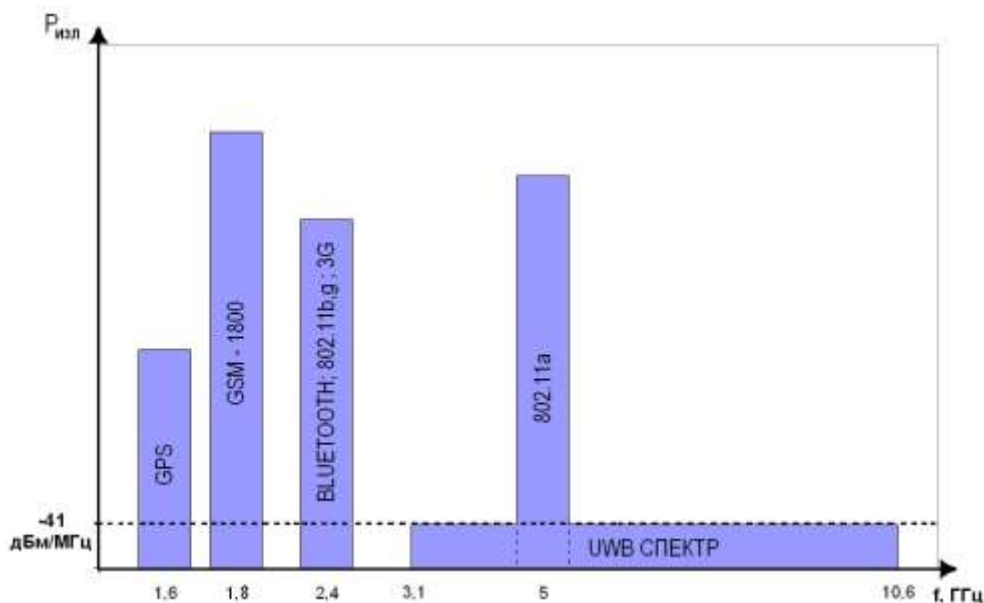


Рис. 4. Частотный план UWB по отношению к спектрам излучения современных радиоустройств

При передаче данных на небольшие расстояния Wireless USB выглядит намного предпочтительнее конкурирующих стандартов по скорости передачи данных. Особенно хорошо это прослеживается при измерении такого показателя, как максимально возможная плотность скорости передачи данных. Если при использовании 802.11b-совместимого оборудования она составляет примерно 1 Кбит/с/м², Bluetooth-совместимого – порядка 30 Кбит/с/м², а 802.11a-совместимого – около 83 Кбит/с/м², то при использовании Wireless USB значение этого показателя достигает 1 Мбит/с/м².

Сравнительная характеристика беспроводных технологий приведена в табл. 1 и на рис. 5.

Табл. 1. Сравнение основных параметров WUSB, Wi-Fi и Bluetooth

Спецификация	Wireless USB v. 1.5	Bluetooth 4.0	Wi-Fi(IEEE 802.11n)	Bluetooth 2.1 + EDR
Полоса частот	3.1 – 10.6 ГГц	(не опред.)	2.4 ГГц и 5 ГГц	2.4 ГГц
Скорость передачи	максимум 1024 Мбит/с	53-480 Мбит/с	максимум 600 Мбит/с	максимум 3 Мбит/с
Дистанция	3-10 м	До 30 м	100 м	1-100 м
Модуляция	МВ-OFDM	МВ-OFDM	DSSS, BPSK, DQPSK, CCS, OFDM	GFSK
Стандартизирован	Январь 2010	Еще нет	Сентябрь 2009	Июль 2007

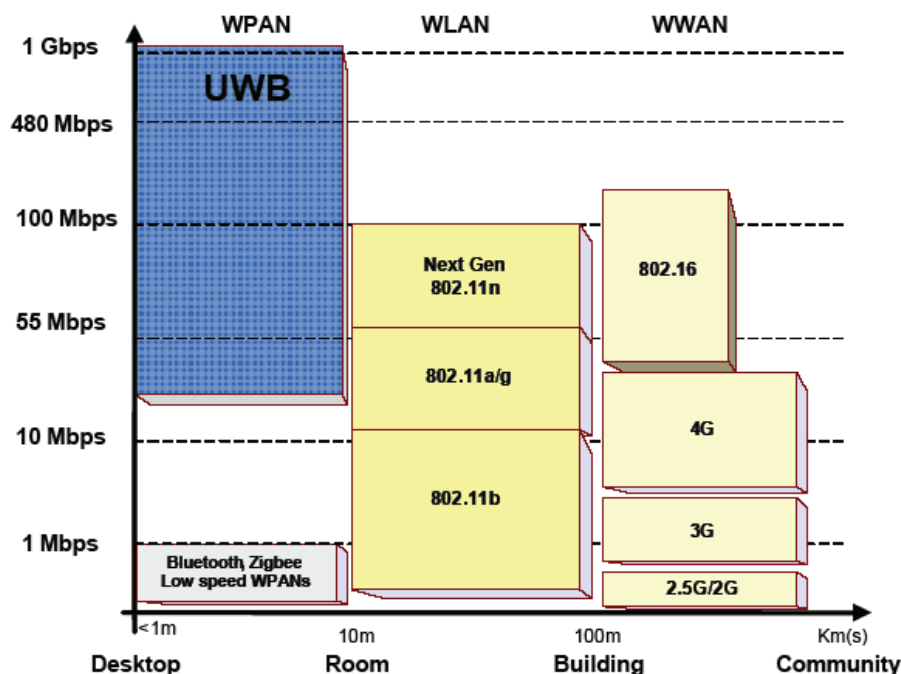


Рис. 5. Место Wireless USB среди других беспроводных технологий [5]

В основе стандарта Wireless USB лежит модуляция MB-OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing в совокупности с принципом использования нескольких частотных диапазонов). Стандарт транспортного уровня MultiBand OFDM для Wireless USB регламентирует спектральный участок шириной 7,5 ГГц, где спектр СШС делится на 14 частотных диапазонов, каждый из которых составляет 528 МГц. Первые 12 полос сгруппированы в 4 полосовых группы, включающие в себя по 3 частотных диапазона. Последние два частотные диапазоны сгруппированы в пятую полосовую группу. Шестая группа находится в пределах спектра первых 4 групп. Распределение частотных каналов на группы показано на рис. 6.

Особенностью технологии UWB MultiBand OFDM является временное чередование OFDM-символов по трем частотным каналам (TFI-OFDM), то есть первый символ передается с использованием OFDM-технологии в первом частотном канале, второй символ — в третьем, третий — во втором, четвертый — опять в первом и т.д. Такой подход позволяет равномерно заполнить весь частотный диапазон и снизить влияние многолучевой интерференции на искажение сигнала.

Кроме того, для борьбы с многолучевой интерференцией в технологии MB-OFDM используются так называемый охранный интервал (Guard Interval, GI) и циклический префикс (Cycling Prefix). Охранный интервал – это временной промежуток между следованиями отдельных OFDM-символов, необходимый для переключения с одного частотного канала на другой.

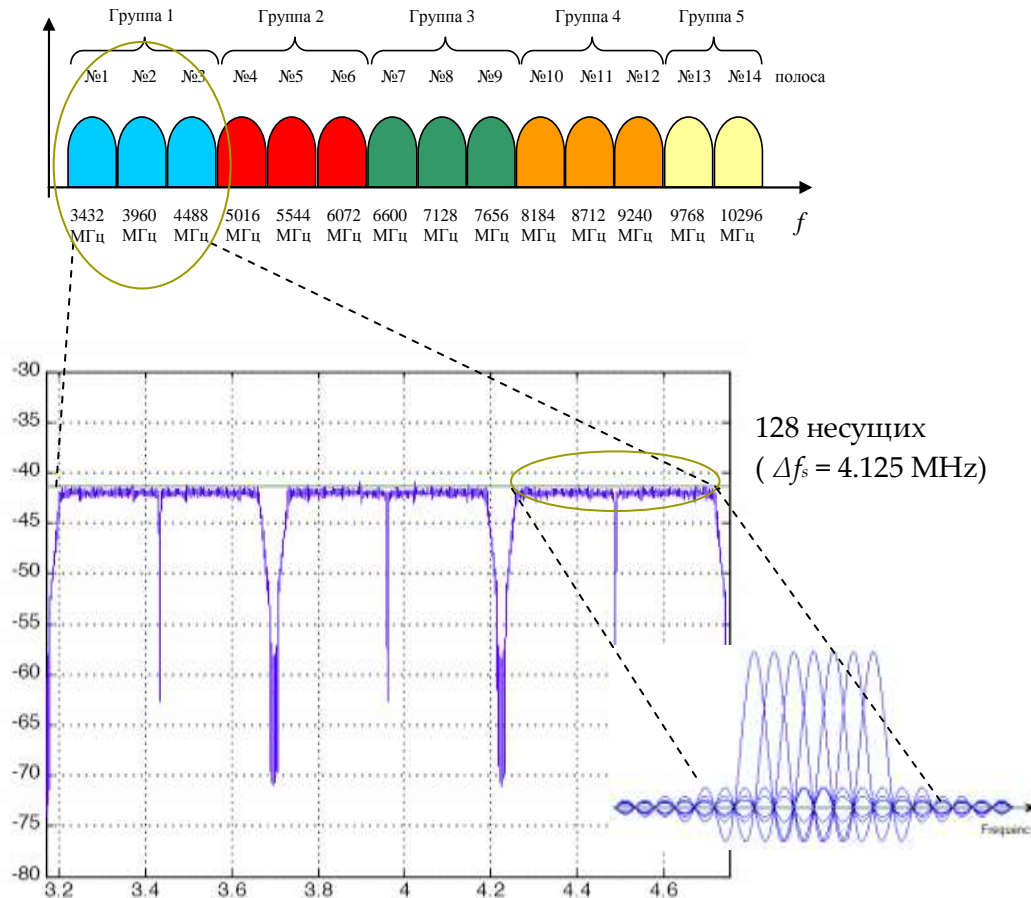


Рис. 6. Схема распределения частотных групп

Циклический префикс добавляется в начало каждого OFDM-символа и представляет собой циклическое повторение окончания символа. Наличие циклического префикса создает временные паузы между отдельными символами, и если длительность охранного интервала превышает максимальное время задержки сигнала в результате многолучевого распространения, то межсимвольной интерференции не возникает (рис. 7).

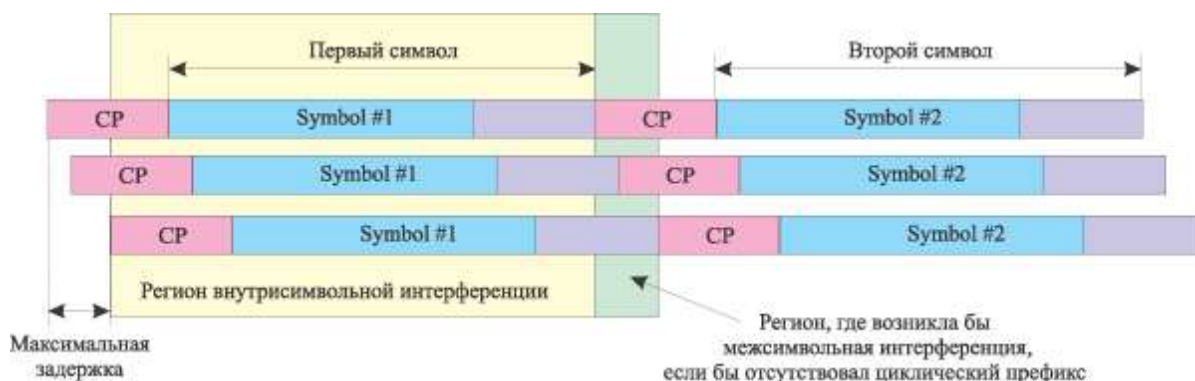


Рис. 7. Способ защиты от возникновения межсимвольной интерференции

Циклический префикс является избыточной информацией и в этом смысле снижает полезную (информационную) скорость передачи, но именно он служит защитой от возникновения межсимвольной интерференции. Указанная избыточная информация добавляется к передаваемому символу в передатчике и отбрасывается при приеме символа в приемнике. С учетом циклического префикса и охранного интервала длительность OFDM-символа составляет 312,5 нс, а период следований трех символов — 937,5 нс (рис. 8).

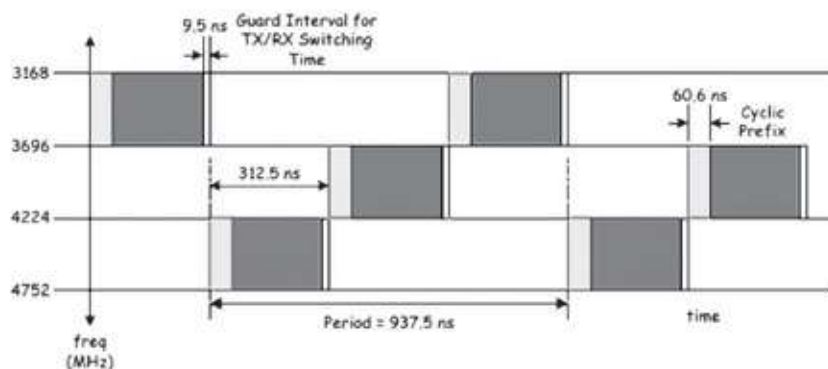


Рис. 8. Временные характеристики OFDM-символов [6]

Достоинствами такой архитектуры является, во-первых, присущая OFDM-системам устойчивость к многолучевому распространению [8]. Во-вторых, требуемая точность к синхронизации приемного и передающего устройств снижается, что существенно упрощает входной тракт и время, затрачиваемое на синхронизацию. В-третьих, ортогональное частотное разделение позволяет увеличить гибкость спектральной приспособляемости системы за счет включения/выключения отдельных поднесущих. Так, в разных странах могут быть разрешены к использованию не все поддиапазоны, однако на финальную работоспособность и производительность это практически не влияет. Например, в спектральном диапазоне от 3,1 до 10,6 ГГц, отводимом под UWB, диапазон 5 ГГц занят стандартом IEEE 802.11a. Для того чтобы избежать проблемы нежелательной интерференции сигналов 802.11a и UWB, достаточно исключить использование одного из частотных поддиапазонов UWB, освободив его под нужды протокола 802.11a. К недостаткам данного подхода можно отнести требование высоких вычислительных ресурсов для осуществления быстрого Фурье-преобразования и относительно высокое отношение пиковой мощности к средней излучаемой мощности в OFDM-символе.

Wireless USB обладает возможностью поддержки обмена данными со скоростями 53,3, 80, 106,7, 160, 200, 320, 400, 480, 640, 800, 960 и 1024 Мбит/с. Различие в скоростях определяется скоростью сверточного кодирования и видом модуляции (табл. 2). При увеличении числа задействованных частотных диапазонов скорости передачи возрастут.

Что касается топологии Wireless USB, то здесь просматривается аналогия с проводными USB-устройствами, которые обладают собственным адресом, получаемым при подключении или перечислении. В такой топологии хост-контроллер инициирует лю-

бой обмен данными между подключенными к нему устройствами, выделяя временные интервалы и полосу пропускания каждому подключенному устройству. Подобная группа называется кластером (рис. 7). Хост-контроллер может поддерживать до 127 устройств в кластерной группе. Кластеры сосуществуют в перекрывающейся пространственной среде с минимальными взаимными помехами, что позволяет функционировать нескольким WUSB-кластерам в пределах общей зоны действия (рис. 9).

Табл. 2. Зависимость скорости передачи данных от вида модуляции [6]

Data Rate (Mb/s)	Modulation	Coding Rate (R)	FDS	TDS	Coded Bits/6 OFDM Symbol	Info Bits /6 OFDM Symbol
53.3	QPSK	1/3	YES	YES	300	100
80	QPSK	1/2	YES	YES	300	150
106.7	QPSK	1/3	NO	YES	600	200
160	QPSK	1/2	NO	YES	600	300
200	QPSK	5/8	NO	YES	600	375
320	DCM	1/2	NO	NO	1200	600
400	DCM	5/8	NO	NO	1200	750
480	DCM	3/4	NO	NO	1200	900
640	MDCM	1/2	NO	NO	2400	1200
800	MDCM	5/8	NO	NO	2400	1500
960	MDCM	3/4	NO	NO	2400	1800
1024	MDCM	4/5	NO	NO	2400	1920

Плюсы такой топологии – в возможности двойного применения, когда устройство может в ограниченном объеме выполнять функции хоста – эта модель позволит устройству получить доступ к данным, расположенным за пределами кластера, к которому в текущий момент подключено это устройство; для этого устройство должно создать второй кластер, выступая в качестве хоста с ограниченными возможностями.

Обратная совместимость Wireless USB с проводным USB также позволяет создавать прозрачные мосты на проводные USB-устройства и хост-контроллеры, то есть организовывать передачу данных между двумя кластерами.

Таким образом, организация взаимодействия всех элементов на территории «умного дома» через интерфейсы на основе концепции платформы сверхширокополосной беспроводной технологии передачи данных позволяет:

- на основе стандарта Wireless USB создать сеть с требуемой скоростью обмена данных для терминалов мультимедийных служб (плазменные панели, видеотелефоны и др.) с учётом загруженности, взаимных влияний и требуемого качества. Для управления бытовыми приборами и системами (освещение, отопление и т.д.) предлагается использовать Wireless USB с минимальной скоростью передачи данных или стандарт Z-Wave на общей UWB-радиоплатформе;

- обеспечить стандартизированный стек управления и передачи мультимедийной информации;
- резко уменьшить используемые ресурсы беспроводных систем связи;
- улучшить характеристики ЭМС и биобезопасности на территории «умного дома».

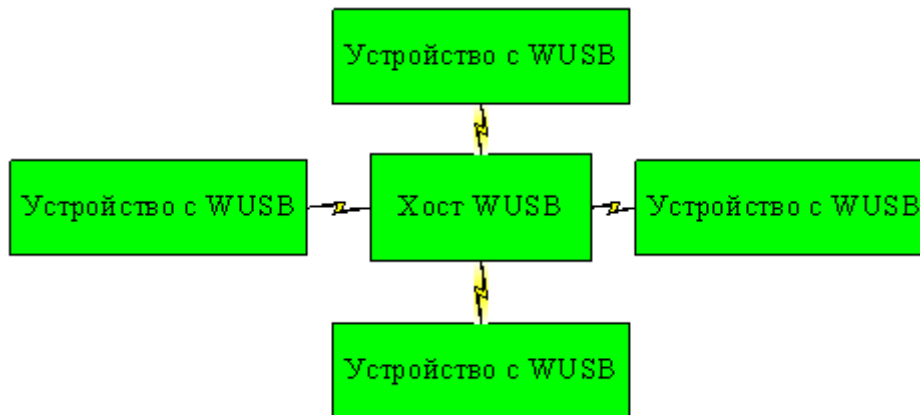


Рис. 9. Топология Wireless USB

IV. Предложения по построению сетей доступа

Все внешние информационные потоки будут направляться в помещение абонента через шлюз. Этот же шлюз в помещении абонента должен осуществлять внутренний информационный обмен элементов «умного дома». Рассмотрим типичную структуру сети доступа согласно концепции MUSE [9], рис. 10.

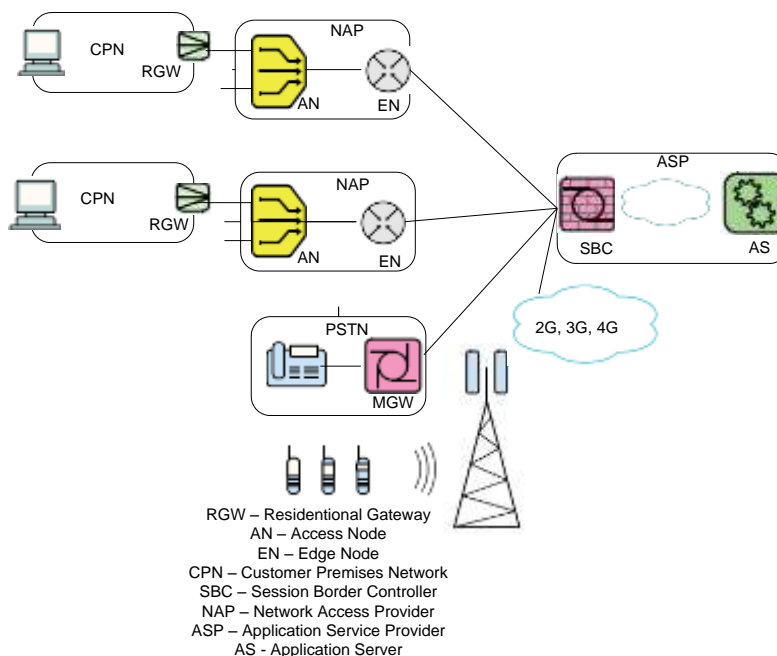


Рис. 10. Структура сети доступа согласно концепции MUSE [9]

Сеть в помещении абонента (CPN) подключается через шлюз доступа (RGW) и далее к узлу доступа (AN) провайдера сетевого доступа (NAP). NAP через граничный узел (EN) подключается к SBC провайдера уровня приложений (ASP). Одним из ключевых элементов доступа есть абонентский шлюз (Residential Gateway, RGW). RGW является многофункциональным элементом, выполняющим множество функций кроме стандартной передачи данных между сетью абонента и Интернет. В частности, обеспечивает взаимодействие сетевых элементов фиксированной и мобильной подсистем, аутентификацию, поддержку заданного уровня QoS при передаче мультимедийных потоков в направлении терминалов различных служб в CPN. Таким образом, перспективный RGW становится коммутационным центром сети в помещении абонента.

Функционально современный RGW имеет открытую архитектуру, согласно рис. 11, на котором приведена общая структура стандартного (Triple Play) и перспективного (Multiple Play) RGW. Как видно, перспективный RGW содержит несколько групп интерфейсов: для подключения к сети доступа оператора (xDSL, optical) и для подключения терминалов служб в помещении абонента (ETH, Wi-Fi). Кроме того, перспективный RGW включает телевизионную абонентскую приставку (STB) и порты FXS для подключения аналоговых телефонных аппаратов. Перспективный RGW содержит несколько интерфейсов для обеспечения таких дополнительных функций, как общая служба персональной видеозаписи, служба печати и многофункциональный интерфейс USB 2.

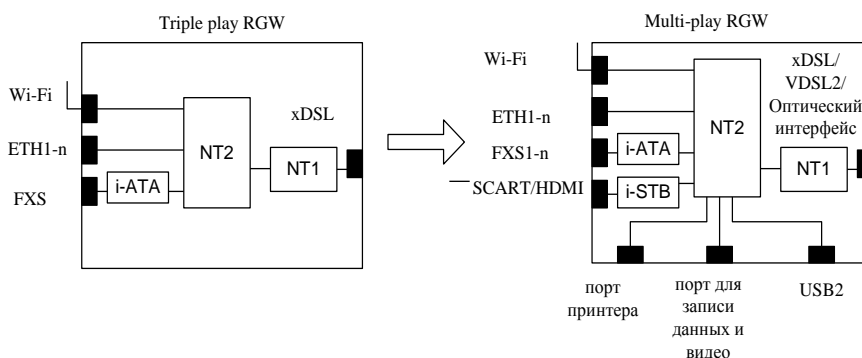


Рис. 11. Структура RGW [9]

С учётом рассмотренных выше возможностей интерфейсов на основе концепции платформы сверхширокополосной беспроводной технологии передачи данных, предлагается включить в состав шлюза Multiple Play – RGW интерфейс Wireless USB и Z-Wave на общей UWB-радиоплатформе, рис. 12.

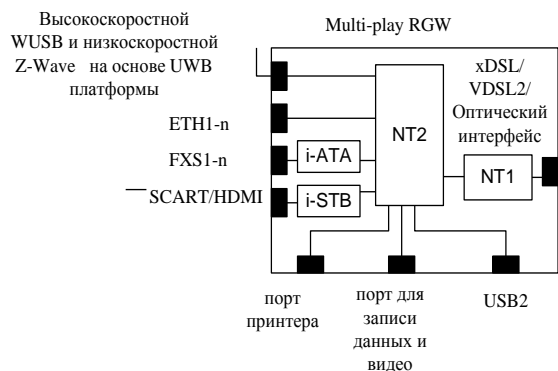


Рис. 12. Модернизация структуры Multiple Play - RGW

Таким образом, использование в помещении абонента шлюза Multiple Play - RGW, способного интегрировать внешние и внутренние информационные потоки, при дополнении его интерфейсами на основе общей UWB-радиоплатформы обеспечит передачу мультимедийного трафика и организацию взаимодействия всех элементов «умного дома» по единому интерфейсу управления. Структура сети доступа на основе модернизированного шлюза Multiple Play – RGW приведена на рис.13.

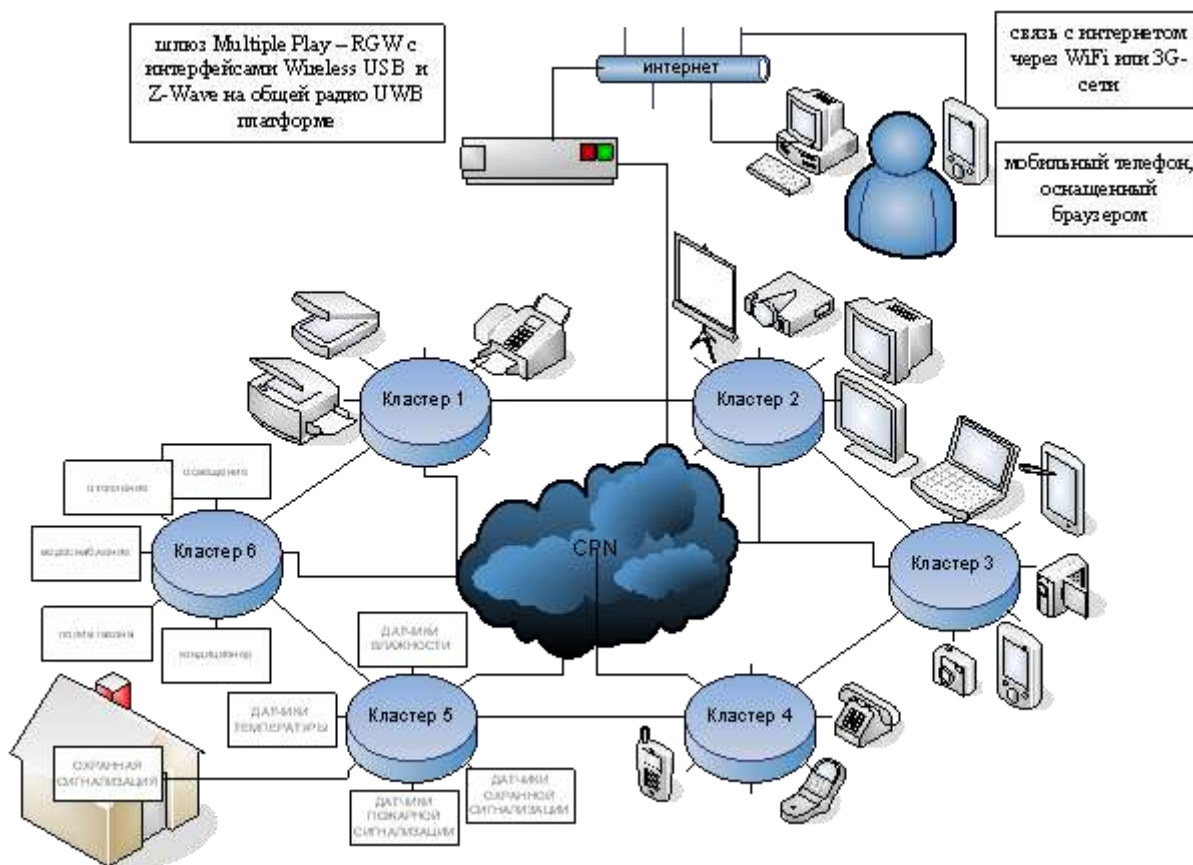


Рис. 13. Структура сети доступа

Выводы

1. Одним из перспективных направлений развития сетей доступа на основе беспроводной связи является переход к сверхширокополосным сигналам. СШПС обеспечивают максимальную на сегодняшний день скорость передачи данных в радиоканале, скрытность передачи данных, высокую помехоустойчивость в условиях многолучевого распространения и воздействия помех.

2. Применение общей UWB-радиоплатформы уменьшит используемые ресурсы беспроводных систем связи, улучшит характеристики ЭМС и биологической безопасности на территории «умного дома».

3. Разделение спектра СШПС на поддиапазоны предоставит возможность:

- управлять спектром сигнала, исключая те поддиапазоны, в которых возможна нежелательная интерференция с мощными узкополосными сигналами;
- удовлетворять ограничениям, накладываемым на излучаемый спектр сигнала правилами, действующими в определённой стране или регионе.

Одновременное использование множества частотных поддиапазонов может применяться для увеличения информационной скорости передачи и для решения проблемы множественного доступа – все определяется конкретной задачей.

4. Использование в помещении абонента шлюза Multiple Play - RGW, способного интегрировать внешние и внутренние информационные потоки, при дополнении его интерфейсами на основе общей UWB-радиоплатформы обеспечит передачу мультимедийного трафика и организацию взаимодействия всех элементов «умного дома» по единому интерфейсу управления. В состав шлюза Multiple Play – RGW должны входить интерфейсы Wireless USB и Z-Wave на общей UWB-радиоплатформе.

Список литературы:

1. Шостко И.С., Поповский В.В., Ощепков М.Ю. Предложения по построению перспективных телекоммуникационных систем // Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні питання регулювання у сфері телекомунікацій та користування радіочастотним ресурсом», 18-20 травня 2010 р.: Тези доповідей. - К.: НКРЗ, 2010. – С. 114–115.

2. Shostko I.S., Almakadma T. Proposals to build a promising ultra-wideband wireless communications / 5th International Conference on «Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals» September 6-10, 2010, Sevastopol, Ukraine, Regular manuscripts. – P. 162–164.

3. Nokia develops a smart home platform to offer consumers new ways to control their homes with a mobile device [Электронный ресурс] / December 4th, 2008. – Режим доступа к журн.: <http://smarthomepartnering.com/cms/?p=66>.

4. Романченко В. Wireless USB [Электронный ресурс] // 3DNews Daily Digital Digest (Лицензия Минпечати Эл. ФС 77-22224). – 21.03.2005. – Режим доступа к журн.: www.3dnews.ru/communication/wusb.

5. Технология Wireless USB [Электронный ресурс] // 3DNews Daily Digital Digest (Лицензия Минпечати Эл. ФС 77-22224). – 05.10.2010. – Режим доступа к журн.: http://m.3dnews.ru/communication/wusb_three.

6. *Multiband ofdm physical layer specification* [Электронный ресурс] / *Phy specification: final deliverable 1.5 august 11, 2009*. – Режим доступа к журн.: www.wimedia.org/en/index.asp/

7. *David Fiske* New public safety applications and broadband internet access among uses envisioned by fcc authorization of ultra-wideband technology [Электронный ресурс] / FCC News Release //Пресс-релиз Feb. 14. 2002. – Режим доступа к журн.: <http://www.fcc.gov/headlines2002.html>.

8. *Heiskala J., Terry J.* OFDM Wireless LANS: A Theoretical and Practical Guide. Indian-apolis: Sams Publishing, 2001. – 336 с.

9. *Muse deliverable tf3.3 - specification of an advanced, flexible, multi-service residential gateway* [Электронный ресурс] // *Multi Service Access Everywhere*. – 31/08/2007. – Режим доступа к журн.: http://www.ist-muse.org/deliverables_list.htm.