

ИЗГРАЖДАНЕ НА КОМУНИКАЦИОНЕН КАНАЛ ЗА ПРЕНОС И ОБМЕН НА ДАННИ ПО ПРОТОКОЛ IEEE 802.11 В ПРИСЪЕДИНИТЕЛНИТЕ ВЪЗЛИ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКАТА МРЕЖА ЗА НН С ВКЛЮЧЕНИ КЪМ ТЯХ ДЕИ**Димитър Няголов, Юри Желязков**

ТУ - София, ИПФ – Сливен, бул. “Бургаско шосе” № 59

Резюме: В настоящата статия са представени, анализирани и обобщени специфичните особености при използването на съвременни методи и средства за изграждане на комуникационна система за обмен на данни чрез използването на стандарт IEEE 802.11 в присъединителните възли на електрическата мрежа за НН с включени към нея ДЕИ. Тази методика ще подпомогне избора на техническите средства, свързани с процеса на обмен на информация между отделните присъединителни клонове на електрическите мрежи за НН с присъединени към тях ДЕИ и във връзка с изграждането на съвременни активно адаптивни структури в нея.

Ключови думи: Активно адаптивни електрически мрежи, стандарт IEEE 802.11, ефективна излъчена мощност, загуби в ефира, Френелови зони, TDMA

Въведение: Активно адаптивната електрическа мрежа управлява в реално време режимите при преобразуване, пренасяне и потребление на електрическата енергия. Поддържането на висока надеждност на електрическата мрежа и осигуряване на достъп на консуматорите до енергията по всяко време са основните цели на комуникационните системи. Комуникационните мрежи подпомагат тези задачи чрез наблюдение в реално време и контрол, като изискванията за надеждност на някои от най-критичните мрежови приложения са много по-строги отколкото типичните приложения за мрежови комуникации поддържащи гласови и бизнес комуникации. Изграждането на надеждна, сигурна, с висока производителност система, позволяваща внедряването на нови приложения с минимални промени в конфигурацията е главна задача при изграждането на комуникационна система за обмен на данни на основата на IEEE 802.11 стандарти в присъединителните възли на електрическата мрежа за ниско напрежение с включени към тях децентрализирани електроенергийни източници.

Теоретична постановка и извършени изследвания относно изграждане на комуникационна система за обмен на данни чрез използването на стандарт IEEE 802.11 в клоновете на електрическата мрежа за НН.

Използвания стандарт IEEE 802.11 осигурява организация на безжична комуникация с реализация на широкополосен достъп на значителни разстояния. От всички съществуващи стандарти IEEE 802.11, на практика най-често се използват четири: 802.11a, 802.11b, 802.11g и 802.11n.

Стандарт IEEE 802.11a притежава най-голяма ширина на честотната лента от семейството стандарти IEEE 802.11, като осигурява максимална скорост на предаване на данни до 54Mbit/s.

В стандарта IEEE 802.11b скоростта на предаване на данните е до 11Mbit/s в честотен диапазон 2.4GHz. Тъй като оборудването, работещо на максимална скорост 11Mbit/s има по-малък радиус на действие отколкото при по-малки скорости, то при стандарта IEEE 802.11b е предвидено автоматично понижаване на скоростта при влошаване качеството на сигнала.

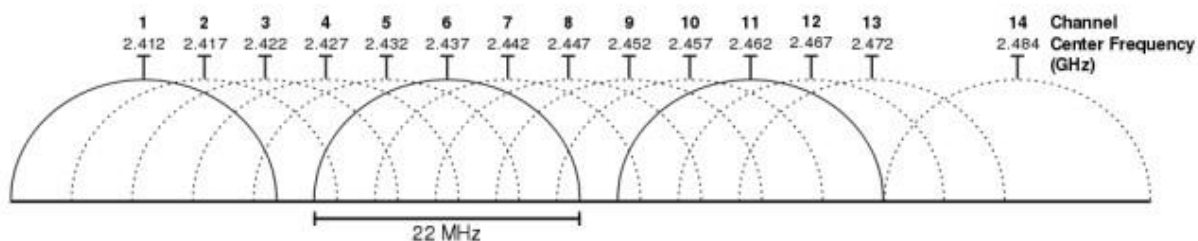
Стандарт IEEE 802.11g се явява логическо продължение на 802.11b и предлага предаване на данни в същия честотен диапазон. Максималната скорост на предаване при 802.11g е 54Mbit/s и е напълно съвместим с 802.11b.

Стандарта IEEE 802.11n повишава скоростта на предаване на данните четирикратно в сравнение с устройствата поддържащи стандарт IEEE 802.11g, при условие че се използват в режим 802.11n с други устройства 802.11n. Теоретически 802.11n може да обезпечи скорост на предаване на данните до 480 Mbit/s. Устройствата използващи този стандарт работят в диапазона честоти 2.4-2.5GHz или 5GHz. Освен това устройствата 802.11n могат да работят в три режима: Legacy в който се поддържат устройства 802.11b/g и 802.11a, Mixed в който се поддържат устройства 802.11a, 802.11b/g и 802.11n и чист режим 802.11n (в който могат да се реализират преимуществата на високата скорост и увеличената далечина на връзката).

След извършване на анализ по отношение на качеството на връзката и нейната вариативност от разстоянието между присъединителните клонове на електрическата мрежа за удовлетворяване на изискванията за ширина на честотната лента и скорост на предаваната информация е избрано комуникационно оборудване поддържащо стандарта IEEE 802.11n.

Изборът на правилен честотен канал се явява една от ключовите задачи при проектиране на WiFi мрежи от стандарта IEEE 802.11n.

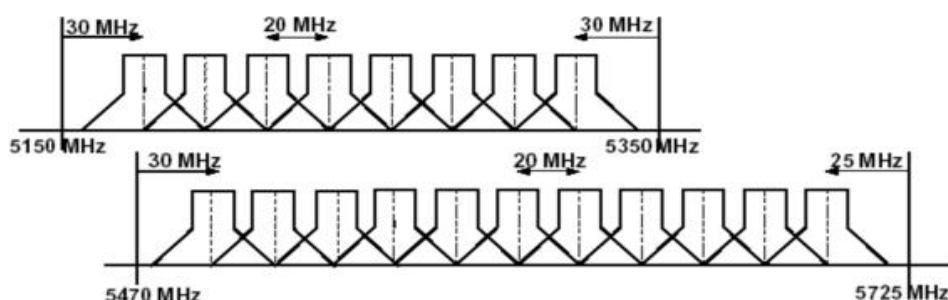
Честотни полоси и канали в 2.4GHz диапазон (фиг.1)



фиг. 1

В тази честотна полоса има само 3 непрепокриващи се канала – 1, 6 и 11 и ако два от тях се обединят в канал 40MHz за да се ускори двукратно преноса на данни, остава само един свободен канал 20MHz. При такива ограничения е невъзможно да се организира многопотребителска мрежа с голям брой точки за достъп. Друг проблем който възниква при изследването на разрешения радиочестотен диапазон в зоната в която се намират присъединителните клонове за НН е интерференция на WiFi сигналите на един канал (междуканална интерференция). Причина за това е ограничения брой канали в диапазона 2.4GHz, при което точките за достъп са принудени да работят на едни и същи радиоканали в непосредствена близост една до друга. Това значително влошава характеристиките на трасето, като в определени времеви интервали то е напълно неизползваемо. Към този проблем се добавят смущенията от устройства които работят в същия диапазон като DECT телефони, микровълнови печки, аналогови камери и др. Поради тези причини се премина към използването на 5GHz диапазон където има много повече канали, чрез обединението на които става възможно изграждането на мрежи с висока скорост и голямо покритие.

Честотни полоси и канали в 5GHz диапазон (фиг.2)



фиг. 2

Максималното използване на спектъра от 5GHz е един от ключовите фактори за реализирането на решения с високи скорости на големи разстояния. В този диапазон са достъпни значително повече непрепокриващи се честотни канали, което позволява проектирането на по-плътни мрежи или използването на отдалечени канали за намаляване на междуканалната интерференция.

За изграждането на комуникационен канал за обмен на данни с използването на стандарт IEEE 802.11 в присъединителните клонове на електрическата мрежа за НН е необходимо да се вземат предвид: използването на разрешен честотен диапазон; мощност на предавателите и чувствителност на приемниците в точките за достъп; ефективна излъчена мощност; загуби в ефира; Френелови зони.

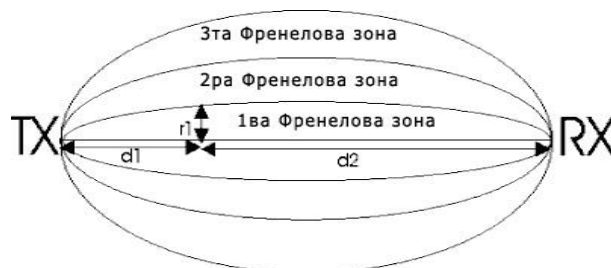
При изграждане на безжично трасе трябва да се отчетат параметрите на антените на приемника и предавателя, ефективната излъчена мощност от приемника, тази на предавателя и загубите в ефира. Важен фактор е и чувствителността на приемника, т.е. най-слабият сигнал, който той може да възприеме. Ефективната излъчена мощност се състои се от изходната мощност на предавателя включващ коефициента на усилване на антената, като се отчетат загубите в кабелите (свързващи антената с предавателя/приемника; обикновено се използват кабели с усукани двойки проводници или коаксиални кабели) и конекторите.

Загуба на енергия в ефира в зависимост от разстоянието (затихването на сигнала) в идеализиран случай, без да се вземат в предвид възможни препятствия и Френелови зони. В реалния случай има множество фактори, които влияят на сигнала (други сигнали, атмосферни влияния, сгради и др. препятствия, земната повърхност), но резултатът е достатъчно точно приближение на реалните загуби на енергия в ефира в зависимост от разстоянието.

$$\text{Free Space Loss} = 32.45 + 20\log(d) + 20\log(f) \text{ ,dB} \quad (1)$$

Където f - работната честота в MHz, d - разстоянието в км

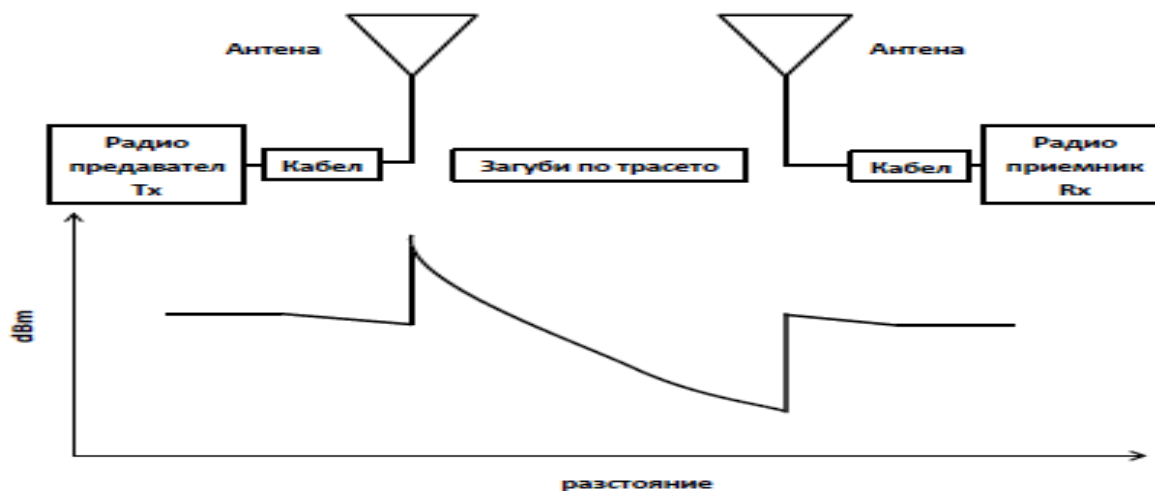
Френелови зони (фиг.3). Френелова зона е една от теоретично безкраен брой концентрични елиптоиди, обхващащи пътя на сигнала между двете крайни точки. Дори и по права линия между приемника и предавателя при отсъствие на препятствия, всички обекти, влизащи във Френеловите зони оказват влияние на предавания сигнал. Тъй като разпространението на сигнала не е напълно праволинейно, някои лъчи се разпространяват извън желаната посока. Ако те бъдат отразени и по-късно попаднат в приемната антена, ще бъдат дефазирани спрямо изпращания сигнал и ще внесат смущения.



фиг. 3

Диаметъра на сечението на първата Френелова зона е най-голям в средата на правата между приемника и предавателя. На практика е необходимо 60% от първата Френелова зона да бъдат свободни от препятствие, т.е. радиуса r_s около коя да е точка от линията на пряка видимост между предавателната и приемната антена, в който трябва да няма препятствия за радиосигнала, е 60% от радиуса r_1 на първата Френелова зона в тази точка.

Принципна схема на комуникационна система, като се отчитат факторите по трасето влияещи на далечината на връзката е показана на фиг. 4



фиг. 4

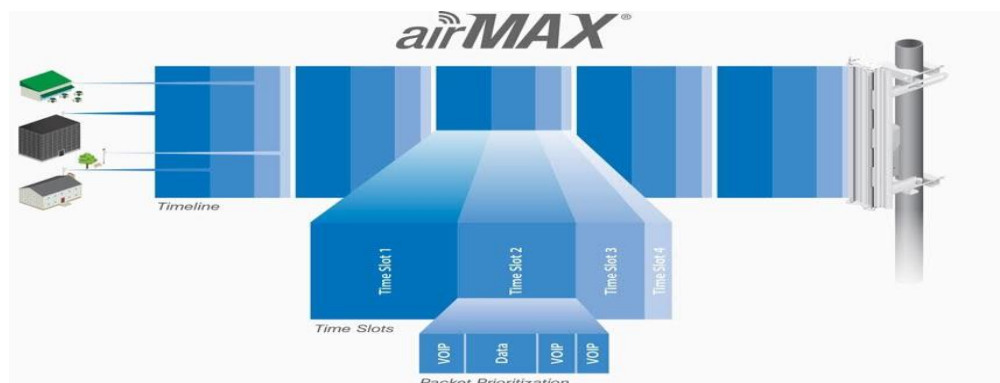
За изпълнение на поставената задача е избрано оборудване, което отговаря на поставените изисквания:

- Ubiquiti Rocket M5 – външна Wi-Fi точка за достъп от Ubiquiti Networks (UBNT), работеща в диапазона 5 GHz..

- Ubiquiti NanoStation M5 – малка външна точка за достъп работеща както по технологията 2x2 MIMO PtMP(от точка-до много точки), така и 2x2 MIMO PtP(от точка до точка

- Ubiquiti RocketDish 5G-30. Тази антена е специално разработена за Rocket M5 за 5GHz диапазон. Съвместната работа на антената RocketDish и точката за достъп позволява създаването на 2x2 MIMO PtP(точка до точка) високоскоростни канали за безжична връзка.

При реални разстояния в зоната на пряка видимост между трите присъединителни клона на електрическата мрежа за НН : съответно от точка 1 до точка 2 – 30км, а от точка 2 до точка 3 – 4км за провеждането на необходимите експериментални изследвания се използва следното комуникационно оборудване: Ubiquiti Rocket M5 – 2 броя, Ubiquiti RocketDish 5G-30 – 3 броя, Ubiquiti NanoStation M5 – 1 брой. За повишаване надеждността и производителността на връзката изградена при външни условия се използва Airmax TDMA System (фиг.4).



фиг.4

В основата на технологията TDMA е разделянето на полосата на пропускане на времеви слотове (Time slot). В зависимост от количеството крайни клиенти се определя количеството слотове а също и тяхната продължителност. В рамките на отделеното време (времевия слот), клиента получава гарантиран пълен достъп до цялата полоса на пропускане, което обезпечава голяма стабилност и надеждност на такова съединение. Данните се разделят на специални блокове, които в реда на порядък се сортират в буфера и последователно запълват времевия слот. След изтичане на времето, предаването се прекратява и след кратко задържане настъпва реда на предаване на другия клиент и така нататък. Продължителността на времевия слот е толкова кратка, че се измерва в милисекунди. Продължителността зависи от много фактори и параметри, например брой на клиентите и типа на използваното оборудване.

След установяване на връзка между трите присъединителни клона на електрическата мрежа за НН беше направена оптимизация на настройките на различните параметри на комуникационното оборудване. Изградената комуникационна система запази много добри експлоатационни характеристики при различни атмосферни условия и неблагоприятни влияния от природни и промишлени източници. В резултат на извършените тестове са получени следните обобщени резултати:

Таблица №1

| Параметри | Точка1 | Точка2 |
|------------------------|----------------|---------------|
| Безжични карти | | |
| Мощност на предавателя | 25 dBm | 25 dBm |
| Чувствителност | -74 dBm | -74 dBm |
| Анени | | |
| Усилване | 30 dBi | 30 dBi |
| Връзка | | |
| Разстояние | 30 km | |
| Честота | 5660 MHz | |
| Скорост на предаване | 57 ÷ 75 Mbit/s | |
| Ниво на сигнала | -53 ÷ -55 dBm | -53 ÷ -55 dBm |

Таблица №2

| Параметри | Точка2 | Точка3 |
|------------------------|----------------|---------------|
| Безжични карти | | |
| Мощност на предавателя | 25 dBm | 25 dBm |
| Чувствителност | -74 dBm | -74 dBm |
| Анени | | |
| Усилване | 25 dBi | 16 dBi |
| Връзка | | |
| Разстояние | 4 km | |
| Честота | 5785 MHz | |
| Скорост на предаване | 57 ÷ 75 Mbit/s | |
| Ниво на сигнала | -55 ÷ -57 dBm | -55 ÷ -57 dBm |

Изводи и заключения

Комуникационната система за обмен на данни по протокол IEEE 802.11 се явява като алтернатива за връзка между контролния център и подстанциите, когато използването на конвенционални кабели е икономически неефективно или се прилага като резервиране при комуникация на базови критични приложения.

Литература:

1. Todor Cooklev, Wireless Communication Standards: : A Study of IEEE 802.11™, 802.15™, and 802.16™, 2011
2. Тренков, Й., Комуникации - принципи, системи и мрежи, Техника, 2014.
3. Добрев, Д. , Йорданова, Л. Радиокомуникации - (част 1 и 2), Ciela, София, 2002.

„Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ-София-2015г. по Договор №152ПД0031-16“

Статията е рецензирана