

ДОДАТОК А

Методика експериментальних досліджень оцінки взаємних впливів в системах абонентського радіодоступу в середовищі MatLAB 16

1. Опис програмного забезпечення для проведення аналізу впливу кількох мереж розподіленого IEEE 802.11 типу на досліджувану в межах будівлі.

Програма Carducrf.m, предназначена для проведення аналізу впливу кількох мереж розподіленого типу на одну мережу написана в середовищі Matlab 16

Програма працює в діалоговому режимі і дозволяє визначити ОСПШ на вході приймача кожного елемента досліджуваної мережі.

Для роботи програми необхідно задати наступні значення:

- частота сигналу;
- потужність випромінювання абонентського терміналу (Вт);
- потужність випромінювання точки радіодоступу (Вт);
- коефіцієнт посилення передавальної антени;
- коефіцієнт посилення приймальної антени;
- к.п.д. приймального фідера;
- к.п.д. передавального фідера;
- база сигналу.

- кількість мереж $N=$;

- номер досліджуваної мережі $n=$;

- метод використання: 1-будівля; 2-мікрорайон $i1=$;

- модель розміщення обладнання: 1-детермінований; 2-ймовірнісний $i2=$.

Якщо вибрана ймовірнісна модель розміщення обладнання буде задано питання:

- вкажіть закон розподілу: 1-нормальний; 2-рівномірний; 3-два нормальних $i3=$.

Після завершення розміщення обладнання задається питання про те, показувати чи ні само розміщення:

- показати розміщення обладнання?...: 1-так; 2-ні $i4=$.

Також для роботи програми необхідно заповнити наступні масиви:

Масив (kol1.m) кількості елементів всіх мереж

$kol=[3\ 5\ 5]$.

Масив (kors.m) координат мереж

$y=[1\ 1\ 1; 20\ 20\ 11; 1\ 1\ 11]$.

Масив (gabs.m) габаритів мереж

$y=[10\ 5\ 3; 10\ 5\ 3; 10\ 5\ 3]$.

Масив (tdost.m) номерів точок доступу

$kol=[1\ 1\ 1]$.

Якщо використовується метод розміщення мереж в будівлі, то необхідно заповнити масив (kprekr.m) кількості перекриттів між мережами:

$y=[0\ 2\ 2; 2\ 0\ 2; 2\ 2\ 0]$,

і масив (ksten.m) кількості перегородок між мережами

$y=[0\ 2\ 0; 2\ 0\ 2; 2\ 2\ 0]$.

Якщо використовується метод розміщення мереж в мікрорайоні, то необхідно заповнити масив (hantenn2.m) висот приймальних антен

$y=[10\ 10\ 10]$,

і масив (hantenn1.m) висот передавальних антен

$y=[50\ 50\ 50]$.

Если используется модель детерминированного размещения оборудования, то необходимо заполнить массив (кор.м) координат элементов сетей относительно координат своей сети:

по первой сети координаты x, y, z

$y(1, :) = [1 \ 2 \ 3; 4 \ 5 \ 6; 1 \ 5 \ 6; 0 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 0];$

по второй сети координаты x, y, z

$y(2, :) = [7 \ 8 \ 9; 10 \ 11 \ 12; 7 \ 8 \ 10; 7 \ 8 \ 12; 10 \ 11 \ 9];$

по третьей сети координаты x, y, z

$y(3, :) = [7 \ 8 \ 9; 10 \ 11 \ 12; 7 \ 8 \ 10; 7 \ 8 \ 12; 10 \ 11 \ 9];$

Массив координат сетей

$y = [1 \ 1 \ 1; 20 \ 20 \ 11; 1 \ 1 \ 11].$

В данном случае введены значения для трех сетей с количеством элементов 3 - в первой сети, 5 - во второй сети и 5 - в третьей сети и с детерминированной моделью размещения оборудования

Для заданного случая размещение оборудования показано на рис. 1

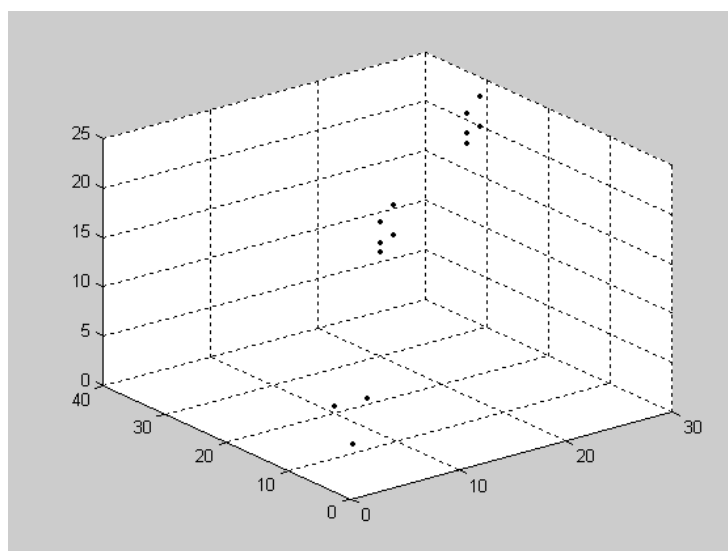


Рис.А 1. Размещение оборудования

Пусть исследуемая сеть – первая с тремя элементами. Максимальные ОСПШ на каждом из элементов, исследуемой сети показаны на рис. 5.2.

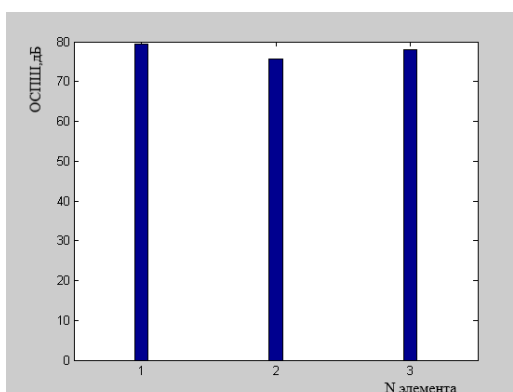


Рис.А 2 Минимальные ОСПШ на каждом из элементов, исследуемой сети

Для вероятностной модели размещения с теми же габаритами здания и помещений и с массивом (kole1.m) количества элементов всех сетей kol=[30 50 50] размещение оборудования показано на рис.3.

Текст программы Carducrf.m приводится ниже.

```

clear
clear memory
f=input(' Введите частоту')
P=input(' мощность излучен абонентского терминала')
Ptd=input(' мощность излучен точки радиодоступа')
Gpre=input(' коэф. усил. перед. антенны')
Gpr=input('коэф. усил. прием. антенны')
kpr=input('к.п.д. прием. фидера')
kper=input(' к.п.д. перед. фидера')
lambd=300*10^6/f; %длина волны в м
B=input('база сигнала')
N=input('Ведите количество сетей N=');
mn=kole1(N);
n=input('Ведите номер исследуемой сети n=');
i1=input('Укажите метод использрв.: 1-здание; 2-микрорайон i1=');
i2=input('Укажите model размещен. оборудов.: 1-детерминированный; 2-
вероятностный i2=');
Kors=kors(N); % Координаты сетей
Gab=gabs(N); % Габариты сетей
Ksten=ksten(N);
Kperekr=kperekr(N);
Tdost=tdost(N);
Koordel(1:N,1:max(mn),1:3)=0;
if i2==1
    Korr=kor(mn,N);
end

```

```

if i2==2
    i3=input('Укажите закон распределен.: 1-нормальный; 2-равномерный; 3-два
нормальных i3=');
    Korr=korrان(mn,N,Gab,i3);
end

for k1=1:N
    for k2=1:mn(k1)
        for k3=1:3
            Koordel(k1,k2,k3)=Korr(k1,k2,k3)+Kors(k1,k3);
        end
    end
end

i4=input('Показать размещение оборудов?...: 1-да; 2-нет i4=');
if i4==1

    l4=razm(N,Koordel,mn);
end

% Расчет расстояний
for k1=1:N
    for k2=1:mn(k1)
        l5=Koordel(k1,k2,:);
        for k3=1:N
            for k4=1:mn(k3)
                l6=Koordel(k3,k4,:);
                R(k1,k2,k3,k4)=sqrt(sum((l5 - l6).^2));
            end
        end
    end
end

if i1==1
    Wzats1(1:mn(n))=0;
    Wzats(1:mn(n))=0;
    for k1=1:mn(n)
        if k1~=Tdost(n)

```

```

Wzats1(k1)=((4*pi*R(n,k1,n,Tdost(n)))/lambd)^2;
Wzats2(k1)=10^(0.6*R(n,k1,n,Tdost(n))/10);
end
end
Wzats=Wzats1+Wzats2;
for k2=1:mn(n)
for k3=1:N
if k3~=n
for k4=1:mn(k3)
Wzatn1(k2,k3,k4)=((4*pi*R(n,k2,k3,k4))/lambd)^2;
Wzatn2(k2,k3,k4)= 10^((8.38*Ksten(n,k3)^((Ksten(n,k3)+2)/
(Ksten(n,k3)+1)-0.51))/10);
Wzatn3(k2,k3,k4)= 10^((18.38*Kperekr(n,k3)^((Kperekr(n,k3)+2)/
(Ksten(n,k3)+1)-0.46))/10);
Wzatn4(k2,k3,k4)=10^(0.6*R(n,k2,k3,k4)/10);
end
end
end
end
Wzatn=Wzatn1.*Wzatn2.*Wzatn3.*Wzatn4;
end
if i1==2
b1=1;
H1=hantenn1(N);
h2=hantenn2(N);
alf1=(1.1*log10(f))*h2(n)-1,56*log10(f-0.8)+max([0.2 log10(H1(n)/10)]);
miu1=min([0 20*log10(H1(n)/30)]);
Wzats1(1:mn(n))=0;
Wzats(1:mn(n))=0;
for k1=1:mn(n)
if k1~=Tdost(n)
Wzats1(k1)=45.144+33.9*log10(2000)+10*log10(f/2000)-13.82*log10(H1(n))
+b1*(44.9-6.55*log10(H1(n)))*log10(R(n,k1,n,Tdost(n)))-alf1-miu1 ;
Wzats(k1)=10^(Wzats1(k1)/10);
end

```

```

end
for k2=1:mn(n)
for k3=1:N
if k3~=n
alf2=(1.1*log10(f))*h2(n)-1,56*log10(f-0.8)+max([0.2 log10(H1(k3)/10)]);
miu2=min([0 20*log10(H1(k3)/30)]);
for k4=1:mn(k3)
Wzatn1(k2,k3,k4)=45.144+33.9*log10(2000)+10*log10(f/2000)-
13.82*log10(H1(k3))+b1*(44.9-6.55*log10(H1(k3)))*log10(R(n,k2,k3,k4))-alf2-miu2 ;;
Wzatn(k2,k3,k4)=10^(Wzatn1(k2,k3,k4)/10);
end
end
end
end
end
end
end

```

```
Pn(1:mn(n),1:N,1:max(mn))=0;
```

```
Pc(1:mn(n))=0;
```

```
for k2=1:mn(n)
```

```
if k2~=Tdost(n)
```

```
Pc(k2)=Ptd*Gper*Gpr/Wzats(k2)*kpr*kper;
```

```
else
```

```
Pc(k2)=Ptd;
```

```
end
```

```
for k3=1:N
```

```
if k3~=n
```

```
for k4=1:mn(k3)
```

```
Pn(k2,k3,k4)=Ptd*Gper*Gpr/ Wzatn(k2,k3,k4)*kpr*kper;
```

```
end
```

```
%Psumn(k2,k3)=sum(Pn(k2,k3,:));
```

```
Psumn(k2,k3)=max(Pn(k2,k3,:));
```

```
end
```

```
end
```

```
Psumsumn(k2)=sum( Psumn(k2,:))
```

```
OSP(k2)=Pc(k2)/Psumsumn(k2);
```

```

end
figure(2)
bar(10*log10(OSP),.1)

```

Программа использует следующие подпрограммы:

- подпрограмму korran.m случайного размещения оборудования

```

function y1=korran(mn,N,Gab,i3);
y1(1:N,1:max(mn),1:3)=0;
if i3==1
for k=1:N
h=1:mn(k);
x1=0; x2=0; x3=0;
xx1=randn(size(h));
m1=min(xx1);
x1= (xx1+abs(m1))*Gab(N,1)/4;
xx2=randn(size(h));
m2=min(xx2);
x2= (xx2+abs(m2))*Gab(N,2)/4;
xx3=randn(size(h));
m3=min(xx3);
x3= (xx3+abs(m3))*Gab(N,2)/4;
for k2=1:mn(k)
y1(k,k2,1)=x1(k2);
y1(k,k2,2)=x2(k2);
y1(k,k2,3)=x3(k2);
end
end
end
if i3==2
for k=1:N
h=1:mn(k);
x1=0; x2=0; x3=0;
x1=rand(size(h))*Gab(N,1);
x2=rand(size(h))*Gab(N,2);;
x3=rand(size(h))*Gab(N,3);;
for k2=1:mn(k)

```

```

    y1(k,k2,1)=x1(k2);
    y1(k,k2,2)=x2(k2);
    y1(k,k2,3)=x3(k2);
end
end
end
if i3==3
for k=1:N
    h=1:ceil(mn(k)/2);
    x1=0; x2=0; x3=0;
    xx1=randn(size(h));
    m1=min(xx1);
    x1= (xx1+abs(m1))*Gab(N,1)/8;
    xx2=randn(size(h));
    m2=min(xx2);
    x2= (xx2+abs(m2))*Gab(N,2)/8;
    xx3=randn(size(h));
    m3=min(xx3);
    x3= (xx3+abs(m3))*Gab(N,2)/8;;
    h2=1:mn(k)-max(h);
    x11=0; x21=0; x31=0;
    xx11=randn(size(h2));
    m11=min(xx11);
    x11= (xx11+abs(m11))*Gab(N,1)/2+Gab(N,1)/8;
    xx21=randn(size(h2));
    m21=min(xx21);
    x21= (xx21+abs(m21))*Gab(N,2)/2+Gab(N,2)/8;
    xx31=randn(size(h2));
    m31=min(xx31);
    x31= (xx31+abs(m31))*Gab(N,2)/2+Gab(N,2)/8;;
    for k2=1:max(h)
        y1(k,k2,1)=x1(k2);
        y1(k,k2,2)=x2(k2);
        y1(k,k2,3)=x3(k2);
    end
end

```

```

for k2=1:mn(k)-max(h)

    y1(k,max(h)+k2,1)=x11(k2);
    y1(k,max(h)+k2,2)=x21(k2);
    y1(k,max(h)+k2,3)=x31(k2);
end
end
end

```

- подпрограмму `razm.m` вывода на экран размещения оборудования

```

function l4=razm(N,Koordel,mn);
H=0;
for l1=1:ceil(max(max(Koordel(:,1)))));
    for l2=1:ceil(max(max(Koordel(:,2)))));
        for l3=1:ceil(max(max(Koordel(:,3)))));
            H(l1,l2,l3)=0;
        end
    end
end
;for k1=1:N
    for k2=1:mn(k1)
        l4(k2,:)=ceil(Koordel(k1,k2,:));
        if sum(l4)>0
            H(l4(k2,1)+1,l4(k2,2)+1,l4(k2,3)+1)=1;
        end;
    end
figure(1)
scatter3(l4(:,1),l4(:,2),l4(:,3),'k.')
hold on
end

```


ДОДАТОК Б
Слайди презентації

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра «Інформаційно-мережна інженерія»

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
другого (магістрського) рівня вищої освіти на тему:
*“Підвищення продуктивності систем пасивної
ретрансляції у Wi-Fi”*

Доповідач:
студент гр.ІМІм-19-2
Куріщін О.С.

Керівник :
доц. Ширяєв А.В.

**МЕТА РОБОТИ, АКТУАЛЬНІСТЬ, ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ
ДОСЛІДЖЕННЯ**

2

Мета роботи – розробка питань підвищення якості функціонування безпроводової мережі WiFi (IEEE 802.11 b/g/n) на основі методу пасивної ретрансляції сигналів в будівлі.

Об'єкт дослідження – безпроводова мережа абонентського радіодоступу WiFi (IEEE 802.11).

Предмет дослідження – процес розподілу фізичного ресурсу безпроводової мережі зв'язку WiFi у відповідності з певним набором правил (алгоритмом планування).

Актуальність Найвища щільність і відразу функціонування в одному частотному спектрі мереж WiFi в офісних, ділових і культурних центрах неминуче призводить до зміни електромагнітної обстановки і створення взаємних невідповідностей з погіршенням показників якості роботи мереж. В умовах нерівномірності радіопокриття мереж Wi-Fi в будівлі необхідно застосувати заходи, що дозволяють збільшити якість радіопокриття роботи мережі для збільшення її продуктивності. Такими заходами є використання систем пасивної ретрансляції та адаптивних антенних решіток які ефективно застосовуються в місцях щільних груп користувачів Wi-Fi мережі дозволяють поліпшити показники якості і електромагнітні обставини мереж. При використанні таких підходів потрібні найменш одномоментні інвестиції, що є оптимальним варіантом для масштабування офісних бездротових мереж в Україні.

Основні задачі кваліфікаційної роботи:

- Огляд загальних принципів пасивної ретрансляції сигналів в бездротових мережах зв'язку.
- Аналіз науково-технічних рішень по впровадженню систем адаптивної антени і пасивної ретрансляції в WiFi мережах.
- Вибір та моделювання антенної системи для пасивної ретрансляції сигналу та адаптивної антени в WiFi мережі.
- Розробка моделі множинних електромагнітних взаємодії в угрупованнях терміналів WiFi мереж в багоповерховій будівлі.
- Комплексна оцінка продуктивності мережі WiFi за показниками якості в умовах дії взаємних ненавмисних завад.

СХЕМА ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСИВНОЇ РЕТРАНСЛЯЦІЇ ДЛЯ МЕРЕЖІ WiFi В БУДІВЛІ

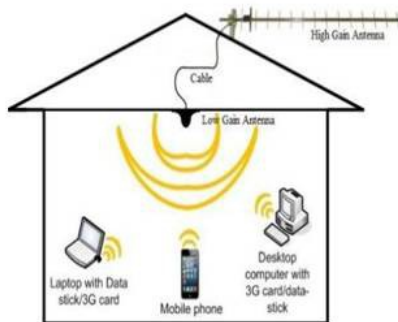


Рис.1 Концепція з 2-х антен пасивної ретрансляції для мережі wi-fi в будівлі



Рис.2 Концепція з використанням пасивного ретранслятора для мережі wi-fi в квартирі

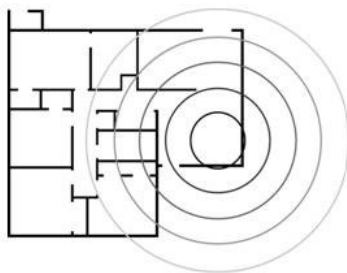


Рис.3 Радіус дії мережі Wi-Fi без ретрансляції

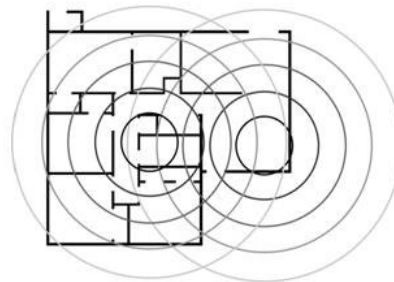


Рис.4 Радіус дії мережі Wi-Fi з ретрансляцією

СХЕМА ОРГАНІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ WI-FI В БУДІВЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ АА

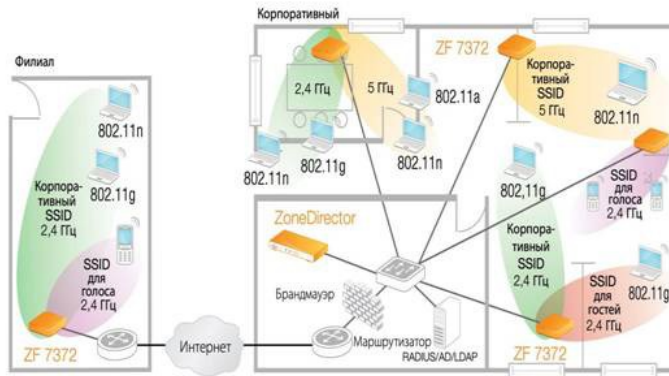


Рис.5 Концепція з використанням АА для мережі wi-fi в квартирі

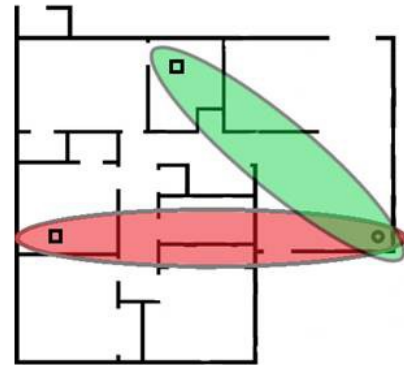


Рис.6 Радіус дії мережі WiFi з АА

ТИПИ СПРЯМОВАНИХ АНТЕН У ЯКОСТІ ПАСИВНОГО РЕТРАНСЛЯТОРА

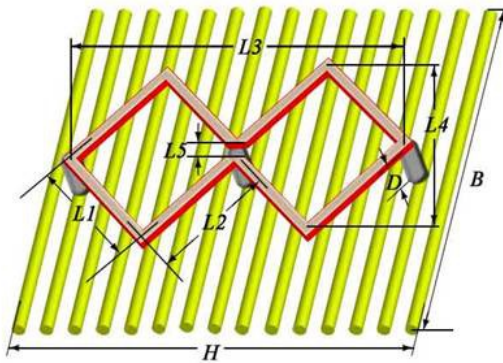


Рис.7 Спрямована антена Харченко

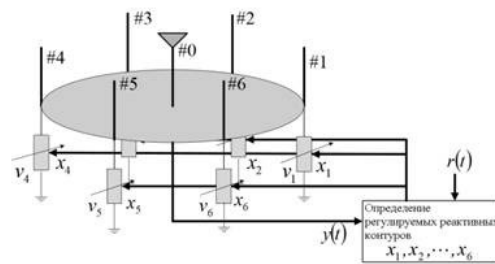


Рис.8 Електрично керована пасивна антенна решітка (ESPAR-антена)

ТИПИ СПРЯМОВАНИХ АНТЕН У ЯКОСТІ ПАСИВНОГО РЕТРАНСЛЯТОРА

2

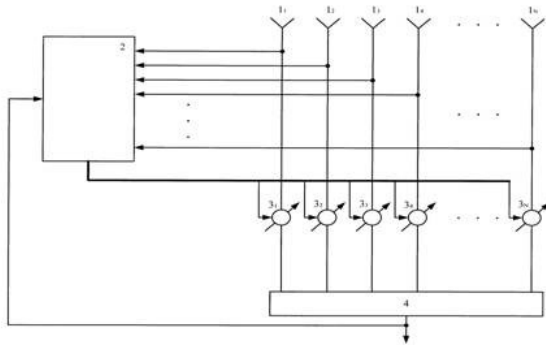


Рис.9 -Схема адаптивної антени

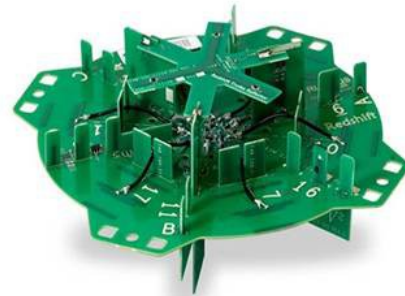


Рис.10 -Адаптивна антена BeamFlex

8

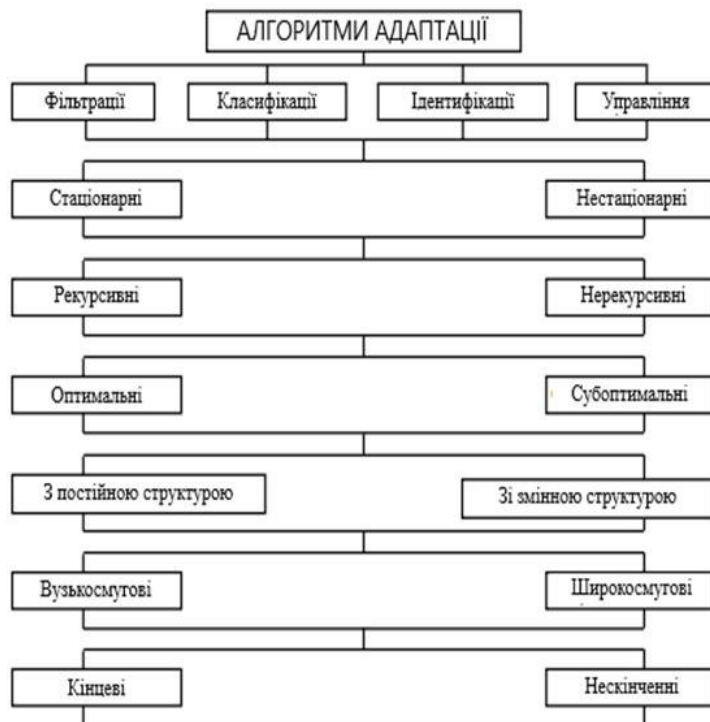


Рис.11- Алгоритми адаптації

МОДЕЛЮВАННЯ ДІАГРАМИ СПРЯМОВАНІСТІ АНТЕН ПАСИВНОГО РЕТРАНСЛЯТОРА

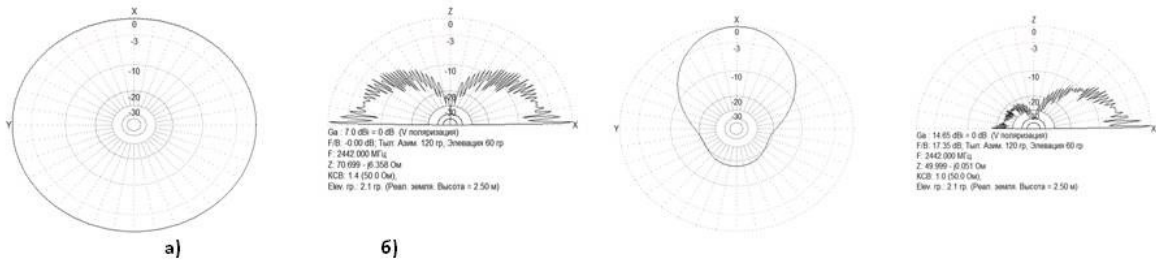


Рис.11 - Диаграма спрямованості типової антени WiFi у горизонтальній (а) і вертикальній площинах (б)

Рис.12- Диаграма спрямованості антени Харченко у горизонтальній (а) і вертикальній площинах (б)

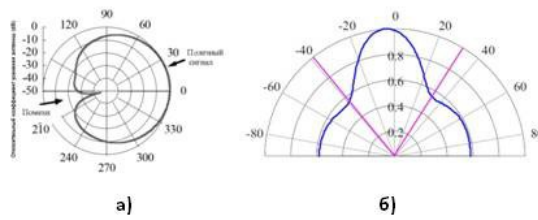


Рис.13 Диаграма спрямованості типової антени WiFi у горизонтальній (а) і вертикальній площинах (б)

ВИБІР ТИПУ АНТЕННОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПАСИВНОЇ РЕТРАНСЛЯЦІЇ

Таб.1 - Порівняльна характеристика параметрів антен

Характеристика	Штабна	Харченко	Рамкова (ГЛ-ANT2414A)	Шпирьова (ГЛ-ANT2412D)	ESPAR антена	Адаптивна антена Beamflex
Діапазон робочих частот, ГГц	2.4-2.5	2.4-2.5	2.4-2.5	2.4-2.5	2.4-2.5	2.4-2.5
Складність конструкції	мала	середня	висока	Середня	висока	висока
КСХ	1.4	1.05	1.5	<2.0	1,01	1.1
Шириня пелюстка ДС (гор/верт)	360°/60°	62°/3°	30°/30°	360°/120°	180°	адаптивна
Можливість зовнішньої установки	ні	існує можливість	можлива	можлива	можлива	можлива

МОДЕЛЬ МНОЖИНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВПЛИВІВ В УГРУПОВАННЯХ ТЕРМІНАЛІВ IEEE 802.11b/g/n

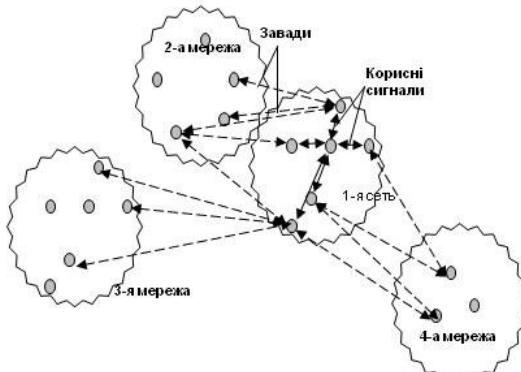


Рис. 14- Вплив передавальних пристроїв 2,3 і 4-ї мереж IEEE 802.11b/g/n на приймальні пристрої 1-ї мережі

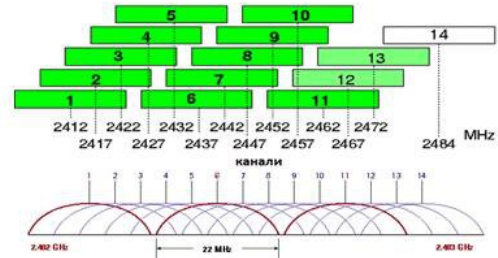


Рис. 15 Розподіл частотних каналів у стандарті IEEE 802.11b/g/n

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИКИ СИГНАЛІВ В РАДІОЛІНІЯХ IEEE 802.11b/g/n

$$P_{\text{пек}} = P_{\text{ПЕР}} + G_{\text{ПЕР}} + G_{\text{ПР}} - \eta_{\text{ПЕР}} - \eta_{\text{ПР}} - W_{\text{СВ}} - W(R)_{\text{доп}},$$

де $P_{\text{ПЕР}}$ – потужність передавача, що впливає;

$$W_{\text{СВ}} = 10 \lg \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \text{ – послаблення енергії у вільному просторі};$$

$W(R)_{\text{доп}}$ – додаткові втрати на відстані розносу R між рецептором і джерелом перешкод.

$$W(R)_{\text{доп}} = W_{\text{доп}}^{(1)} + W_{\text{доп}}^{(2)} + W_{\text{доп}}^{(3)} + W_{\text{доп}}^{(4)} + W_{\text{доп}}^{(5)},$$

де

$W_{\text{доп}}^{(1)}$ – додаткові втрати сигналу при заповненні простору різними предметами, дБ;

$W_{\text{доп}}^{(2)}$ – додаткові втрати сигналу з урахуванням стін та перегородок, дБ;

$W_{\text{доп}}^{(3)}$ – додаткові втрати сигналу з урахуванням міжповерхових перекриттів, дБ;

$W_{\text{доп}}^{(4)}$ – додаткові втрати сигналу з урахуванням завмирань сигналу, дБ.

$W_{\text{доп}}^{(5)}$ – додаткові втрати сигналу з урахуванням частотної відбудови перешкоди і смуги пропускання приймача, дБ.

РЕЗУЛЬТАТИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ Wi-Fi-МЕРЕЖ В МЕЖАХ БУДІВЛІ

13

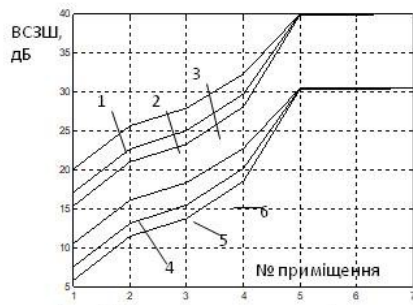


Рис. 16 Залежність показника відношення сигнал/(завада+шум) від дії завад сусідніх мереж

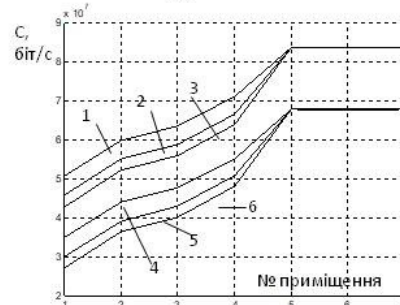


Рис. 17 Залежність пропускної здатності від дії завад сусідніх мереж

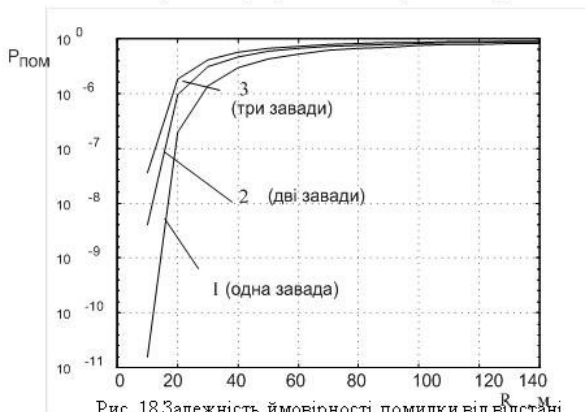


Рис. 18 Залежність ймовірності помилки від відстані до джерела корисного сигналу

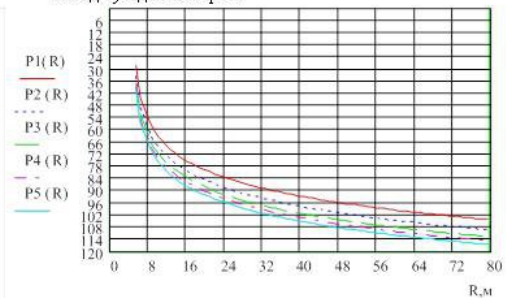


Рис. 19 Залежність потужності корисного сигналу від відстані за умов використання стін із різноманітних матеріалів

ВИСНОВКИ

14

1) В мережах Wi-Fi пропонується використовувати антену Харченко у якості пасивного ретранслятора, яка є ефективною при певних умовах сигнально-завадних обставин і відповідає значно меншим матеріальним витратам, що говорить про доцільність її впровадження в мережах бездротового доступу IEEE 80211b/g/n.

2) Проведено дослідження, що до використання адаптивної антени BeamFlex та зроблена модель діаграми спрямованості в будівлі. Вони показують що АА є найбільш доцільним при використанні в місцях угруповання великої кількості терміналів.

3) Розроблено модель множинних електромагнітних впливів в угрупованнях терміналів Wi-Fi-мереж в будівлі. При великій щільності мереж, що впливають один на одного в межах будівлі та зі збільшенням відстані між робочими терміналами - зменшується пропускна здатність і співвідношення сигнал/шум, збільшується ймовірність помилки.

4) Отримано графік залежності ослаблення потужності сигналу за рахунок стін і перекриттів будівлі виконаних з різних матеріалів (цегла, бетон, гіпсокартон та ін.), Що необхідно враховувати при плануванні бездротових мереж Wi-Fi.

