

Експериментално измерване на баланса на излъчената мощност в сензорна радиомрежа SimpliCI на основата на сензорни нодове EZ430- RF2500

Станимир Янакиев Николов*

**Факултет „Навигационен”, спец. „Корабна радиоелектроника”, III курс*

Анотация. *Организирането на маломощна безжична мрежа от сензори за цифрова обработка на сигнала, регистрирането на дадено събитие и предаването на данните са критични точки при разработване на маломощни радио системи. Множество фактори оказват влияние при разпространението на радиовълните. Те, както и техническите характеристики на електронните прибори и компоненти, са от ключово значение при осъществяването на стабилен радио обмен и радио връзка скрайните устройства. Балансът на мощност дава стойности с които е възможна оценката на възможността за осъществяване на стабилна радиовръзка. Маломощните безжични мрежи и устройства намират голямо приложение.*

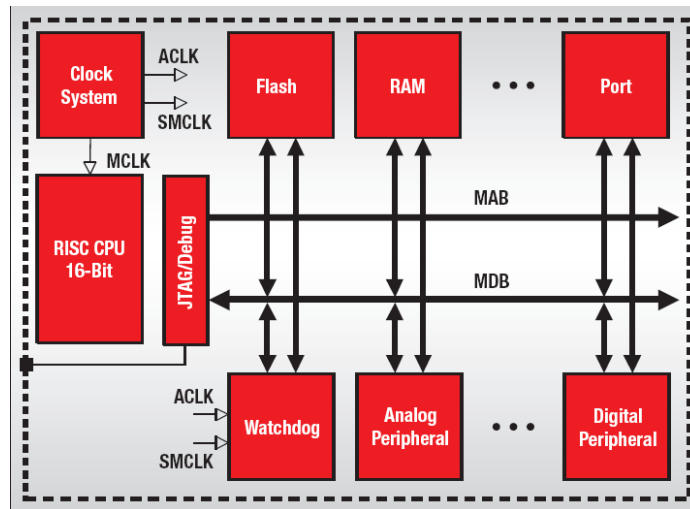
Ключови думи: *Баланс на мощност, крайно устройство, приета мощност.*

1. Въведение.

Организирането на безжична мрежа от сензори за цифрова обработка на сигнала, регистриране на дадено събитие и предаване на данните е критична точка при проектирането на многостатичната система. При избора на микроконтролер, който да осъществява цифровата обработка, откриването и предаването на информацията особено внимание трябва да се обърне на консумацията на електрическа енергия, наличието на възможности за цифрова обработка на сигнала, предаване по радиоканал на информацията в мрежа.

Фамилията микропроцесори MSP на Texas Instruments има добри показатели по отношение на консумация, изчислителна мощ и цена. Освен това съществува продукт, притежаващ почти изцяло възможностите за изграждане на сензорна многостатична мрежа за обработване и предаване на хидроакустична информация.

Проведените експерименти с микроконтролера по предаване на данни на разстояние по безжичен канал доказаха неговата функционалност.

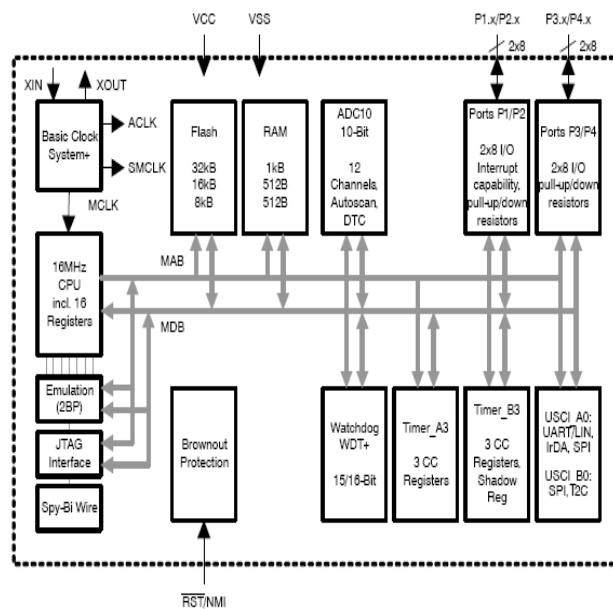


Фиг. 1. Организация на микроконтролер на TI.

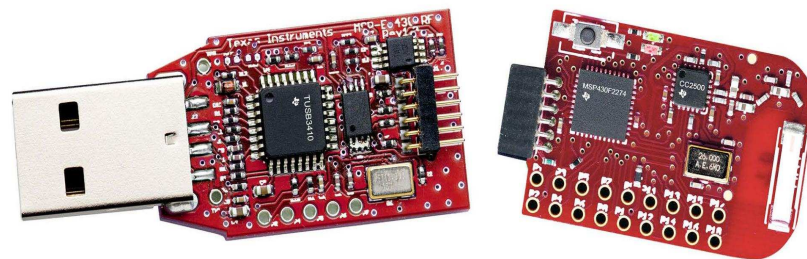
2. Изложение

За провеждане на експерименталното измерване са използвани няколко безжични устройства eZ430-RF2500.

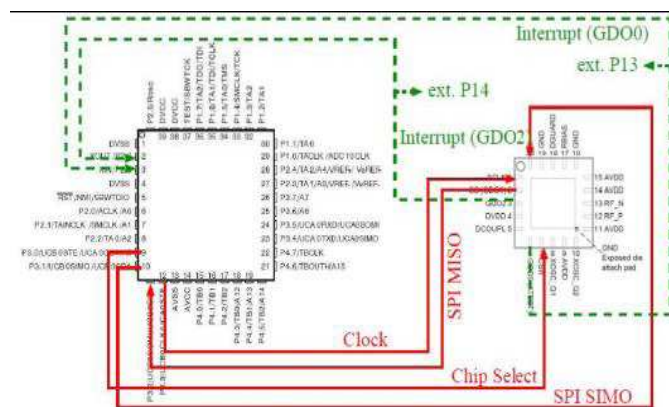
eZ430-RF2500 обединява микроконтролера на TI MSP430 приемопредавателния чип CC2500 на 2.4 GHz което включва хардуерът и



софтуерът, необходими за работата и проектирането с него - MSP430; USB-захранван емулатор за програмиране и отстраняване на грешки на приложенията; два 2.4-GHz безжични нода (nodes) с високо интергируемият свръх маломощен микроконтролер MSP430-F2274; SimpliciTI, е мрежов стак за маломощни безжични мрежи, позволяващ стабилна връзка. eZ430-RF2500 използва контролер от серия MSP430F22x4, имащ 16-MIPS, 10-bit АЦП, 2 ОУ (операционни усилвателя) и е комплектован с CC2500 - многоканален приемно-предавател проектиран за маломощни радиоприложения. Емулаторният интерфейс на eZ430-RF служи за download и debug на приложенията, и позволява предаването на серийни данни към компютър в или вън от debug режим.



Фиг. 2. Сензорен нод EZ430-RF2500.



Фиг.3. Схема на електрическите връзки между MSP430F2274 и CC2500.

Тук, шестте пътеки свързват MSP430 (микроконтролер) с CC2500 (радио чип). Четири, от тях, формират SPI връзка, серийна връзка позволяваща комуникацията между точката за достъп (AP - access point) и крайните устройства(ED- end devices/nodes). Хардуерният SPI модем е управляван драйверно и е вграден във всяко от комуникаращите устройства. Останалите две пътеки се използват от

CC2500 за активиране на MSP430. eZ430-RF2500 притежава следните характеристики:

- Честота (минимална) [MHz] 2400
- Честота (максимална) [MHz] 2485
- Работно напрежение (минимално) [V] 1.8
- Работно напрежение (максимално) [V] 3.6
- Работен температурен диапазон [°C] – от -40° до 80°
- Консумация (в режим на предаване) [mA] 22.8
- Програмируема изходна мощност [dBm] – от -20 до +1
- RSSI изход – цифров
- Честотна селективност [MHz] - 0.427
- Скорост на предаване (максимална) [Mbps] – 0.5
- Буфер за данни [bytes] – 64 в режим на предаване
- Време за задействане [μ s] – 240

MSP430-F2274 е свръх маломощен RISC микроконтролер той притежава 16-MIPS, 10-bit АЦП, 2 ОУ (операционни усилвателя) и управлява радиочипът CC2500.

CC2500 –S10- е радио чипът на eZ430-RF2500. Той функционира в честотният диапазон от 2400- 2483.5 MHz и предоставя отлични възможности за безжичните мрежи поради специфичните си характеристики – не изисква голяма мощност. Чипът има 20 пина:

- два за свързване на външен честотен генератор с честота 26MHz;
- два за свързване на антената;
- десет за захранване на чипа;
- шест за цифрова комуникация с MSP430

Чипът има четиридесет и седем регистъра за задаване на работната честота; модулация; скорост на предаване на данните и мощност на предаване. При изключване на захранването тези регистри се изтриват което налага конфигурирането им от MSP430 при стартиране. Състоянието на CC2500 – предаване; пад на захранващо напрежение; приемане и други, се контролира от MSP430 чрез тринадесет команди.

Чипът притежава :

- Висока чувствителност (-104 dBm при 2.4 kBaud и 1% вероятност за грешка при предаване/приемане;
- ниска консумация (13.3 mA при предаване с 250 kBaud);
- програмируема изходна мощност до +1 dBm;
- отлична селективност на приемника;
- програмируема скорост на предаване от 1.2 до 500kBaud;
- честотен диапазон от 2400 – 2483.5 MHz;
- подходящ при честотни скокове и многоканални системи поради бързата пренастройка на - 90 μ s;

- автоматична честотна компенсация позволяваща настройването на честотният генератор/синтезатор на основната честота която е приета.

SimpliciTI е олекотен протокол създаден за маломощни безжични мрежи, състоящи се от малък брой крайни устройства(nodes). *SimpliciTI* е проектиран за по – лесно разработване, въвеждане и развитие на маломощните микроконтролери като MSP430; приемно-предавателите от сериите CC1XXX/CC25XX/CC430 и системите интегрирани върху чип (SoCs). Обикновено те са захранвани чрез батерии което изисква дълъг живот на захранването им , нисък обмен и натоварване. Крайните устройства комуникират чрез точка за достъп или репитери което осигурява допълнителна функционалност като съхраняват и препращат данните от крайните устройства. Ресурсът за заеман от *SimpliciTI* в микроконтролера е минимален.

Length (1B)	Source (4B)	Destination (4B)	Payload (8 bytes)
-------------	-------------	------------------	--------------------

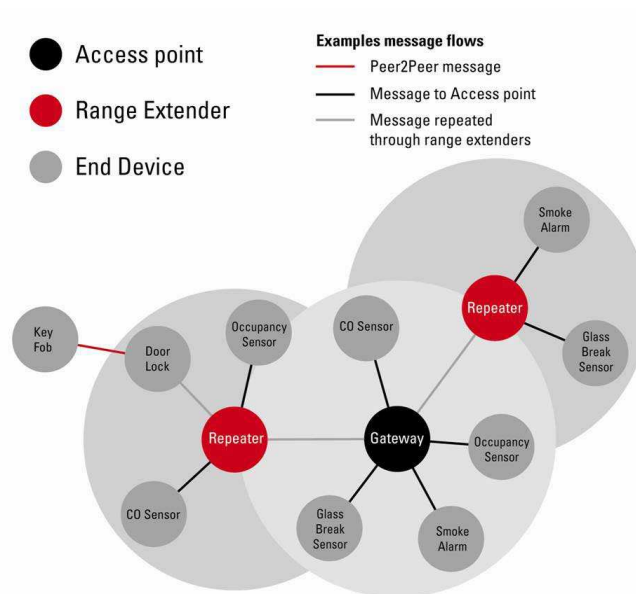
Фиг.4. Формат на *SimpliciTI* пакет

RSSI (1B)	CRC (1b)	LQI (1b)
-----------	----------	----------

Фиг. 5. Структура на packet.rx.Metrix

Предимства при използването на *SimpliciTI*:

- не изисква голяма мощност;
- пряка комуникация устройство-устройство;
- топология тип „звезда”
- възможност за добавяне на репитери;
- простота - използване на пет команден приложно-програмен интерфейс (API) на изходния код



Фиг.6. Структура на SimpliCI мрежа.

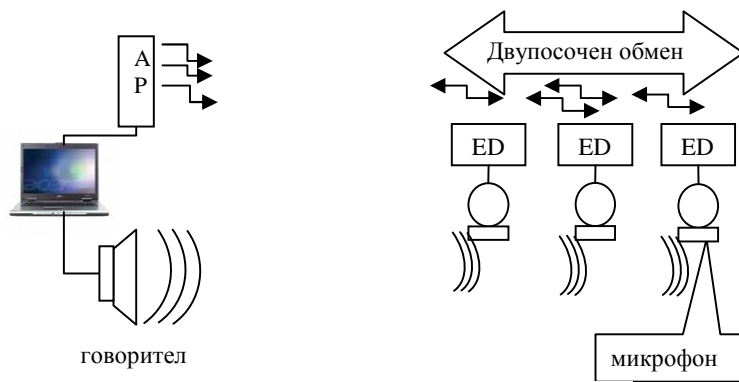
Експериментално измерване на мощността, схема на опитната постановка, методика на експеримента и постановка, и резултати.

Експерименталното измерване на мощността се основава на уравнението :

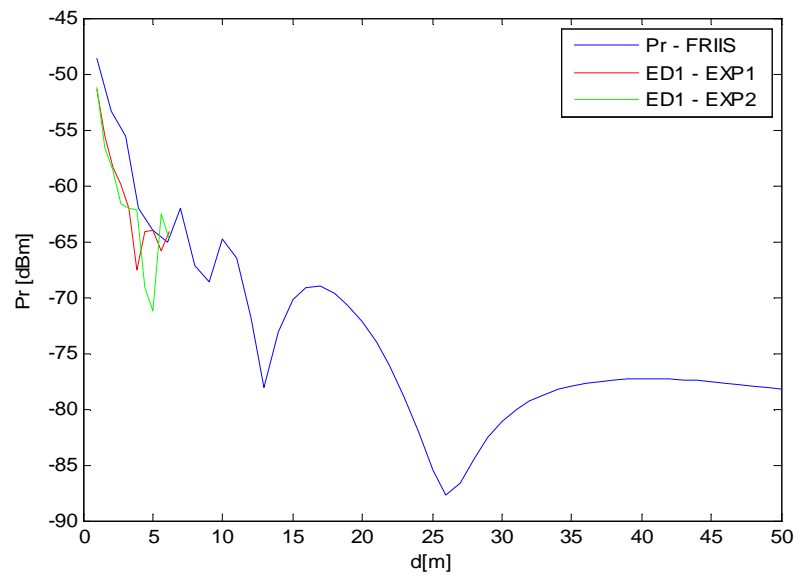
$$P_R = P_T \frac{G_R G_T \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2}$$

Което служи за изчисляване на баланса на мощността на радиолинията в свободното пространство. Където:

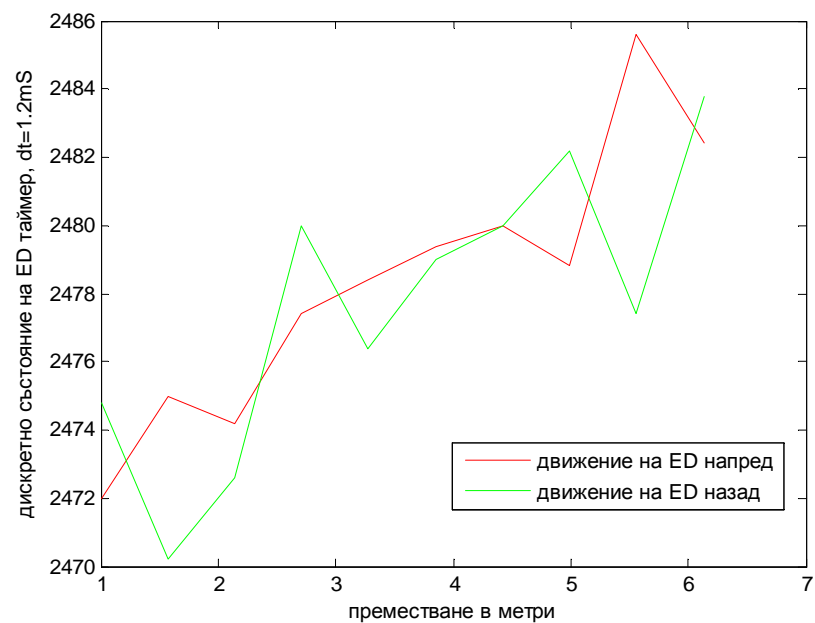
- P_R -Налична мощност от приемната антена;
- P_T - Мощност на входа на предавателната антена;
- G_R - Усилване на приемната антена;
- G_T -Усилване на предавателната антена;
- d – Разстояние;
- λ – Дължина на вълната



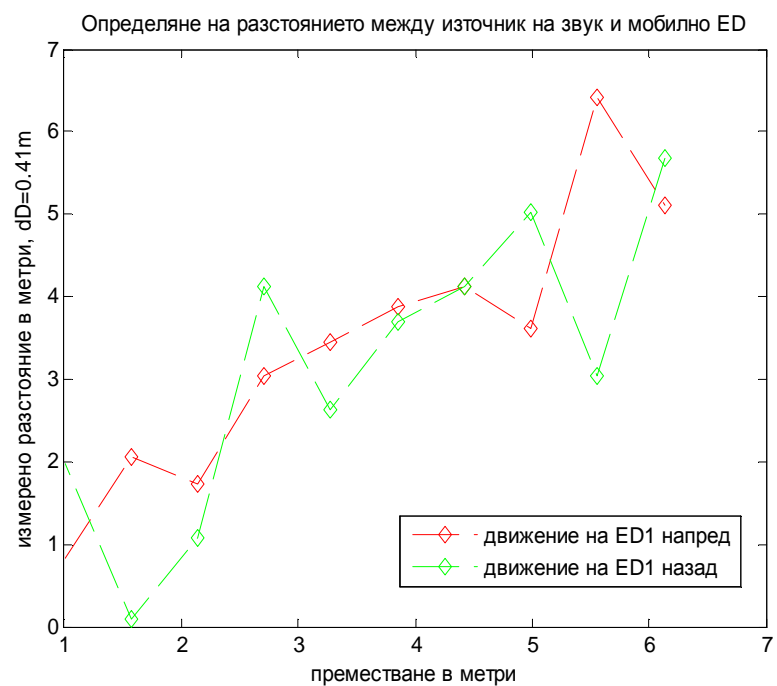
Фиг. 7. Схема на опитната постановка



Фиг.8. Експериментални резултати



Фиг.9. Експериментални резултати



Фиг.10. Експериментални резултати

Методика на експеримента

За интерпретация на данните от експеримента се използва интерфейс на Labview. Излъчва се пакет и се инициализира процесът и се предава звуков импулс. След откриването на звуковият импулс се излъчва пакет съдържащ информация за номер на ED, времезакъснение на звуковият импулс спрямо приетият пакет и RSSI.

Базовата графика отчита интерференцията между прав и отразен лъч и представя данните за приетата мощност при хоризонтална поляризация на радиовълните.

Приетата мощност от всеки node се измерва в точката на разполагане на точката на достъпа (AP). Измерването се извършва чрез прочитане на регистъра на състоянията на CC2500 посредством интерфейсна програма на SimpliCIPI - MRFI_rssi, която връща параметъра RSSI – приетата мощност на радиопакет в dBm.

Изменя се разстоянието между AP и ED чрез преместване на ED.

3. Заключение

На основата на получените данни могат да се направят следните заключения:

- Реализирано е експериментално измерване на приетата RF мощност на сензорни нодове ez430-rf2500 включени в мрежа с топология тип „звезда” със стек SimpliCIPI.
- Направена е оценка на времезакъснението спрямо приетия RF пакет на звуков импулс в сензорната радиомрежа, приет и открит от ED.
- Различията в отчетите се дължат на разлики в захранващите напрежения (влияние върху DCO) и грешки в местоположението на ED.
- Изходната RF мощност е функция на захранващото напрежение
- На графиката ясно се отчита интерференцията на прав и отразен лъч при хоризонтална поляризация на радиовълните.
- С увеличаване на разстоянието ($d[m]$) приетата мощност спада и вероятността за пропускане на пакет нараства.
- Времезакъснението на приетия от ED звуков импулс е пропорционално на преместването му спрямо източника на звук.
- ***Направените експерименти създават предпоставка за разработване на алгоритми за определяне на местоположението на сензорните нодове на база на излъчената от тях мощност и определяне на местоположението на източника на звук по времезакъсненито на звуковите импулси.***

Литература

1. Introduction to the Texas Instruments ez430 - Thomas Watteyne.
2. eZWSN: Experimenting with Wireless Sensor Networks using the eZ430-RF2500 - Naren Anand

3. MSP430x22x2, MSP430x22x4 MIXED SIGNAL MICROCONTROLLER User's guide - TI
4. Range Measurements in an Open Field Environment - Tor-Inge Kvaksrud
5. CC2500 User's guide – TI
6. SimplicTI Application Programming Interface User's guide – TI