

AN APPROACH FOR APPLICATION THE INFORMATION ABOUT THE SPATIAL LOCATION OF USERS FOR IMPROVEMENT THE USAGE OF ELECTROMAGNETIC SPECTRUM

Borislav Y. Bedzhev, Miroslav G. Nedelchev

Communication Networks and Systems Department, Artillery, Air Defense Communication and Information Systems Faculty, National Military University „V. Levski”, Shumen, Bulgaria

bedzhev@abv.bg, nedel4ew@abv.bg

ПОДХОД ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА ИНФОРМАЦИЯТА ЗА ПРОСТРАНСТВЕНОТО РАЗПОЛОЖЕНИЕ НА ПОТРЕБИТЕЛИТЕ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНИЯ СПЕКТЪР

Борислав Й. Беджев, Мирослав Г. Неделчев

Катедра „Комуникационни мрежи и системи“, факултет „Артилерия, противовъздушна отбрана, комуникационни и информационни системи“, гр. Шумен, България

bedzhev@abv.bg, nedel4ew@abv.bg

Abstract: *This paper presents classification, requirements and possibilities for using critical for each secondary user (SU) information about transmitted power and location of the primary users (PU) in a cognitive radio network. Some applications and wireless protocols from cognitive networks require nodes to be aware of their position relative to the network. Received signal strength localization schemes provide low-cost implementation and low complexity, thus it is suitable for the PU localization in cognitive radio networks.*

Keywords: cognitive radio, received signal strength, primary user localization

I. Увод

Познаването на местоположенията на активните първични предаватели позволява на вторичните потребители да предвидят потенциално „бяло петно“ [4], [5] в електромагнитния спектър и по този начин да използват по-гъвкави стратегии за споделяне на спектъра.

Предполага се, че първичните или оторизирани потребители не споделят информация относно местоположението си в централна база от данни, поради което измерванията се правят само на базата на постъпилите в приемника сигнали.

Вторичните (неоторизирани) потребители могат да работят в обхвата на първичните потребители, когато заделените честоти ресурси са свободни или не се използват напълно в даден географски район. През последните години усилията са насочени в разработването на алгоритми за оценка на спектъра в честотната и времева област, но по-малко в пространствената област.

В подхода с наслагване на спектъра множество потребители, лицензирани и нелицензирани, могат да споделят ресурсите в мрежа. Също така множество мрежи могат да съществуват съвместно, при което предаванията в една мрежа могат да интерферират с предавания в други мрежи. В такъв случай, координирано и кооперирано следене на спектъра във времевата, честотната и пространствената област се предпочита, тъй като комплексно може да се определи статуса на достъп до спектъра, зает от лицензираните потребители в различни местоположения на мрежата. Информацията за следене на спектъра може да се използва за получаване на карта на спектъра, която може да бъде приложена от нелицензираните потребители за вземане на коректни решения за достъпа. Често за повишаване достоверността на получените данни се използва централизиран модел за обработка и съставяне на карта на източниците на електромагнитно излъчване.

II. КЛАСИФИКАЦИЯ И ИЗИСКВАНИЯ КЪМ АЛГОРИТМИТЕ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА МЕСТОПОЛОЖЕНИЕТО

За да е възможно изчисляването на конкретни параметри в мрежа с централизирана йерархия, някои приложения на безжичните когнитивни мрежи изискват сензорните възли да са наясно с тяхното положение спрямо сензорната мрежа. В литературата този проблем за определяне на местоположението или позицията на потребител се нарича локализация.

Освен в когнитивните мрежи, проблемът с локализацията намира широко приложение и в автономните автомобили, оказване на спешна помощ и обществена сигурност. Например точността на алгоритмите за локализация в мрежите от второ поколение е достигала до няколко стотици метри, а в мрежите от четвърто поколение до десет метра, в системите от пето поколение и по-малко, чрез използване на системите за глобално позициониране [1]

1. Класификация на алгоритмите за локализация

Определяне на позицията на даден първичен потребител е пряко свързано с понятията измерване на разстояние и определяне на положение. Това дава основание алгоритмите за определяне на позицията да бъдат класифицирани, като базираци се на разстояние или положение. За разстояние може да се счита радиусът на кръг или сфера, а положението е точка в пространството, която се описва с набор от определени координати. Това може да са разстояния или ъгли във връзка с други точки, разположени локално или глобално, в трикоординатното пространство на Земята. [6]

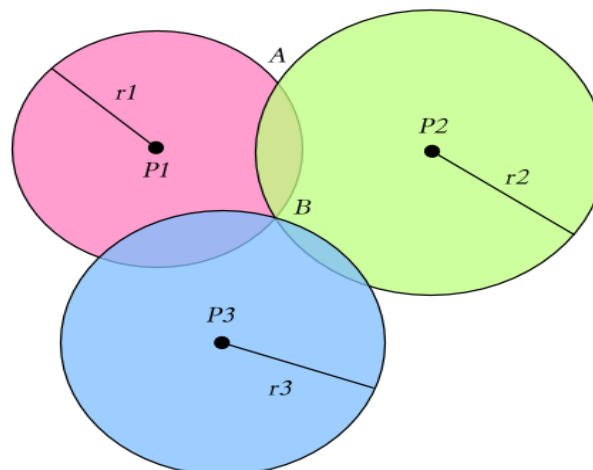
По-голямата част от съществуващите алгоритми за локализация могат да бъдат класифицирани, както е показано на следващата фигура 1 [2]:



Фиг. 1 Класификация на алгоритмите за оценка на местоположението

Когато алгоритмите използват информация за разстоянието между няколко съседни възела, основните методи за определяне на местоположението на неизвестните предаватели са трилатерация (използва три известни разстояния) и триангулация (базира се на информацията за една отсечка (база) и прилежащите към нея ъгли.

По-конкретно, трилатерацията е метод за определяне на относителната позиция на обекти, използвайки геометрията на триъгълниците въз основа на известните позиции на две или повече референтни точки и измереното разстояние между обекта и всяка референтна точка. За точното и еднозначно определяне на местоположението на точка от 2D равнина само с трилатерация, обикновено са необходими най-малко 3 отправни точки (най-малко 4 точки са необходими в 3D равнина). Недостатък е необходимостта от допълнителен хардуер, повишени енергийни и изчислителни разходи.



Фиг. 2 Определяне на местоположение посредством трилатерация

Алгоритмите за определяне на местоположение, които се базират на свързаност, се наричат алгоритми за близост или свързано базирани. Те осигуряват груба точност, но при голям брой радиомаяци с припокриващи се области на предаване е възможна по-точна локализация. Същев-

ременно са стабилни по отношение на флуктоациите в канала за връзка тъй като информацията за близост до друг радиомаяк се взема за дълъг период от време.

Според йерархията на управление могат да бъдат с централизирано или разпределено управление. При централизирания подход управляващото устройство, наричано сензорен контролер (например точка на достъп или базова станция), получава информация от отделните устройства и посредством централен процесор изчислява местоположението. Недостатък е необходимостта от служебни канали за обмен, повишени изисквания към мощността на хранящите батерии, зависимост от изправността на сензорния контролер, възможно е също и получаване на големи закъснения. Не е подходящ при изграждане на ad-hoc мрежи.

При разпределения подход се извършва локална обработка, но е необходима информация от съседни възли и радиомаяци за да могат да определят тяхната позиция. При този подход се избягват недостатъците на централизирания подход, но за сметка на по-неточното определяне на местоположението.

2. Изисквания към алгоритмите за локализация

Изискванията, предявявани към алгоритмите за определяне на местоположението, са [3]:

- Да осигуряват висока точност;
- Възлите да могат да определят своята позиция за възможно най- кратко време;
- Да имат възможности за добавяне и премахване на възли - Мащабируемост на сензорната мрежа;
- Да запазват работоспособността си при влошаване на електромагнитната обстановка;
- Да осигуряват възможност за автоматична пренастройка и селектиране на сигналите, представляващите интерес;
- Ниска консумирана енергия;
- Да бъдат адаптивни по отношение на промяната в броя на маяковите възли - ако броят на наличните маякови възли се промени, алгоритъмът все още трябва да може да предоставя оценки на местоположението. Точността на оценките на възлите обаче се променя с промяна броя на налични маякови възли;
- Да бъдат универсални, така че да може да изчислява местоположенията на възлите при всякакви условия на променяща се среда и време.

3. Методи за оценка на местоположението

В алгоритмите за определяне на местоположението базирани на обхват информацията относно разстоянието до даден елемент на мрежата е от критично значение. По тази причина оценката на някои или няколко от параметрите на постъпващите в антената сигнали е важна. Такива параметри могат да бъдат:

- Мощност на приетия сигнал (RSS- Received Signal Strength) - силата на постъпилите в приемната антена сигнал;
- Време на пристигане (ToA). Разстоянието между предавателя и приемника се равнява на “времето на полет”, т.е. времето за предаване на сигнали, които се разпространяват със скоростта на светлината. Разстоянието може да се определи чрез измерване на времето на пристигане (ToA – Time of Arrival) на сигнала в приемника, когато съществува синхронизация между таймерите на предавателя и приемника;

- Разлика във времето на пристигане (TDoA-Time Diference of Arrival) – използва се разликата във времената на приетите сигнали от различни точки с предварително известни координати
- Ъгъл на постъпване (AoA) - представлява техника за обработка на сигнала, която извършва оценка на местоположението на постъпващите от кореспондента електромагнитни вълни.

III. ПОДХОД ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА ИНФОРМАЦИЯТА ЗА ПРОСТРАНСТВЕНОТО РАЗПОЛОЖЕНИЕ НА ПОТРЕБИТЕЛИТЕ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНИЯ СПЕКТЪР

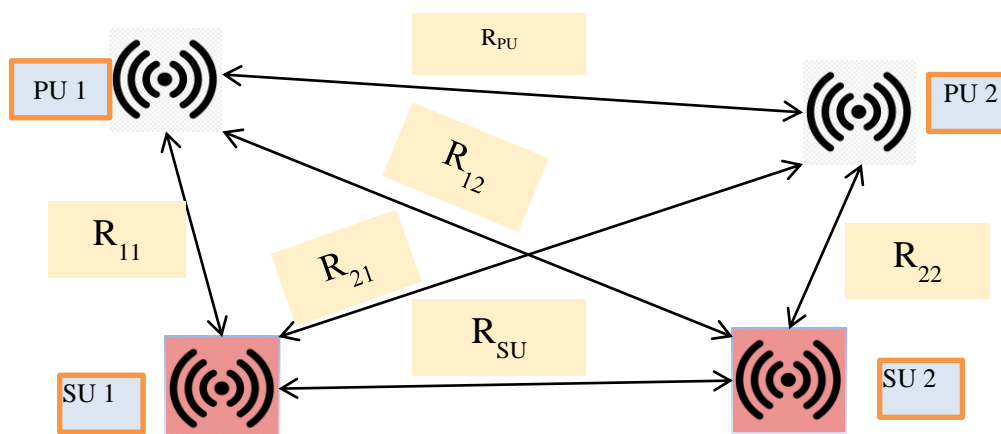
От изложеното дотук ясно се вижда, че методите за определяне на пространственото положение на оторизираните потребители на радио-комуникационни мрежи бързо се развиват. Същевременно областите на практическото им използване все още не са класифицирани и изследвани достатъчно задълбочено. Предвид на тази ситуация, по-нататък в настоящия параграф от доклада ще бъде обоснован подход за приложение на информацията за пространственото разположение на оторизираните потребители на радио-комуникационните мрежи, насочен към подобряване ефективността на използване на ограничения природен ресурс - електромагнитния спектър.

По-конкретно, нека оторизираните потребители (primary users) на някаква радио-комуникационна мрежа са $PU 1$ и $PU 2$ (фиг. 3). Освен това се предполага, че използвайки методите от предходния параграф, специализирана измервателна апаратура и методите на изкуствен интелект [7] за обработка на информация, неоторизираните потребители (secondary users - $SU 1$ и $SU 2$) са измерили с достатъчна точност следните параметри:

П 1) Географско местоположение на $PU 1$ и $PU 2$;

П 2) Мощност на сигналите P_{PU} [W] излъчвани от предавателите на $PU 1$ и $PU 2$, ширината на честотната им лента F [Hz], както и скоростта на предаване на информацията $I_{r_{PU}}$ [$\frac{b}{s}$];

П 3) Спектрална плътност N_{n0} [$\frac{W}{Hz}$] на шумовете в текущия времеви момент.



Фиг. 3 Геометрични съотношения между двойка първични и двойка вторични потребители

Както е известно, мощността на излъчваните от предавателя сигнали намалява обратно пропорционално на изминатото от тях разстояние. По принцип това дава възможност на оторизираните и неоторизираните потребители да използват едновременно честотната лента F [Hz] без да си създават взаимни електромагнитни смущения, ако мощността на сигналите P_{SU} на вторичните потребители е избрана адекватно.

Действително, въз основа на П 1 вторичните потребители изчисляват разстоянията $R_{PU}, R_{11}, R_{12}, R_{21}, R_{22}$. С R_0 ще бъде означено минималното разстояние между всички двойки „оторизиран потребител – неототоризиран потребител“:

$$R_0 = \min R_{11}, R_{12}, R_{21}, R_{22} . \quad (1)$$

Следователно, максималната мощност на сигналите на неототоризираните потребители на входа на приемниците на ототоризираните потребители ще бъде

$$N_{SU} = \frac{P_{SU}}{4\pi R_0^2}. \quad (2)$$

Аналогично, мощността на сигналите на ототоризираните потребители на входа на приемниците на ототоризираните потребители ще бъде

$$P_{recPU} = \frac{P_{PU}}{4\pi R_{PU}^2}. \quad (3)$$

Като се използва Теоремата на Шенън-Хартли [8], въз основа на П 2 може да се изчисли капацитетът C на канала в текущия времеви момент:

$$C = F \log_2 \left(1 + \frac{P_{recPU}}{N_n} \right) . \quad (4)$$

Ако $C > I_{rPU}$, тогава (без да пречат на ототоризираните потребители) неототоризираните потребители могат използват сигнали с мощност P_{SU} , определена от условието

$$I_{rPU} = F \log_2 \left(1 + \frac{P_{recPU}}{N_n + N_{SU}} \right) . \quad (5)$$

Следователно

$$\begin{aligned} I_{rPU} &= F \log_2 \left(1 + \frac{P_{recPU}}{N_n + N_{SU}} \right) & \frac{I_{rPU}}{F} &= \log_2 \left(1 + \frac{P_{recPU}}{N_n + N_{SU}} \right) \\ 2^{\frac{I_{rPU}}{F}} &= 1 + \frac{P_{recPU}}{N_n + N_{SU}} & N_n + N_{SU} &= \frac{P_{recPU}}{2^{\frac{I_{rPU}}{F}} - 1} \\ N_{SU} &= \frac{P_{recPU}}{2^{\frac{I_{rPU}}{F}} - 1} - N_n \end{aligned} \quad (6)$$

След като се отчете (6) в (2) се установява, че допустимата мощност на сигналите на неототоризираните потребители, при която не се влошава скоростта на предаване на информацията между ототоризираните потребители, е

$$P_{SU} = \frac{P_{recPU}}{2^{\frac{I_{rPU}}{F}} - 1} - N_n \quad 4\pi R_0^2 . \quad (7)$$

Тъй като разстоянието R_{SU} между неототоризираните потребители е известно за тях, от (2) се вижда, че мощността на сигналите на входовете на техните приемници, е

$$P_{recSU} = \frac{P_{SU}}{4\pi R_{SU}^2}. \quad (8)$$

Следователно, скоростта на предаване на информацията, която може да постигнат неототоризираните потребители в текущия времеви момент, е

$$I_{rSU} = F \log_2 \left(1 + \frac{P_{recSU}}{N_n + N_{PU}} \right) . \quad (9)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящия доклад е представен подход за споделяне на спектъра чрез използване от вторичните потребители на сигнали с подходящо избрана мощност, така че да не се оказва съществено влияние върху работата на първичните потребители.

Подходът е лесен за реализация и практическото му прилагане ще допринесе за повишаване ефективността на използване на ограничения природен ресурс – електромагнитния спектър.

References

1. Awareness in 5G-Italy-White-eBook, Marsan M., Melazzi N., Buzzi S., 5G-Italy-White-eBook, page 167-184, Parma, ITALY
2. Farooq-i-Azam M., Naeem Ayyaz M.,(2016) Location and Position Estimation in Wireless Sensor Networks, COMSATS Institute of Information Technology, Lahore, Pakistan
3. Беджева М., Игнатова Т., (2019), Analysis of the accuracy of geodesical maps prepared by means of UAVs, Proceedings of university of Ruse, volume 58 (на български), ISSN 2603-4123 (online)
4. Богданов Р, (2012), Когнитивното радио – следващ етап в развитието на радиокомуникациите, *Списание СЮ*, бр. 9, https://cio.bg/digitalizacia/2012/10/03/3444395_kognitivnoto_radio_sledvasht_etap_v_razvitiето_na/
5. Богданов Р, (2012), Състояние и перспективи за развитие на технологията SDR, Сборник научни трудове на научна конференция на Факултет „А, ПВО и КИС”, 13-15 ноември 2011, част 1 „Комуникационни и информационни системи”, Шумен, Химера, 2012, стр. 186-192
6. Желязков Г, Иванов Д., (2013), Методи и технологии за локализация на статични и динамични обекти, Списание на Институт по информационни и комуникационни технологии – БАН, <http://www.iict.bas.bg/acomin/events/8-10-October-2013/Methods%20and%20Technologies%20for%20Localization%20of%20Dynamic%20and%20Static%20Objects.pdf>
7. Славянов К., (2018), “COMINT software implementation in a mission planning process”, *II International Scientific Conference CONFSEC (на български)*, Proceedings VOL 2, pp. 221-224, ISSN print, 2603-2945 ISSN online, 2603-2953, Year 2, Issue 2(4), <http://confsec.eu/sbornik/2-2018.pdf>
8. Теорема на Шанън-Хартли https://bg.wikipedia.org/wiki/Теорема_Шанън_Хартли