

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ UWB

МАКОВЕЄНКО Д.О., БИКОВ Р.Г.

*Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут радіо і телебачення»  
вул. Буніна, 31, Одеса, 65026, Україна,  
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,  
вул. Кузнечна, 1, Одеса, 65029, Україна  
dikatama.dm@gmail.com, rbykov@ukr.net*

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ UWB

МАКОВЕЕЕНКО Д.А., БЫКОВ Р.Г.

*Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт радио и телевидения»  
ул. Бунина, 31, Одесса, 65026, Украина,  
Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,  
ул. Кузнечная, 1, Одесса, 65029, Украина  
dikatama.dm@gmail.com, rbykov@ukr.net*

## FEATURES OF UWB TECHNOLOGY USE

MAKOVEYENKO D.O, BYKOV R.G.

*State enterprise «Ukrainian scientific research institute of radio and television»,  
31 Bunina St., Odessa 65026, Ukraine  
O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications  
Kuznechna st., 1, Odessa, 65029, Ukraine  
dikatama.dm@gmail.com, rbykov@ukr.net*

**Анотація.** Проведений огляд застосувань радіотехнології «Надширокосмуговий радіодоступ» (UWB), визначені загальні характеристики UWB. Досліджені технології пом'якшення впливу завад від систем UWB.

**Ключові слова:** UWB, LT2, LAES, пристрій, завада, потужність, частота.

**Аннотация.** Проведён обзор использования радиотехнологии «Сверхширокополосный радиодоступ», определены общие характеристики UWB. Исследованы технологии смягчения влияния помех от систем UWB.

**Ключевые слова:** UWB, LT2, LAES, устройство, помеха, мощность, частота.

**Abstract.** The review of the use of radio technology "Ultra-wideband access" was conducted, the general characteristics of UWB were determined. Technologies for mitigating the effect of interference from UWB systems have been studied.

**Key words:** UWB, LT2, LAES, device, interferer, power, frequency.

### 1 ВСТУП

Технологія надширокосмугового радіодоступу (UWB – Ultra Wide Band) – це радіотехнологія малого радіуса дії з високою швидкістю передачі даних, в якій використовується відносна смуга пропускання 20% або більше від центральної частоти або абсолютна смуга пропускання 500 МГц та більше [1].

Пристрої, що використовують технологію UWB, не належать жодній службі радіозв'язку та розглядаються як пристрої малого радіуса дії (SRD), які не потребують захисту від шкідливих завад. Проте, ліцензування деяких окремих застосувань UWB на національній основі може забезпечити їм захист від служб радіозв'язку, що працюють в межах своєї національної території.

В статті розглянуто можливі застосування технології UWB, вплив даної технології на існуючі служби радіозв'язку та технології пом'якшення впливу завад від технології UWB на існуючі служби радіозв'язку.

## 2 ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОТЕХНОЛОГІЇ НАДШИРОКОСМУГОВИЙ РАДІОДОСТУП

Системи UWB можуть бути класифіковані за такими призначеннями, деякі з яких передбачаються для роботи в майбутньому:

- медичні застосування;
- застосування для споживчих комунікацій;
- автомобільні застосування;
- застосування для споживчого та промислового будівництва;
- радарні системи підземного зондування;
- промислові вимірювачі рівня рідини;
- системи передавання даних;
- бездротові високошвидкісні мережі.

**Загальні застосування UWB.** Загальні застосування UWB поділяються на два типи. До першого типу стосуються системи зв'язку та вимірювання, які використовуються для:

- застосування для домашніх розваг та мереж (внутрішнє застосування, висока щільність, у середньому – низька активність);
- мультимедійні інтерфейси стільникових телефонів (зовнішнє та внутрішнє застосування, висока щільність, середня активність);
- бездротові персональні мережі (WPAN) (зовнішнє та внутрішнє застосування, гаряча пляма, низька-середня активність);
- бездротові локальні мережі (наприклад, аналогічні WLAN з підвищеною ємністю, внутрішнє застосування, гаряча пляма, висока активність);
- комбіновані системи передавання даних та вимірювання, наприклад, прилади вимірювання та визначення місцезнаходження (зовнішнє та внутрішнє застосування, низька щільність, низька активність).

До систем другого типу стосуються системи візуалізації, зокрема:

- радарні системи для зондування земної поверхні;
- візуалізація зображень на стіні;
- візуалізація зображень скрізь стіну;
- візуалізація зображень для медичних цілей;
- пристрої спостереження;
- промислові вимірювачі рівня рідини.

**Системи відстеження місцезнаходження.** Ці системи поділяються на два типи: LT2 (Системи відстеження місцезнаходження типу 2) та LAES (Системи відстеження місцезнаходження для аварійних служб).

Системи LT2 необхідні для відстеження людей та об'єктів на промислових відкритих та закритих підприємствах (наприклад, на фабриках, нафтохімічних спорудах та електростанціях), де звичайні рішення для РЧ зв'язку та супутникової радіонавігації є невідповідними через недостатню точність в умовах багатопроменевого поширення хвиль. Супутникова система навігації може бути точною на відкритому просторі, але не в приміщенні, тоді як інші технології радіолокації, що не застосовують технологію UWB, але працюють в приміщенні, є менш точними.

Визначення місцезнаходження в системі LT2 здійснюється так: UWB передавальні мітки додаються до розташованих об'єктів, або до персоналу, що пересувається. Ці мітки входять у систему відстеження, яка може бути реалізована трьома різними способами:

- передавання сигналу UWB мітками і приймання його стаціонарним обладнанням. Сигнали UWB, що випромінюються передавальними мітками, виявляються стаціонарною приймальною мережею, де приймачі розташованого в відомих, стаціонарних точках навколо охопленої ділянки. За допомогою централізованих обчислювальних засобів можна визначити розташування міток;
- приймання сигналу мітками та передавання фіксованим обладнанням. Сигнали UWB, що випромінюються мережею передавального стаціонарного обладнання, приймаються мітками, які повинні мати обчислювальні засоби для виявлення власної позиції. Така система аналогічна системі супутникової навігації.
- приймання/передавання мітками та приймання/передавання стаціонарним обладнанням. Комбінація першого та другого способу, де мітка та стаціонарне обладнання можуть приймати та передавати сигнали UWB.

Інформацію про тривимірну позицію (3D) можна розрахувати шляхом виявлення сигналу на декількох приймачах або виявлення різної (відомої) інформації від різних передавачів на одному приймачі та аналізу часу прибуття та/або кута прибуття кожного радіосигналу.

**Системи LAES** використовуються службою з надзвичайних ситуацій або аварійними установами для відстеження точного розташування персоналу. У багатьох надзвичайних ситуаціях, таких як пожежі, безпека та ефективність операцій ускладнюються невизначеністю місця роботи персоналу. Особливо це стосується великих будинків, які можуть бути частково або повністю обвалені та/або сповнені диму. Метою системи LAES є надання інформації керівникам на усіх рівнях стосовно точності розташування персоналу з її виводом на центр контролю або інші місця.

LAES – це UWB радіосистема, здатна точно вимірювати положення в межах будівель. Щоб бути корисною під час таких операцій, як внутрішній пошук або рятування в приміщенні, її точність має становити близько 1 м, що можливо лише за допомогою UWB. Вона складається з невеликих переносних UWB пристроїв та статичних терміналів, які можна встановити на транспортні засоби або розмістити в межах оперативної зони. Кожен термінал LAES може визначати свою позицію щодо всіх інших терміналів у системі, з якими він може зв'язатися. Кілька статичних терміналів (як правило, 4-6) можна встановити за межами будівлі, щоб забезпечити гарне покриття, перш ніж хтось входить до неї або коли в інших службах дуже мало терміналів у приміщенні. Портативні пристрої, що переносяться в будівлю, можна розмістити таким чином, щоб поширювати або покращувати покриття.

Там, де декілька терміналів точно розташовані в абсолютних географічних координатах, усі позиції будуть вимірюватися в координатах карти. Термінали можуть автоматично зазначатися супутниковою системою навігації, коли вони мають гарне супутникове приймання, а позиції статичних терміналів можуть бути записані відповідно до плану, коли вони встановлені. Абсолютні позиції можуть відображатися відповідно до цифрового плану будівлі, якщо він доступний.

Зазначену систему може бути використано в ситуаціях, коли життя знаходиться під загрозою, від пожежі в маленькому будинку до великих катастроф.

### **3 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ UWB НА ІСНУЮЧІ СЛУЖБИ РАДІОЗВ'ЯЗКУ**

Сигнали, що використовують технологію UWB, працюють у діапазонах 0 – 960 МГц, 3 – 10,6 ГГц та вище 20 ГГц. UWB системи, як правило, мають невелику середню потужність, пов'язану з високим коефіцієнтом піку до середнього значення, тому слід враховувати і середню, і пікову потужність.

Через те, що сигнали, що використовують технологію UWB займають велику смугу частот, використання даної технології може впливати на якість роботи багатьох служб радіозв'язку, серед яких можна виділити наступні:

1. Фіксована служба, включаючи застосування безпроводових локальних (WLAN) та персональних (WPAN) мереж доступу;
2. Супутникові служби: рухома супутникова служба, супутникова служба дослідження Землі, фіксована супутникова служба, аматорська супутникова служби, радіонавігаційна супутникова служба;
3. Системи радіомовної служби (цифрове наземне телевізійне та звукове мовлення: DVB-T/T2, T-DAB+);
4. Системи рухомої служби: радіоінтерфейси Міжнародного Рухомого зв'язку (IMT), морська рухома служба, включаючи Глобальну морську систему зв'язку під час лиха і для забезпечення безпеки мореплавства;
5. Повітряна радіонавігаційна служба та радіоастрономічна служба

Для всіх перелічених вище служб радіозв'язку важливо, щоб вплив випромінювання UWB пристроїв на рецептори завади зберігався на рівні, що не загрожує усій роботі відповідних служб.

Для зменшення впливу завад в технології UWB застосовують чотири методи:

- Застосування низького робочого циклу (LDC);
- Механізм виявлення та уникнення (DAA);
- Механізм прослуховування перед передаванням (LBT);
- Керування потужністю передавання (TPC).

Робочий цикл – це пасивний метод ослаблення, який використовують в радіорегулюванні для забезпечення можливості використання спільного спектра між різними радіосистемами. Регулювання робочого циклу зазвичай вказують як обмеження для активності передавача в межах певного часу та потужності; наприклад, допускаючи визначений відсоток активності передавання на деяких наперед встановлених рівнях потужності передавання. Формально, робочий цикл DC визначається за формулою:

$$DC = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}}. \quad (1)$$

Можливе використання DC як методу пасивного ослаблення, за винятком факту встановлення певної границі для попередньо визначеного передавача, полягає в тому, що, враховуючи заздалегідь визначені норми потужності, що накладаються на передавальне обладнання за стандартом, прийняття додаткових або більш точних норм робочого циклу може дозволити такому обладнанню збільшити рівень випроміненої потужності або, навпаки, зменшення рівню потужності передавання може дозволити пристрою UWB використовувати більш високий цикл роботи. На рис. 1 визначено параметри робочого циклу. Можна відзначити, що  $T_{on}$  і  $T_{off}$  відносяться до всієї тривалості імпульсу кадру UWB, і вони не пов'язані з часом повторення імпульсів.

Можна відзначити, що для багатьох норм робочого циклу, визначених для UWB, не передбачено рівномірної залежності робочого циклу відносно потужності сигналу, що передається. У певних випадках допускається лише фіксоване значення DC, що дозволяє збільшити обмеження на потужність випромінювання. Як приклад, пристрою, що працює в смузі частот 3,1 ГГц – 4,8 ГГц і використовується в автомобільних системах, дозволено працювати з рівнем щільності потужності мінус 70 дБм/МГц зі 100 % робочим циклом або на рівні мінус 41,3 дБм/МГц з 5 % робочим циклом.

Механізму виявлення та уникнення (DAA) засновано на визначенні різних зон, для яких дозволяється відповідний рівень потужності UWB випромінювання (максимальна середня спектральна густина EIRP). Блок-схема DAA наведена на рис. 2. Цей механізм дозволяє, насамперед, забезпечити співіснування технології надширококутового доступу з активними системами.

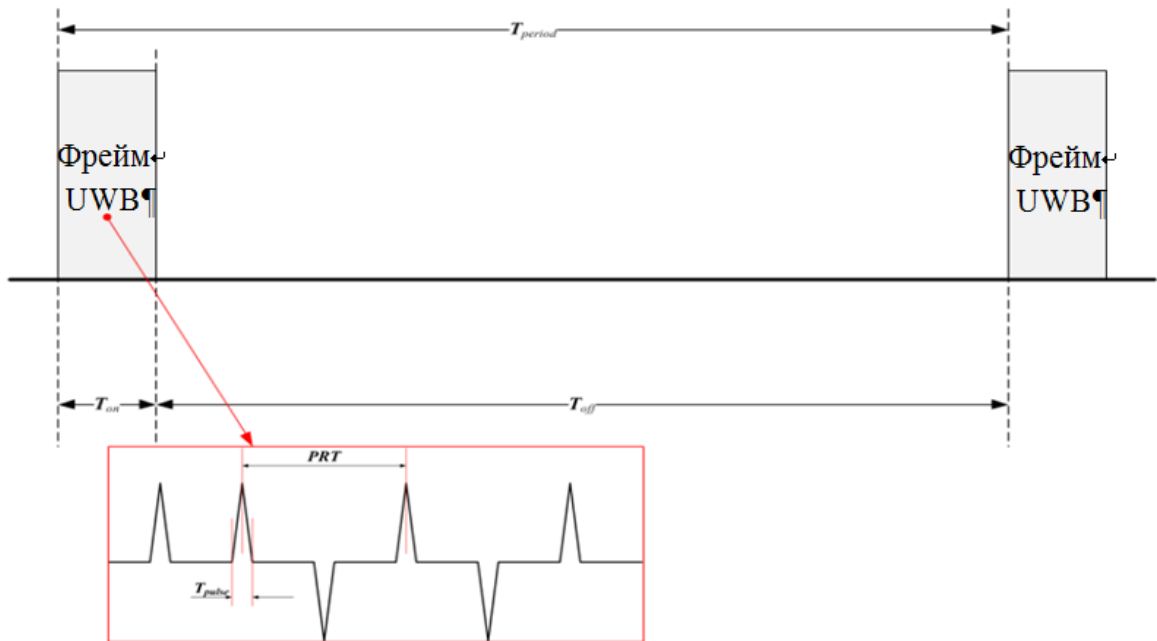


Рисунок 1 – Визначення параметрів робочого циклу

У першій зоні пристрій UWB повинен працювати з рівнем випромінювання мінус 80 дБм/МГц або мінус 70 дБм/МГц. В останній зоні пристрій UWB може працювати без обмежень до максимально дозволеного рівня потужності мінус 41,3 дБм/МГц. Між цими крайніми зонами для смуги частот 3,4 – 4,8 ГГц визначається перехідна зона.

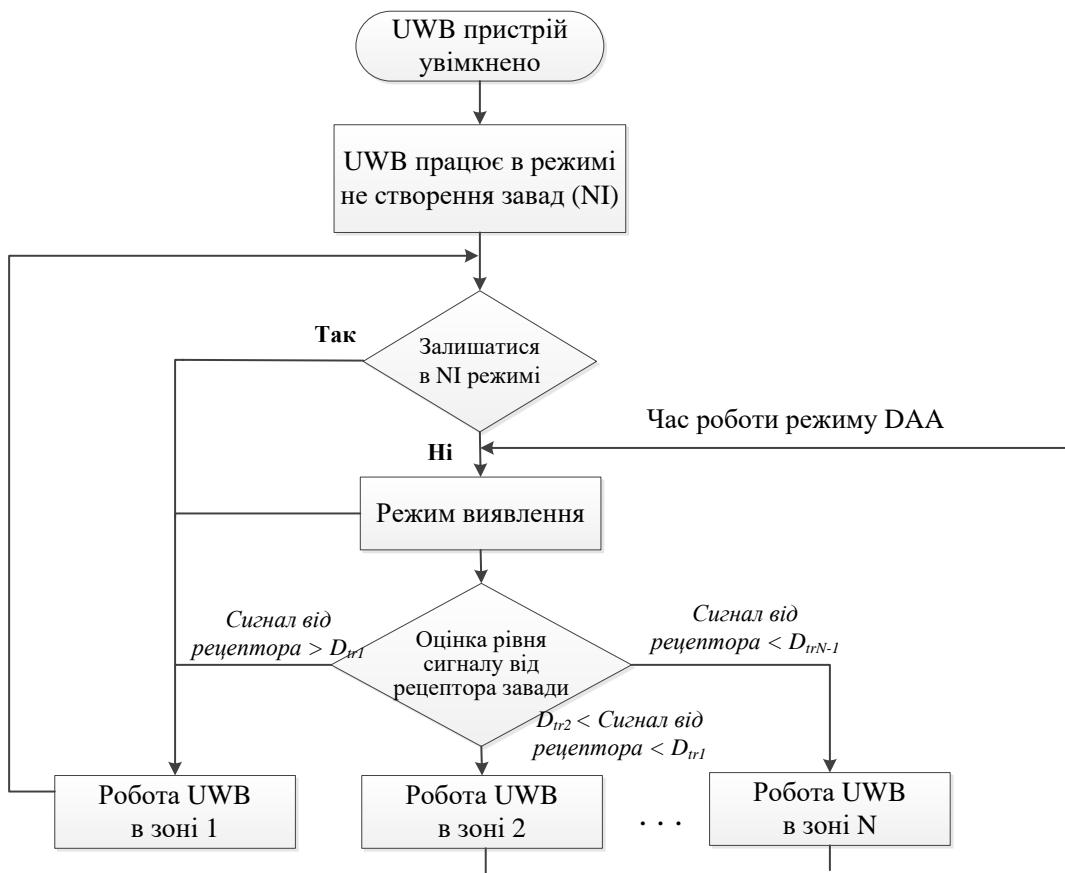


Рисунок 2 – Принцип механізму DAA з декількома зонами

Перед початком роботи UWB пристрій UWB повинен здійснювати моніторинг радіочастотного середовища протягом мінімального часу, щоб виявити будь-який активний сигнал рецептора завади. На підставі результату цього процесу виявлення пристрій UWB повинен визначити відповідну зону, яку він займає, і відповідно реагувати на конкретну ситуацію.

Механізм прослуховування перед передаванням (LBT) ґрунтується на принципі виявлення пристроєм UWB радіоелектронного засобу радіослужби, що може стати потенційним рецептором завади. У разі якщо рівень сигналу від радіоелектронного засобу радіослужби перевищує заданий та регульований рівень, то відбувається вимкнення або зменшення потужності передавача.

Техніка пом'якшення LBT використовується для захисту засобів служб радіозв'язку у таких смугах частот:

- від 1,215 ГГц до 1,4 ГГц і від 2,7 ГГц до 3,4 ГГц (радіолокатори в смузі L і S);
  - сухопутна рухомої служба в смузі від 2,5 ГГц до 2,69 ГГц;
  - застосування рухомого супутникового радіозв'язку в смузі від 1,61 ГГц до 1,66 ГГц.
- Детальний механізм функціонування наведений на рис. 3.

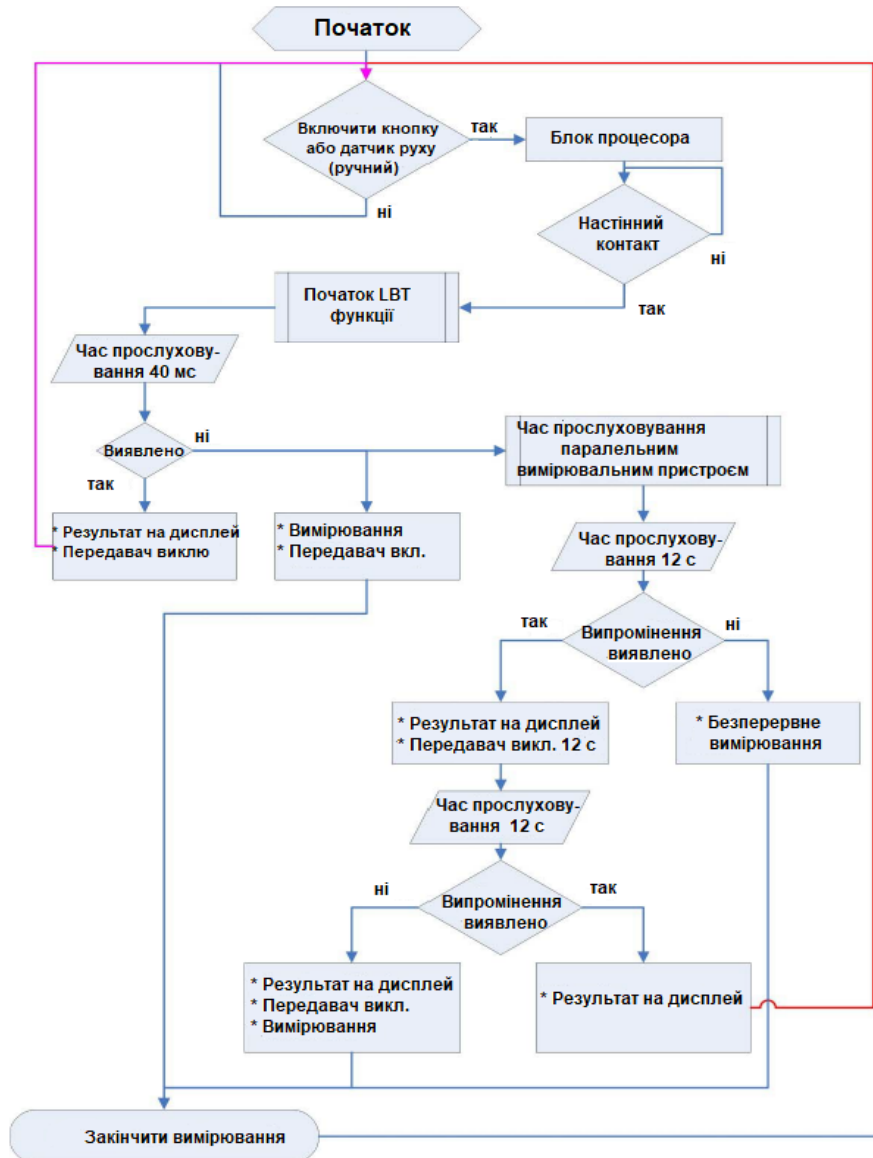


Рисунок 3 – Структурна схема LBT

Керування потужністю передавання – вимагає, щоб передавач зменшував потужність сигналу, що передається, на фіксовану величину відносно його нормальних умов роботи, доки не буде виявлено конкретну потребу в передаванні, тобто, поки сам пристрій не виявить необхідність роботи на повну потужність. Ця фіксована кількість потужності називається "динамічний діапазон TRC".

Приклад керуванням потужності для пом'якшення завади наведений на рис. 4.

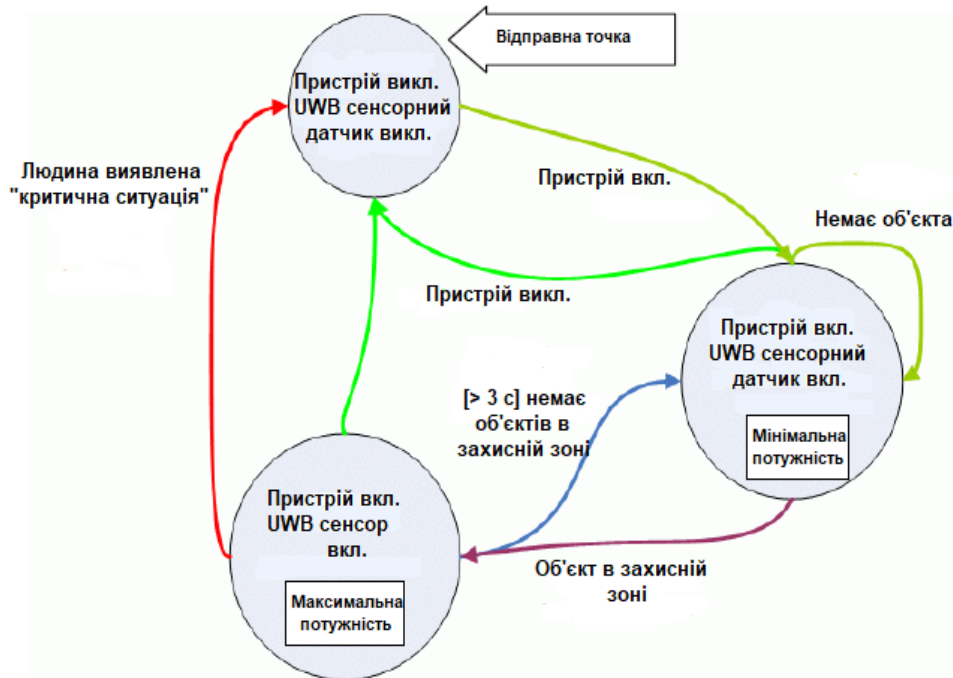


Рисунок 4 – Процедура TRC

Функціональна схема керування потужністю передавання працює таким чином:

- у початковому стані пристрій "OFF", UWB датчик не передає;
- коли пристрій виходить в стан "ON", він починає передавати мінімальну дозволена потужність, яка визначається як максимально дозволена потужність мінус визначений динамічний діапазон TRC;
- коли пристрій відчуває необхідність працювати на повну потужність (тобто, об'єкт в області захисту), пристрій збільшує передану потужність до максимально допустимої;
- коли пристрій відчуває, що більше не потрібно працювати на повну потужність, він входить в стан "OFF", або зменшує потужність передавання;
- пристрій вимикається у разі виникнення критичної ситуації.

#### 4 ВИСНОВОК

Технологія UWB заснована на використанні імпульсних сигналів малої тривалості, завдяки чому ширина частотної смуги становить понад 500 МГц. Така особливість дозволяє працювати UWB пристроям у складних умовах поширення радіохвиль. Системи UWB знаходять широке застосування як у громадянській сфері, так і в аварійних службах для відстеження місцезнаходження об'єктів в екстремальних обставинах. При передаванні даних UWB технологія забезпечує високу швидкість лише на невеликій відстані (до 10 м). Пристрої, які працюють за технологією UWB, через використання широкого спектру здатні створювати завади багатьом радіочастотним службам. Для зменшення впливу завад існують чотири методи – використання низького робочого циклу (LDC), механізм виявлення та уникнення (DAA), механізм прослуховування перед передаванням (LBT), керування потужністю пере-

давання (TRC). Перелічені методи здатні відрегулювати потужності UWB пристроїв до рівня, який не загрожує усій роботі відповідних служб, але вибір конкретного методу залежить від поточних обставин.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Рекомендація ITU-R SM.1755. Характеристики надширокопasmової технології, 2006 - 20 с.
2. ECC Report 64. Вимоги до захисту систем радіозв'язку від загальних застосувань UWB в смугах частот нижче 10,6 ГГц, 2005. – 91 с.
3. ECC Report 170. Специфічні UWB застосування в смугах частот 3,4 – 4,8 ГГц та 6 – 8,5 ГГц LAES та LT2 та сенсорні застосування визначення місцезнаходження для автомобільних та транспортних засобів, 2011. – 106 с.
4. Звіт CEPT для Європейської Комісії у відповідь на мандат Узгодити використання радіоспектра UWB систем в Європейському Союзі, 2005. – 19 с.

#### REFERENCES

1. Recommendation ITU-R SM.1755. Characteristics of ultra-wideband technology, 2006 – 20p.
2. ECC Report 64. The protection requirements of radiocommunication systems below 10.6 GHz from Generic UWB applications, 2005. – 91 p.
3. ECC Report 170. Specific UWB Applications in the bands 3.4 – 4.8 GHz and 6 - 8.5 GHz Location Tracking Applications for Emergency Services (LAES), location tracking applications type 2 (LT2) and location tracking and sensor Applications for automotive and transportation environments (LTA), 2011. – 106 p.
4. CEPT Report 009. Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate to: Harmonize radio spectrum use for Ultra-Wideband Systems in the European Union, 2005. – 19 p.