

УДК 621.394

**Євграфов Дмитро Вікторович,**кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
провідний науковий співробітник ДНДІ МВС України,  
м. Київ, Україна,

ORCID ID 0000-0001-9651-1558

**Заїчко Костянтин Вікторович,**начальник науково-дослідного відділу ДНДІ МВС України,  
м. Київ, Україна,

ORCID ID 0000-0001-5987-3197

**Коляда Ростислав Іванович,**науковий співробітник ДНДІ МВС України,  
м. Київ, Україна,

ORCID ID 0000-0003-2023-9185

## АЛГОРИТМ ОБРОБЛЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНИХ СИГНАЛІВ УКХ-РАДІОСТАНЦІЙ, МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ ЯКИХ ВИЗНАЧАЄТЬСЯ ГІПЕРБОЛІЧНИМ МЕТОДОМ

Розглянуто гіперболічну систему визначення координат ультракороткохвильових радіостанцій типу Walky-talky. Синтезовано асимптотично оптимальний алгоритм оброблення сигналів, який порівнює еталонний сигнал центрального поста і ретрансльований сигнал з бокового посту. Показано застосування сучасних SDR-технологій і обґрунтовано алгоритм оброблення сигналів, який у кращий спосіб оцінює відносні затримки їх надходження на приймальні пости. Показано, що оброблення сигналів відбувається через пошук абсолютного максимуму в багатоканальній системі розрахунку функціонала співвідношення правдоподібності. Каналу, у якому сигнал максимальний, відповідає індекс часу  $\tau$  і відповідна оцінка відносної затримки для побудови гіперболи місцезнаходження радіостанції. Проаналізовано якість оцінювання індексів часу та знайдено похибки визначення часу затримки. Оцінено похибки визначення місцеположення радіостанцій для безпомилкового визначених координат постів приймання  $\tau$  у випадку, коли координати визначені з помилками сучасної загальнодоступної GPS-навігації.

**Ключові слова:** гіперболічні методи визначення місцеположення координат радіостанції, функціонал співвідношення правдоподібності, приймач максимальної правдоподібності, розподілення абсолютного максимуму диференційованого у середньоквадратичному процесі, точність оцінювання відносного часу затримок.

Рассмотрена гиперболическая система определения координат ультракоротковолновых радиостанций типа Walky-talky. Синтезирован асимптотически оптимальный алгоритм обработки сигналов, который сравнивает эталонный сигнал центрального поста и ретранслированный сигнал с бокового поста. Показано

© Ievgrafov Dmytro, Zaichko Kostiantyn, Koliada Rostyslav, 2020

DOI (Article): [https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2\(61\).3](https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2(61).3)

Issue 2(61) 2020

<http://suchasnaspetstehnika.com/>

*использование современных SDR-технологий и обоснован алгоритм обработки сигналов, который лучшим образом оценивает задержки их поступления на приемные посты. Показано, что обработка сигналов осуществляется поиском абсолютного максимума в многоканальной системе расчета функционала отношения правдоподобия. Каналу, в котором сигнал максимальный, соответствуют индекс времени и соответствующая оценка относительной задержки для построения гиперболы местоположения радиостанции. Проанализировано качество оценивания индексов времени и найдены ошибки определения времени запаздывания. Оценены ошибки определения местоположения радиостанции для безошибочно определенных координат постов приема и в случае, когда координаты определены с ошибками современной общедоступной GPS-навигации.*

**Ключевые слова:** *гиперболические методы определения местоположения координат радиостанции, функционал соотношения правдоподобия, приемник максимального правдоподобия, распределение абсолютного максимума дифференцированного в среднеквадратическом процессе, точность оценивания относительного времени задержек.*

### Постановка завдання

Останнім часом злочинні угруповання застосовують для зв'язку широко доступні УКХ-радіостанції типу Walky-talky, контроль над якими поширюється лише у питаннях застосування ліцензійних частот роботи засобів. Зміст розмов та пеленгування радіостанцій не є пріоритетом державних установ з контролю радіочастотного спектра. Цим і користуються знахабнілі злочинці, які все частіше координують свої дії за допомогою радіостанцій Walky-talky. У цих умовах для МВС України постає задача створення мобільної системи пеленгування засобів УКХ-зв'язку, яка дозволяла б виявити місцезнаходження членів злочинного угруповання з метою перешкодження злочинним намірам і нейтралізації загроз для майна громадян.

Розглянемо радіомережу, створену УКХ-радіостанціями, що випромінюють звичайні FM-модульовані голосом сигнали й належать до засобів типу Walky-talky (див. рис. 1). Нехай місцерозташування радіостанцій визначаються системою із трьох постів прийому (ПП) ПП1-ПП3, а координати на місцевості – гіперболічним (різничево-дальномірним) методом (див. рис. 2) на центральному посту прийому – ПП2 шляхом ретрансляції сигналу з бокових постів ПП1 та ПП3 по каналах зв'язку.

Гіперболічний метод визначення місцерозташування радіостанцій обрано тому, що:

- він не потребує спрямованих антен, які є демаскуючим фактором засобу, що визначає координати джерел радіовипромінювань;
- вплив багатопронемовості, обумовлений відбиттям хвиль від будинків та скель, легше може бути врахованим у майбутньому з використанням мап місцевості і планів забудівлі району.

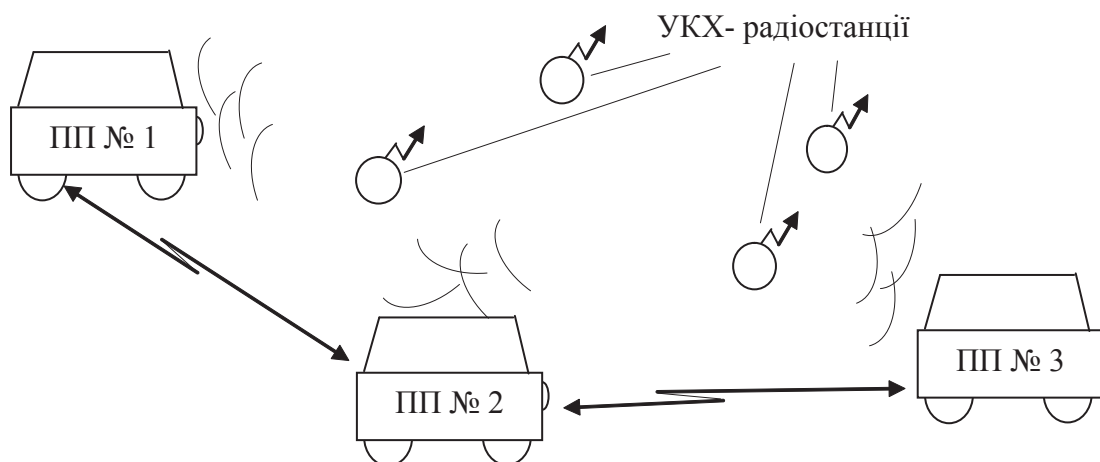


Рис. 1. Структура системи визначення місцеположення УКХ-радіостанцій

Нехай:

- усі три оператори ПП налаштовані на робочу частоту УКХ-радіостанції, а сигнали приймаються приймачем центрального посту з розбірливістю на “відмінно”;
- затримки сигналів з бокових постів  $\tau$ , обумовлені їх проходженням по трактах приймачів та ретрансляцією, відомі та фіксовані;
- не береться до уваги багатопроменевість, обумовлена відбиттям хвиль від будинків та скель.

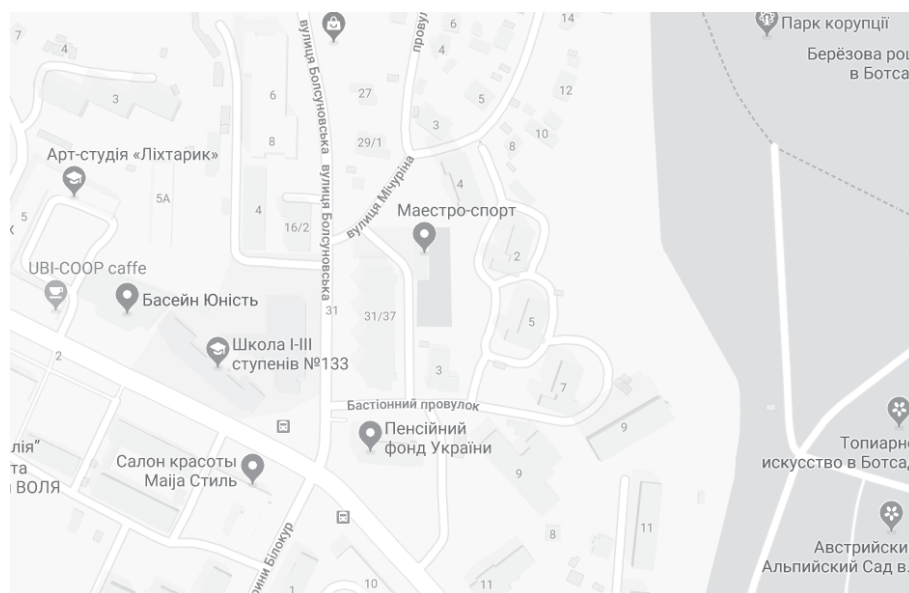


Рис. 2. Гіперболічний метод визначення місцеположення УКХ-радіостанцій

Затримка сигналів визначається їх порівнянням на виходах частотних детекторів приймача ПП2 –  $U_2(t)$  та прийнятого, наприклад, з лівого бокового

© Ievgrafov Dmytro, Zaichko Kostiantyn, Koliada Rostyslav, 2020

DOI (Article): [https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2\(61\).3](https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2(61).3)

Issue 2(61) 2020

<http://suchasnaspetstehnika.com/>

посту ПП1 і ретрансльованого на центральний –  $U_1(t)$ . Нехай приймачі ПП побудовані на основі сучасних SDR-технологій, які дають можливість обробляти сигнали у смузі до  $\Delta f = 3$  ГГц, застосовуючи для цього період дискретизації за Шеноном-Котельниковим  $T_d \leq 1/2\Delta f \approx 1,67 \cdot 10^{-10}$  с. Оцифровуватиме з максимально можливою на сьогодні частотою дискретизації  $f_d = 1/T_{d \max} = 6$  ГГц сигнали частотна-модульованих УКХ-радіостанцій, девіація яких становить  $\Delta f_c = 5 \div 10$  кГц, точно налаштувавшись на несну частоту радіостанції  $f_0 = 172 \div 185$  МГц,  $435 \div 440$  МГц.

Сигнали, що приймаються, зі смугою у  $\Delta f_{c \max}$  спочатку переносяться на проміжні частоти більші за  $f_{\text{пр}} = 1,5$  ГГц, а потім SDR-приймач зі смугою аналізу у  $\Delta f = 3$  ГГц, налаштований на  $f_{\text{пр}}$ , демодулює їх і подає відліки обгинаючи  $U_{2k}$  з  $T_d \approx 1,67 \cdot 10^{-10}$  с (див. рис. 3) на пристрій оброблення.

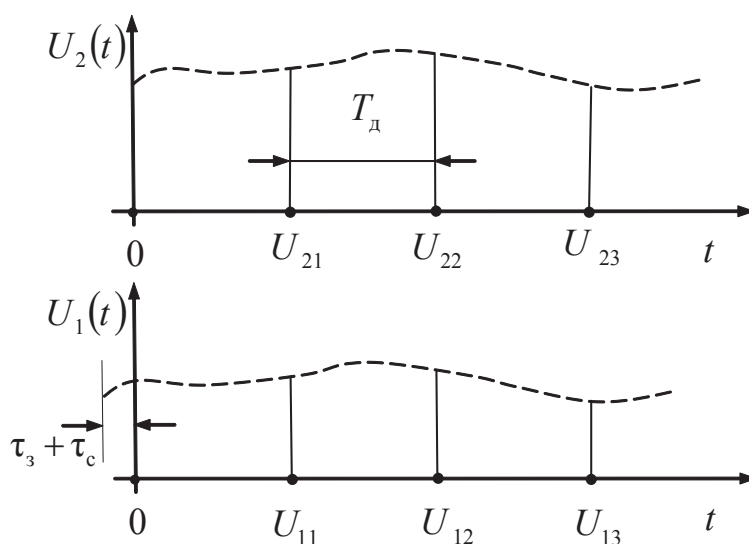


Рис. 3. Відліки сигналів на виходах частотних детекторів приймачів постів прийому

Якщо сигнал ретрансльується з бокового посту, то по каналу зв'язку він передається на частоті  $f_{\text{пр}}$ , а потім на центральному посту подається на SDR-приймач зі смугою аналізу у  $\Delta f = 3$  ГГц і демодулюється у вигляді відліків  $U_{1k}$ . Обробленням відліків  $U_{1k}$  та  $U_{2k}$  оцінюється час затримки  $\tau_3$  і знаходиться гіпербола для ПП1 та ПП2, а відповідним обробленням відліків  $U_{3k}$  та  $U_{2k}$  – оцінюється час затримки і знаходиться гіпербола для ПП3 та ПП2.

*Мета роботи* – синтезувати алгоритм асимптотично оптимального оброблення сигналів на центральному пості, з метою найкращого оцінювання затримки сигналу, пов'язаною з різницею відстаней від УКХ-радіостанції до відповідних постів приймання –  $\tau_3$ .

*Синтез асимптотично оптимального алгоритму оброблення*

Спростимо задачу синтезу, вважаючи момент надходження сигналу на центральний пост  $\tau_0$  відомим, а сигнал на виході частотного детектора центрального поста – еталонним і таким, що не піддавався впливу шуму в радіоелектронній апаратурі:

© Ievgrafov Dmytro, Zaichko Kostiantyn, Koliada Rostyslav, 2020

DOI (Article): [https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2\(61\).3](https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2(61).3)

Issue 2(61) 2020

<http://suchasnaspetstehnika.com/>

$$U_2(t) = \begin{cases} A \cdot a(t), & t_0 < t \leq t_0 + \tau_n; \\ 0, & t \leq t_0, t > t_0 + \tau_n, \end{cases} \quad (1)$$

де  $A$  – амплітуда,  $a(t)$  – деяка нормована обгинаюча безперервного еталонного сигналу,  $a(t) \in [0, 1]$ ,  $\tau_n$  – тривалість повідомлення. Сигнал (1) може бути отриманий подачею вихідного сигналу частотного детектора на пороговий пристрій з передаточною характеристикою

$$f(x) = \begin{cases} x, & x > h; \\ 0, & x \leq h, \end{cases}$$

де  $h$  – деякий поріг виявлення, вищий за рівень шуму на виході частотного детектора, коли корисного сигналу немає.

Ретрансльований сигнал на виході частотного детектора каналу зв'язку майже завжди (за не занадто великих індексах модуляції) можна для спрощення подати у вигляді вихідного сигналу амплітудного детектора:

$$U_1(t) = \sqrt{\left[ \frac{A_1}{\sqrt{2}} a(t - \tau_{s0} - \tau_c) + n_c(t) \right]^2 + \left[ \frac{A_1}{\sqrt{2}} a(t - \tau_{s0} - \tau_c) + n_s(t) \right]^2}, \quad (2)$$

де  $A_1$  – амплітуда сигналу на виході каналу зв'язку,  $\tau_{s0}$  – відносно ПП2 затримка надходження сигналу на ПП1,  $n_c(t), n_s(t)$  – незалежні квадратури центрованого гаусівського шуму, привнесеного у сигнал приймачем каналу зв'язку та приймально-передавальною апаратурою бокового посту, дисперсія яких дорівнює:

$$\sigma^2 = \Delta f_{c \max} N_0, \quad (3)$$

$N_0$  – сумарна спектральна густина тужності білого гаусівського шуму приймача каналу зв'язку та приймально-передавального тракту бокового посту.

Оскільки йдеться про оцифровані сигнали, у якості достатньої статистики візьмемо вираз для логарифму функціонала співвідношення правдоподібності (ФСП) дискретно-аналогового алгоритму виявлення сигналу після детектора для  $A/s \gg 1$ , який за умови  $t_0 = 0$ , з урахуванням того, що оцінити час затримки можна з точністю, не кращою за еталон часу – період дискретизації АЦП, можна подати у вигляді [2]:

$$L_2[U_{1k}, U_{2k}, A, N, m] = \sum_{k=1}^N \ln I_0 \left( \frac{U_{2k} U_{1(k+m)}}{\sigma^2} \right) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{k=1}^N U_{2k}^2 \Big|_{\frac{A}{\sigma} \gg 1} \approx -\frac{A^2}{2\sigma^2} \sum_{k=1}^N a^2(T_d k) + \frac{A}{\sigma^2} \sum_{k=1}^N a(T_d k) U_1(T_d(k+m)), \quad (4)$$

де  $U_{2k} = U_2(T_d k) = Aa(T_d k)$ ,  $U_{1k} = U_1(T_d k)$  – відліки обгинаючих сигналів;  
 $N = \text{int}[\tau_n / T_d]$  – кількість відліків у виборці сигналу,  $\text{int}[x]$  – ціла частина від  $x$ ,  
 $\tau_n$  – тривалість повідомлення, що лунає в ефірі.

У ФСП (4) параметри  $\tau_c$ ,  $\tau_{30}$  – фіксовані та відомі,  $A$ ,  $\tau_n$  – невідомі та неінформативні, а  $m$  – невідомий індекс часу, який необхідно оцінити. Перетворення (4) до вигляду, що дозволяє отримати алгоритм оброблення сигналів, розглядалися у роботах [3–5] і полягали в тому, що асимптотично оптимальний (при наближенні співвідношення сигнал/шум до нескінченності) алгоритм отримується заміною всіх невідомих неінформативних параметрів їхніми максимально правдоподібними оцінками. При цьому вираз для ФСП максимізується за кожним невідомим параметром.

Максимізація (4) по  $\sigma$  призводить до виразу для ФСП:

$$L_1[U_{1k}, U_{2k}, N, m] = \max_{\sigma \ll A < \infty} L_2[U_{1k}, U_{2k}, A, N, m] = \frac{\left[ \sum_{k=1}^N a(T_d k) U_1(T_d(k+m)) \right]^2}{2\sigma^2 \sum_{k=1}^N a^2(T_d k)}. \quad (5)$$

Повідомлення, що лунають в ефірі у середньому тривають від десятих секунд до декількох секунд:  $\tau_n \approx 0,2 \div 3$  с. Для обраної частоти дискретизації  $f_d = 6$  ГГц параметр  $N$  змінюється від  $N_{\min} = f_d \tau_{n \min} = 1,2 \cdot 10^9$  до  $N_{\max} = f_d \tau_{n \max} = 1,8 \cdot 10^{10}$ , а для  $m \in [m_{\min}, m_{\max}]$ ,  $m_{\min}$ ,  $m_{\max}$  – мінімальний та максимальний індекси затримки, остаточний вираз для ФСП виглядатиме:

$$L[U_{1k}, U_{2k}] = \max_{\substack{N_{\min} \leq N \leq N_{\max} \\ m_{\min} \leq m \leq m_{\max}}} L_1[U_{1k}, U_{2k}, N, T_d, m] = \max_{m_{\min} \leq m \leq m_{\max}} L_1[U_{1k}, U_{2k}, N_{\max}, m], \quad (6)$$

де

$$L_1[U_{1k}, U_{2k}, N_{\max}, m] = \frac{\left[ \sum_{k=1}^{N_{\max}} U_2(T_d k) U_1(T_d(k+m)) \right]^2}{2\sigma^2 \sum_{k=1}^{N_{\max}} U_2^2(T_d k)}. \quad (7)$$

Відповідно до (6) асимптотично оптимальний (при наближенні співвідношення сигнал/шум до нескінченності) алгоритм оброблення сигналів з ПП1 та ПП2 для

© Ievgrafov Dmytro, Zaichko Kostiantyn, Koliada Rostyslav, 2020

DOI (Article): [https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2\(61\).3](https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2(61).3)

оцінювання індексу затримки  $m_{12}$  та відповідного часу затримки, який відповідає першій гіперболі –  $\tau_{31} = T_d m_{12}$ , складатиметься (див. рис. 4) з двох  $m_{\max} + 1$  – канальних ліній затримки,  $2m_{\max} + 1$  – каналів, у яких розраховуються ФСП (7) для різних значень  $m \in [-m_{\max}, m_{\max}]$ , пристрою вибору максимуму (ПВМ), який відшукує максимальне значення й обирає номер каналу за виразом:

$$\hat{m}_{12} = \arg(\sup[L_1[U_{1k}, U_{2k}, N_{\max}, m]]),$$

де  $\sup(x)$  – абсолютний максимум від  $x$ ,  $\arg(x)$  – аргумент функції. Аналогічну оцінку  $\hat{m}_{32}$ , отриману через порівняння відліків  $U_{3k}$  з  $U_{2k}$ , у другому пристрої оцінювання індексів часу, разом з першою оцінкою подають на пристрій розрахунку місцерозташування УКХ-радіостанції, роботу якого в цій статті не розглядатиме.

Кожний  $N_{\max}$ ,  $m$ -канал розрахунку ФСП складається з двох  $N_{\max}$  – канальних ліній затримки та розрахункового пристрою (РП). Розрахунки в РП здійснюються відповідно до (7). Для проілюстрованого на рис. 4 випадку  $m_{\max} = 2$ , а каналів розрахунку ФСП – п'ять. Зрозуміло, що коли йдеться про  $m$ -канальну та  $N$ -канальну ліній затримки мається на увазі зсув у часі сигналу на  $T_d m$  та  $T_d N$ , відповідно, шляхом пересування оцифрованих напруг у регістрах зсуву.

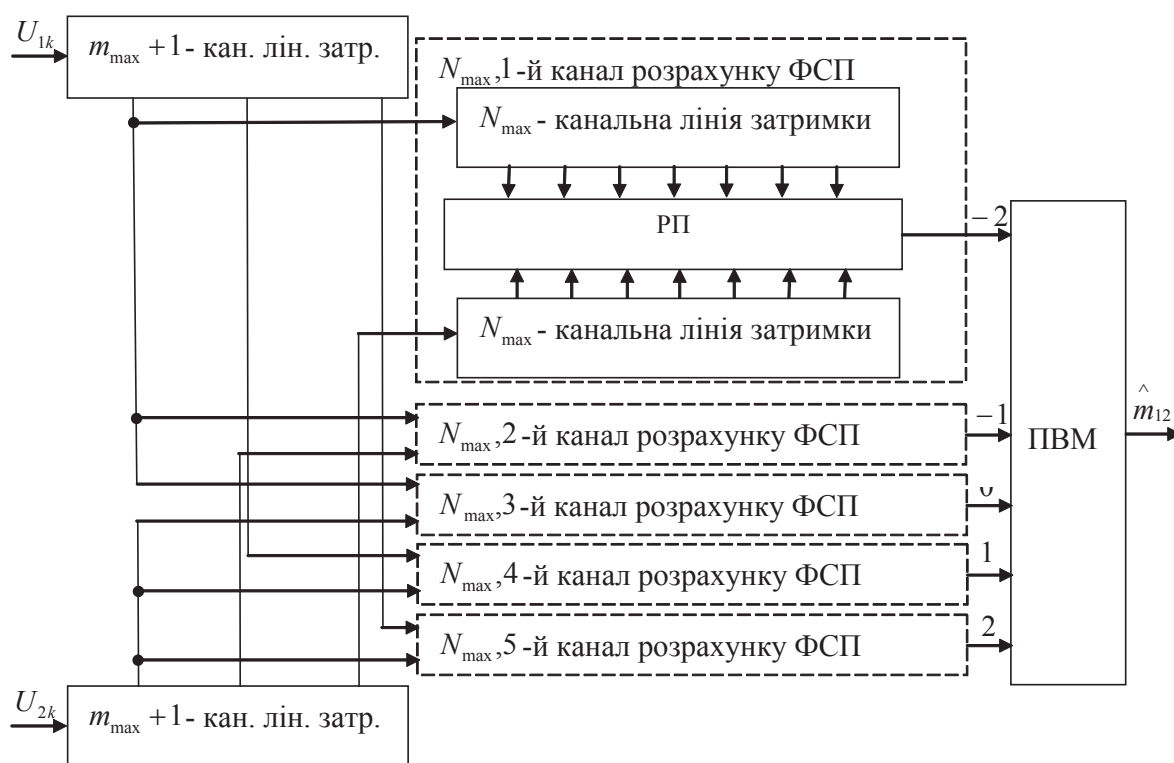


Рис. 4. Пристрій оцінювання індексів часу

*Точність оцінювання часу затримок*

Середньоквадратичне відхилення оцінки різниці часу приходу сигналів  $\sigma_\tau$ , вочевидь, не може бути кращою за  $T_d$   $T_d$ :

$$\sigma_\tau = \sqrt{T_d^2 + T_d^2 \sigma_m^2}, \quad (8)$$

де  $\sigma_m$  – середньоквадратичне відхилення оцінки індексів часу,  $m \in [-m_{\max}, m_{\max}]$ .

*Точність оцінювання координат УКХ-радіостанцій*

Спочатку розв'яжемо задачу спрощено, коли:

- не береться до уваги пропускна спроможність РП;
- координати всіх ПП визначені без похибок;
- максимальний індекс затримки  $m_{\max}$  є достатньо великим і покриває всю зону визначення гіпербол місцезосташування УКХ-радіостанцій.

У цьому випадку точність визначення УКХ-радіостанції на мапі місцевості розраховується відповідно до виразу [1, с. 337]:

$$\sigma_k = \frac{\sigma_\tau c}{2 \sin\left(\frac{\varphi_1 \pm \varphi_2}{2}\right)} \sqrt{\frac{1}{\sin^2\left(\frac{\varphi_1}{2}\right)} + \frac{1}{\sin^2\left(\frac{\varphi_2}{2}\right)}}, \quad (9)$$

де  $\varphi_1, \varphi_2$  – кути, зображені на рис. 2,  $c$  – швидкість поширення радіохвиль у вільному просторі. У нашому випадку місцезосташування ПП не може визначитися з нульовою похибкою. Тому вираз для розрахунку точності визначення місцезосташування УКХ-радіостанцій повинен враховувати незалежні похибки визначення координат трьох ПП:

$$\sigma \approx \sqrt{\sigma_k^2 + 3\sigma_{\text{мп}}^2}, \quad (10)$$

де  $\sigma_{\text{мп}}$  – точність визначення місцезосташування ПП на мапі місцевості.

Якщо в якості  $\sigma_{\text{мп}}$  в (10) обрати точність визначення за допомогою GPS-технологій з прив'язкою до мапи місцевості, а в якості  $\sigma_\tau$  в (9) обрати максимальну похибку  $\sigma_\tau = 10^{-10}$  с,  $\sigma_{\text{мп}} = 10$  м,  $\sigma_{\text{мп}} = 10$  м, точність визначення місцезосташування, з урахуванням (8), дорівнюватиме: від 17 до 55 метрів залежно від розташування ПП та УКХ-засобів зв'язку ЗУ.

Проте в цих розрахунках не враховано помилок, що обумовлені відбиттям хвиль від високих будинків та скель.

## Висновки

1. Асимптотично оптимальний (при збільшенні до нескінченності співвідношення сигнал/шум) алгоритм оцінювання часів затримок сигналів з бокового посту стосовно центрального посту є багатоканальною системою розрахунків функціонала співвідношення правдоподібності та пошуку каналу з максимальною амплітудою, яку легко реалізувати з використанням сучасних цифрових технологій.



2. Отримані результати синтезу є вагомими лише для задовільних показників якості оцінювання затримок  $\tau_{31}$  та  $\tau_{32}$ . Оскільки відкритими залишаються питання подібного оцінювання, головною метою подальших досліджень має стати аналіз отриманого алгоритму оброблення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Радиотехническая разведка / под редакцией Ю.А. Смирнова. Москва: Воениздат, 2001. 456 с.
2. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Москва: Радио и связь, 1989. 656 с.
3. Евграфов Д.В. Строгий анализ алгоритма обнаружения сигналов неизвестной длительности. Радиоэлектроника. 2007. № 10. С. 76–80 (Изв. высш. учеб. заведений).

## REFERENCES

1. Smirnov, Yu. A. (2001) Radiotekhnicheskaya razvedka. "Electronic Intelligence". M.: Voenizdat. 456 p. [in Russian].
2. Levin, B.R. (1969) Teoreticheskiye osnovy statisticheskoy radiotekhniki. "Theoretical Foundations of Statistical Radio Engineering Means". Book 1. Moscow: Sov. Radio. 752 p. [in Russian].
3. Yevgrafov, D.V. (2007) Strogiy analiz algoritma obnaruzheniya signalov neizvestnoy dlitelnosti. "Strict Analysis of Algorithms for Detecting Signals of Unknown Duration. Radioelectronics 10, 76–80. (Publishing house of the higher education institutions) [in Russian].

UDC 621.394

**Ievgrafov Dmytro,**

Candidate of Technical Sciences, senior researcher, Leading Researcher  
of the State Research Institute MIA Ukraine, Kyiv, Ukraine,  
ORCID ID 0000-0001-9651-1558

**Zaichko Kostiantyn,**

Head of the Department  
of the State Research Institute MIA Ukraine, Kyiv, Ukraine,  
ORCID ID 0000-0001-5987-3197

**Koliada Rostyslav,**

research officer of the State Research Institute MIA Ukraine,  
Kyiv, Ukraine,  
ORCID ID 0000-0003-2023-9185

### ALGORITHM OF PROCESSING OF CONSTANT SIGNALS OF UHF- RADIO STATIONS, WHICH LOCATION IS DETERMINED BY THE HYPERBOLIC METHOD

The reasons for the activation of criminal groups in the use of publicly available means of communication to organize interaction in the implementation of their criminal intentions are considered. The reason for the construction of a system for determining the location of the work of communication facilities is substantiated. A hyperbolic

© Ievgrafov Dmytro, Zaichko Kostiantyn, Koliada Rostyslav, 2020

DOI (Article): [https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2\(61\).3](https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2(61).3)

Issue 2(61) 2020

<http://suchasnaspetstehnika.com/>

system for determining the coordinates of Walky-talky ultra-shortwave radio stations is considered. The reasons for choosing the hyperbolic method for the determination of coordinates are substantiated. Synthesis restrictions have been introduced that do not take into account the multipath propagation of radio waves due to their reflections from elevated areas or building structures. An asymptotically optimal signal processing algorithm has been synthesized, which compares the reference signal of the central post and the relayed signal from the side post. For simplicity, it is believed that the signal relayed from the side post has amplitude modulation. The use of modern SDR technologies is shown and the signal processing algorithm is justified, which best estimates the delays in their arrival at reception posts. The use of modern SDR technologies is shown and the signal processing algorithm is justified, which best estimates the delays in their arrival at reception posts. It is shown that signal processing is carried out by searching for the absolute maximum in a multichannel system for calculating the likelihood ratio functional. The channel, in which the signal is maximum, corresponds to a time index and a corresponding estimate of the relative delay for constructing a hyperbola of the location of the radio station. The quality of the estimation of time indices is analyzed and errors in determination of the delay time are found. The errors of determination of the location of the radio station for the error-free coordinates of the reception posts and in the case when the coordinates are determined with the errors of modern public GPS navigation are estimated. It is concluded that further studies of the possibilities of the hyperbolic method for the determination of the location of ultra-shortwave radio stations make sense only with a detailed analysis of errors in determining the difference in the signal arrival time indices.

**Keywords:** hyperbolic methods for determining the location of the coordinates of the radio station, likelihood ratio functional maximum likelihood receiver, distribution of the absolute maximum of the differentiated in the mean square process, the accuracy of estimation of the relative delay time.

Отримано 15.04.2020