

мережах // Вісн. ІПМЕ НАНУ. – 2006. – № 34. – С. 108–115. 6. Atmel Corp. Datasheet “AT91 ARM[®] Thumb[®] – based Microcontrollers”, 2005. 7. LMX9820 Bluetooth[™] Serial Port Module, Rev. 0.731, December 2004. 8. Cypress Semiconductor Corp. AN 2294 “Li-Ion/Li-Polymer Battery Charger with Fuel Gauge Function”, 2006. 9. Сокил В.М. Генератор випадкових чисел // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2004. – № 523. – С. 127–134. 10. LMX9820/LMX9820A Bluetooth Serial Port Module – Software Users Guide, Rev. 1.6.1, November 2004.

УДК 624.941

С.Ю. Спіченко

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних засобів інформаційно-комп’ютерних технологій

МЕТОД ПАСИВНОЇ ЛОКАЦІЇ ДЖЕРЕЛА КВАЗІПЕРІОДИЧНОГО СИГНАЛУ

© Спіченко С.Ю., 2006

Запропоновано метод пасивної локації джерела квазіперіодичного сигналу, незалежного від періоду повторення сигналу, його можливої широкосмуговості та наявності випадкової складової з можливістю визначення координат джерела сигналу однозначно та з наперед заданою точністю. Наведено послідовність його реалізації.

A method of quasi-periodic signal passive location is proposed. The method is not dependent on the period of signal, its possible wide bandwidth factor and random component presence. It has a possibility of position data to be determined uniquely or with a preset accuracy. Execution sequence of the method is presented.

Вступ

Методи пасивної локації джерел просторових сигналів, наприклад, звукових коливань, в яких координати джерела сигналу встановлюють як точку перетину пеленгів або геометричних місць точок можливого знаходження джерела сигналу, є досить поширеним. В них визначається кожна точка перетину (геометричне місце) для пари просторово рознесених точок прийому за відомими швидкостями просторового поширення сигналу V , координатами точок приймання сигналу та різницями часів поширення сигналу від джерела до цих точок приймання. Характерною особливістю запропонованого у статті методу є квазіперіодичний часово-просторовий характер сигналу, що надходить від джерела, який є типовим для широкого класу періодично працюючих джерел сигналу, таких як двигуни, маяки, просторові маркери. Такі сигнали характеризуються не тільки періодичністю, але й можливою широкосмуговістю та наявністю випадкової складової системи в реальному масштабі часу. Серед публікацій на цю тему важливо зазначити [1–3].

Мета статті

Метою статті є приведення та обґрунтування методу пасивної локації джерела квазіперіодичного сигналу незалежного від періоду повторення сигналу, його можливої широкосмуговості та наявності випадкової складової з можливістю визначення координат джерела сигналу однозначно та з наперед заданою точністю.

Огляд існуючих методів

Одним із відомих методів пасивної локації джерела квазіперіодичного сигналу є метод, за яким визначають період повторення сигналу T_{II} , коли сигнал приймають та реєструють у парах

просторово рознесених точок з відомими координатами. Кількість пар точок прийому сигналу встановлюють не меншою за розмірність системи координат, що використовується для відображення розташування точок приймання сигналу та його джерела. Вираховують координати джерела за відомими координатами пар точок приймання та відповідним цим точкам різницям часів поширення сигналу від джерела до цих точок за відомої швидкості поширення сигналу V . Різницю у часі поширення сигналу до точок приймання сигналу для пар точок приймання визначають за випадковими складовими зареєстрованих сигналів [4].

Однак за цим методом пасивної локації джерела квазіперіодичного сигналу встановлення різниці у часі поширення сигналу до точок приймання для пар точок за випадковими складовими зареєстрованих сигналів обмежується власне наявністю випадкової складової. Наприклад, для джерела квазіперіодичного сигналу типу двигуна, за його доброго технічного стану, величина випадкової складової сигналу порівняно з середнім рівнем загального сигналу та з сигналами зовнішніх завад може бути недопустимо малою. Це може перешкоджати технічній реалізації такого методу пасивної локації.

Найближчим за суттю до запропонованого у роботі методу є метод пасивної локації джерела квазіперіодичного сигналу, за яким визначають період повторення сигналу T_{II} , коли сигнал приймають та реєструють у парах просторово рознесених точок з відомими координатами, після чого обчислюють різниці часів поширення сигналів від джерела до точок приймання сигналу для пар точок приймання. Кількість пар точок приймання сигналу встановлюють не меншою за розмірність системи координат, що використовується для відображення розташування точок приймання сигналу та його джерела. Координати джерела визначають за відомими координатами пар точок приймання, відповідним цим точкам різницям у часі поширення сигналу від джерела до цих точок та відомою швидкістю поширення сигналу V . Точки приймання сигналу розташовують на просторово жорсткій базі, причому просторовий рознос для однієї пари точок встановлюють малим, меншим за $V \cdot T_{II}$, а для іншої пари точок – великим, більшим за $V \cdot T_{II}$. Базу розташування точок приймання сигналу зміщують у просторі та визначають різницю у часі поширення сигналу від джерела до відповідних точок приймання відповідно до просторового зміщення бази за інтерференцією сигналів, зареєстрованих у відповідних точках приймання сигналу. При цьому точне, але багатозначне визначення різниці часів поширення сигналу від джерела до відповідних точок прийому здійснюють за зареєстрованими сигналами у просторових точках приймання з великим розносом, а усунення багатозначності здійснюють за зареєстрованими сигналами у просторових точках приймання з малим розносом [5].

Однак за цим методом пасивної локації джерела квазіперіодичного сигналу встановлення різниці у часі поширення сигналу від джерела до відповідних точок приймання сигналу є технічно складною та недостатньо надійною з погляду усунення багатозначності задачею. Це обумовлюється фіксованим їх розташуванням на жорсткій базі і обмежує можливість визначення координат джерел сигналів з різними періодами повторення за збереження точності обчислення координат джерела сигналу. Крім того, застосування інтерференційних методів визначення різниці у часі поширення сигналу від джерела до відповідних точок приймання сигналу обмежує можливість використання цього методу для ширококугових та сигналів з випадковою складовою.

Особливості запропонованого методу пасивної локації джерела квазіперіодичного сигналу

В основу запропонованого методу покладено задачу створення методу пасивної локації джерела квазіперіодичного сигналу, незалежного від періоду повторення сигналу, його можливої ширококуговості та наявності випадкової складової з можливістю визначення координат джерела сигналу однозначно та з наперед заданою точністю.

Цю задачу розв'язують так. За методом пасивної локації джерела квазіперіодичного сигналу, за яким визначають період повторення сигналу T_{II} , сигнал приймають та реєструють у парах

просторово рознесених точок з відомими координатами. Кількість пар точок приймання сигналу встановлюють не меншою за розмірність системи координат, що використовується для відображення розташування точок приймання сигналу та його джерела. Після цього обчислюють різницю у часі поширення сигналів від джерела до точок приймання сигналу для пар точок приймання та визначають координати джерела за відомими координатами пар точок приймання. Відповідно до цих різниць у часі поширення сигналу від джерела до цих точок та відомої швидкості поширення сигналу V , визначають похибку визначення періоду повторення сигналу ΔT_{II} . Встановлюють просторовий рознос d_i для пар точок приймання сигналу за умови:

$$d_i \leq V \cdot (T_{II} - |\Delta T_{II}|), \quad (1)$$

де i – номер пари точок. Для цих пар точок визначають відповідні їм різниці у часі поширення сигналу від джерела до цих точок та похибки їхнього визначення за синхронної реєстрації сигналів у точках приймання. Обчислюють координати джерела та похибки їхнього визначення, порівнюють величини цих похибок з відомими заданими значеннями. За умови перевищення величинами похибок заданих значень починають цикл уточнення координат джерела, для чого збільшують просторовий рознос між парами точок приймання сигналу та визначають очікувані різниці у часі поширення сигналу від джерела до точок кожної пари T_{Pi}^O та їх похибки ΔT_{Pi}^O за координатами джерела звуку, швидкості звуку та відомим поточним координатам точок прийому. Збільшення просторового розносу між парами точок припиняють у разі виконання умови:

$$\Delta T_{Pi}^O = T_{Pi}^O - |\Delta T_{Pi}^O|. \quad (2)$$

Після цього реєструють сигнали в цих точках приймання з часом затримки між часами початку реєстрації сигналів у точках приймання, що дорівнює T_{Pi}^O . Визначають для цих пар точок відповідні їм різниці часових затримок зареєстрованих сигналів у цих точках τ_i та їхні похибки визначення $\Delta \tau_i$, а різницю у часі поширення сигналу від джерела до цих точок приймання визначають як:

$$T_{Pi} = T_{Pi}^O + \tau_i \quad (3)$$

та її похибку як:

$$\Delta T_{Pi} = \Delta \tau_i. \quad (4)$$

Тоді знову визначають координати джерела та похибки їхнього визначення та порівнюють величини цих похибок з відомими заданими значеннями.

Обчислення похибки визначення періоду повторення сигналу ΔT_{II} дає змогу встановити первинний просторовий рознос між парами точок приймання за невідомих координат джерела сигналу не більшим, ніж:

$$d_i = V \cdot (T_{II} - |\Delta T_{II}|), \quad (5)$$

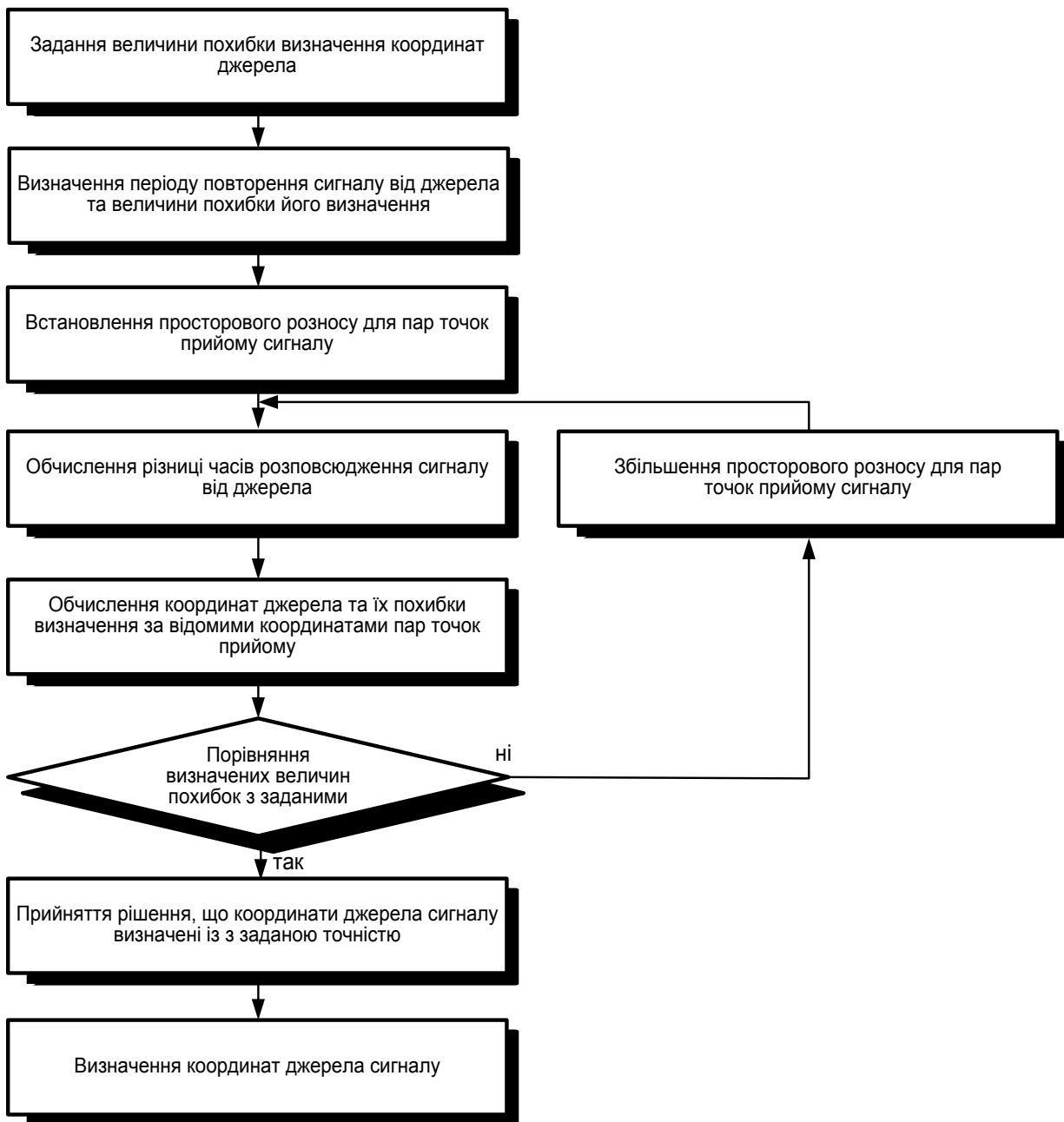
де i – номер пари точок, за гарантованої відсутності періодичної просторово-часової неоднозначності визначення різниці у часі поширення сигналу від джерела до цих точок приймання для будь-якої величини періоду повторення сигналу T_{II} . Пряме часове визначення різниці у часі поширення сигналу від джерела до точок приймання, наприклад, кореляційними методами за сигналами, зареєстрованими у парі точок приймання на інтервалах часу, які дорівнюють $T_{II} - |\Delta T_{II}|$, дає можливість визначення координат джерела квазіперіодичного сигналу як широко-смугового, так і з випадковою складовою. Синхронна реєстрація сигналів за відомих просторових розносах (5) пар точок приймання та відомих їх координатах, а також визначення відповідних цим парам точок різниць у часі поширення сигналу від джерела до точок приймання та величин їхніх похибок дає змогу первинно визначити координати джерела сигналу та їхні похибки. Порівняння визначених похибок координат джерела сигналу з відомими заданими значеннями, що обумовлюють потрібну точність визначення координат джерела сигналу, дає можливість прийняти

рішення про доцільність уточнення цих координат у разі перевищення величинами похибок визначення координат заданих значень. Таке уточнення координат джерела сигналу можна проводити циклічно із збільшенням просторового розносу між точками приймання сигналу та за однозначного визначення різниці у часі поширення сигналу від джерела до точок приймання без втрати точності її визначення. Для цього в поточному циклі уточнення координат джерела сигналу збільшують просторовий рознос між парами точок приймання сигналу та визначають очікувані різниці у часі поширення сигналу від джерела до точок кожної пари T_{Pi}^O та їх похибки ΔT_{Pi}^O за координатами джерела звуку, їх похибкам, швидкості звуку та відомим поточним координатам точок приймання і припиняють збільшення просторового розносу між парами точок за виконання умови (2). Після цього реєструють сигнали в цих точках приймання з часом затримки між часами початку реєстрації сигналів у точках приймання, що дорівнює T_{Pi}^O , визначають для цих пар точок відповідні їм різниці часових затримок зареєстрованих сигналів у цих точках τ_i та їх похибки визначення $\Delta \tau_i$, а різницю у часі поширення сигналу від джерела до цих точок приймання визначають за формулою (3) та її похибку – за формулою (4), знову визначають координати джерела та їхні похибки визначення та порівнюють величини цих похибок з відомими заданими значеннями.

Послідовність реалізації методу пасивної локації джерела квазіперіодичного сигналу

Метод пасивної локації джерела квазіперіодичного сигналу реалізують у послідовності, наведеній на рисунку.

Спочатку визначають період повторення сигналу від джерела T_{II} та величину похибки його визначення ΔT_{II} . Після цього встановлюється просторовий рознос d_i для пар точок приймання сигналу за умови (5), де i – номер пари точок, визначається для цих пар точок відповідні їм різниці у часі поширення сигналу від джерела до цих точок та їх похибки визначення за синхронної реєстрації сигналів у точках приймання. Потім визначають координати джерела та їхні похибки визначення за відомими координатами пар точок приймання, відповідними цим точкам різницями у часі поширення сигналу від джерела до цих точок та відомої швидкості поширення сигналу V . Порівнюють визначені величини похибок визначення координат джерела сигналу з відомими заданими величинами, які обумовлюють задану точність визначення координат джерела. У випадку перевищення величинами цих похибок заданих значень починають цикл уточнення координат джерела сигналу. Для цього збільшується просторовий рознос між парами точок приймання сигналу та визначаються очікувані різниці у часі поширення сигналу від джерела до точок кожної пари T_{Pi}^O та їх похибки ΔT_{Pi}^O за координатами джерела звуку, їх похибкам, швидкості звуку та відомим поточним координатам точок приймання. Припиняється збільшення просторового розносу між парами точок у разі виконання умови (2), після чого реєструють сигнали в цих точках приймання з часом затримки між часами початку реєстрації сигналів у точках приймання, що дорівнює T_{Pi}^O . Після цього визначають для цих пар точок відповідні їм різниці часових затримок зареєстрованих сигналів у цих точках τ_i та їхні похибки визначення $\Delta \tau_i$, а різницю у часі поширення сигналу від джерела до цих точок приймання визначають за формулою (3) та її похибку – за формулою (4). Згодом знову визначають координати джерела та їхні похибки визначення та порівнюють величини цих похибок з відомими заданими значеннями. Якщо поточні похибки визначення координат джерела сигналу перевищують відомі задані значення, то починають наступний цикл уточнення координат джерела сигналу. Якщо ж поточні величини похибок визначення координат джерела сигналу не перевищують відомих заданих значень, то приймають рішення, що координати джерела сигналу визначено із заданою точністю.



Послідовність реалізації методу пасивної локації джерела квазіперіодичного сигналу

Висновки

Запропонований метод дає змогу визначати координати джерела квазіперіодичного сигналу однозначно та з наперед заданою точністю в реальному масштабі часу.

Реалізація запропонованого методу можлива у сучасних спеціалізованих комп'ютерних системах локалізації джерел акустичних сигналів [6].

1. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 448 с. 2. Коллакот Р. Диагностика поврежденных: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 512 с. 3. Пространственно-временная обработка сигналов / Под ред. И.Я.Кремера. – М.: Радио и связь, 1984. – 224 с. 4. Пат. США 4734702, МПК G01S5/02 від 29.03.1988р. 5. Пат. США 5099456, МПК G01S3/80 від 24.03.1992р. 6. Спіченков С.Ю., Романишин Ю.М., Гоць В.І., Парамуд Я.С. Спеціалізована комп'ютерна система локалізації джерела акустичних сигналів // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2004. – № 522. – С. 24–27.