



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **98725** (13) **U**  
(51) МПК (2015.01)  
**G01C 21/00**  
**H01Q 1/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2014 10945</b>	(72) Винахідник(и): <b>Ковалевський Едуард Олександрович (UA), Кондратюк Василь Михайлович (UA), Харченко Володимир Петрович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>07.10.2014</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>12.05.2015</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>12.05.2015, Бюл.№ 9</b>	(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, пр. Комарова, 1, м. Київ, 03680 (UA)</b>

## (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ СПОСТЕРЕЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ

### (57) Реферат:

Спосіб визначення координат спостережуваного об'єкту, при якому вимірюються різниці фаз оброблених навігаційним приймачем сигналів, прийнятих чотирма антенними елементами, розташованими на жорсткій конструкції, положення якої відоме відносно власної системи координат носія, і по певному алгоритму обчислюються кути орієнтації власної системи координат відносно локальної. За даними орієнтації вектор відстані до спостережуваного об'єкту, виміряний додатково встановленим на жорсткій конструкції лазерним дальноміром, переносять в локальну, а потім за даними приймача про положення носія в геоцентричну систему координат і обчислюють координати спостережуваного об'єкту.

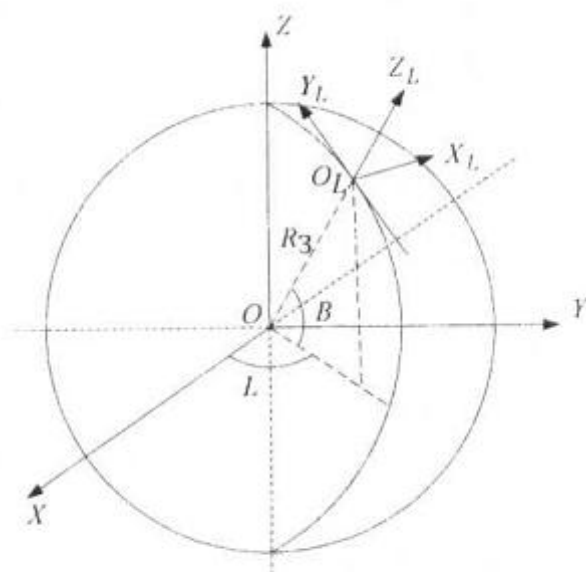


Fig. 2

UA 98725 U



Корисна модель належить до галузі радіоелектроніки, зокрема радіонавігації, і може бути використано при визначенні координат космічного сміття (КС) сервісним космічним апаратом (КА).

При великому позитивному досвіді забезпечення навігації КА системою наземних станцій траєкторних вимірів, є складнощі її застосуванні. Система має обмежені можливості по зоні дії і точносним характеристикам. З причини наземного базування потрібно канал зв'язку для передачі координат космічного сміття на сервісний космічний апарат.

Останнім часом актуальними стали завдання створення бортових навігаційних систем з використання супутникової навігації. Успіхи технологій супутникової навігації дозволили окрім завдання визначення координат і швидкості носія навігаційного приймача реалізувати задачу визначення кутової орієнтації власної системи координат об'єкту відносно гомоцентричної (локальної) системи координат [1, Гл. 16].

В основу корисної моделі поставлена задача використати результати розрахунку кутів орієнтації власної системи координат об'єкту-носія та за допомогою апаратурно-алгоритмічного доповнення реалізувати спосіб визначення координат спостережуваного об'єкту, що актуально при вирішенні завдання боротьби з космічним сміттям.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі визначення координат спостережуваного об'єкту, при якому вимірюються різниці фаз оброблених навігаційним приймачем сигналів, прийнятих чотирма антенними елементами, розташованими на жорсткій конструкції, положення якої відоме відносно власної системи координат носія, і по певному алгоритму обчислюються кути орієнтації власної системи координат відносно локальної, згідно з винаходом за даними орієнтації вектор відстані до спостережуваного об'єкту, виміряний додатково встановленим на жорсткій конструкції лазерним дальноміром, переносять в локальну, а потім за даними приймача про положення носія в геоцентричну систему координат і обчислюють координати спостережуваного об'єкту.

Винахід ілюструється Фіг. 1 - Схема розташування антенних елементів пристрою визначення кутової орієнтації; Фіг. 2 - Локальна система координат.

Послідовність реалізації способу наступна.

На носії розташовують 4 антенні елементи, що лежать в одній площині в точках А, В, С, D (Фіг. 1). Антенні елементи встановлюють на жорсткій конструкції, положення якої відоме відносно власної системи координат (ВСК) об'єкту. Тим самим відоме положення системи координат А,  $X_a$ ,  $Y_a$ ,  $Z_a$  відносно ВСК.

Для ілюстрації способу розглядають дві системи декартових координат (Фіг. 2) геоцентричну рухому систему координат (ЦГСК) - О, X, Y, Z і локальну систему координат (ЛСК) -  $O_L$ ,  $X_L$ ,  $Y_L$ ,  $Z_L$ .

Положення ВСК відносно ЛСК задають кутами орієнтації (Ейлера) альфа, бета, гамма, які є шуканими.

Задачу визначення кутів орієнтації вирішують таким чином. В результаті обробки навігаційних сигналів, прийнятих в двох точках, розташованих в кожній з ліній АВ, АС, ВD, CD (4 лінії), вимірюють різниці фаз цих сигналів для кожного j-го супутника. Різниці фаз  $\varphi_{m,j}$

виражають в одиницях довжини  $d_{m,j} = \frac{\lambda_j}{2\pi} \varphi_{m,j}$  (m - номер лінії).

Зв'язок між кутами Ейлера ( $e_x$ ,  $e_y$ ,  $e_z$ ) і різницями фаз визначають за виразом:

$$d_{m,j} = l_m (\vec{r}_j^{ЦГСК})^T U_x(e_x) U_y(e_y) U_z(e_z) \vec{l}_m^{ССК},$$

де  $l_m$  - довжина лінії;

$\vec{r}_j^{ЦГСК}$  - направляючий вектор лінії напрямку між j-тим супутником та приймачем в ЦГСК;

$U_x()$   $U_y()$   $U_z()$  - матриці поворотів систем координат;

$\vec{l}_m^{ССК}$  - направляючий вектор m-лінії в ССК;

$\alpha = e_x - \pi/2 + B$ ,  $\beta = e_y$ ,  $\gamma = e_z - \pi/2 - L$ ;

B, L - широта і довгота КА відповідно.

Ітераційний алгоритм визначення вектору  $\psi = (\alpha, \beta, \gamma)^T$  кутів орієнтації, отриманий відповідно до методу максимальної правдоподібності, має вигляд:

$$\hat{\psi}_k = \hat{\psi}_{k-1} + \left( H_{k-1}^T (\hat{\psi}_{k-1}) H_{k-1} (\hat{\psi}_{k-1}) \right)^{-1} H_{k-1}^T (\hat{\psi}_{k-1}) D_n^{-1} (y_d - h(\hat{\psi}_{k-1})),$$

де

$$H_{k-1}^T(\hat{\psi}_{k-1}) = \frac{\partial h(\hat{\psi}_{k-1})}{\partial \psi};$$

$$h(\psi) = \begin{vmatrix} I_1(\bar{r}_1^{ГЦСК})^T Ux\left(\alpha + \frac{\pi}{2} - B\right) Uy(\beta) Uz\left(\gamma + \frac{\pi}{2} + L\right) \bar{I}_1^{ГЦСК} \\ \vdots \\ I_M(\bar{r}_M^{ГЦСК})^T Ux\left(\alpha + \frac{\pi}{2} - B\right) Uy(\beta) Uz\left(\gamma + \frac{\pi}{2} + L\right) \bar{I}_M^{ГЦСК} \end{vmatrix}.$$

Додатково встановлюють в жорстку конструкцію носія лазерний дальномір так, щоб його промінь був строго орієнтований в ВСК. Не втрачаючи спільності, припускають, що промінь проходить від початку ВСК уздовж однієї з осей. У загальному випадку знадобляться елементарні геометричні уточнення.

Вектор координат променя в ВСК має вигляд

$$I_s^T = (R \ 0 \ 0),$$

де  $R$  - відстань між носієм і спостережуваним об'єктом.

Здійснюють обертання вектору  $I_s$  на кути Ейлера:

$$I_O^T(rx, ry, rz) = MM(\alpha, \beta, \gamma) \cdot I_s,$$

де  $MM(\alpha, \beta, \gamma)$  - матриця трьох поворотів осей.

Отримують вектор  $I_O$  координат КС в топоцентричній (локальній) системі координат.

Зв'язок між координатами  $I_O$  в топоцентричній  $(rx, ry, rz)$  і інерційній геоцентричній  $(gx, gy, gz)$  з початком координат в центрі мас носія визначають системою рівнянь [2]:

$$\begin{cases} rx = \sin(\theta) \cdot \cos(\lambda) \cdot gx + \sin(\theta) \cdot \sin(\lambda) \cdot gy - \cos(\theta) \cdot gz; \\ ry = -\sin(\lambda) \cdot gx + \cos(\lambda) \cdot gz; \\ rz = \cos(\theta) \cdot \cos(\lambda) \cdot gx + \cos(\theta) \cdot \sin(\lambda) \cdot gy + \sin(\theta) \cdot gz, \end{cases} \quad (1)$$

де  $\theta, \lambda$  - широта і довгота розташування носія, що визначаються приймачем GNSS.

Вирішуючи систему рівнянь (1) визначають координати  $(gx, gy, gz)$ . Перехід в інерційну геоцентричну систему здійснюють згідно виразів:

$$X_c = gx + X_n;$$

$$Y_c = gy + Y_n;$$

$$Z_c = gz + Z_n$$

де  $X_n, Y_n, Z_n$  - координати носія, які виміряні приймачем GNSS;

$X_c, Y_c, Z_c$  - розраховані координати спостережуваного об'єкту.

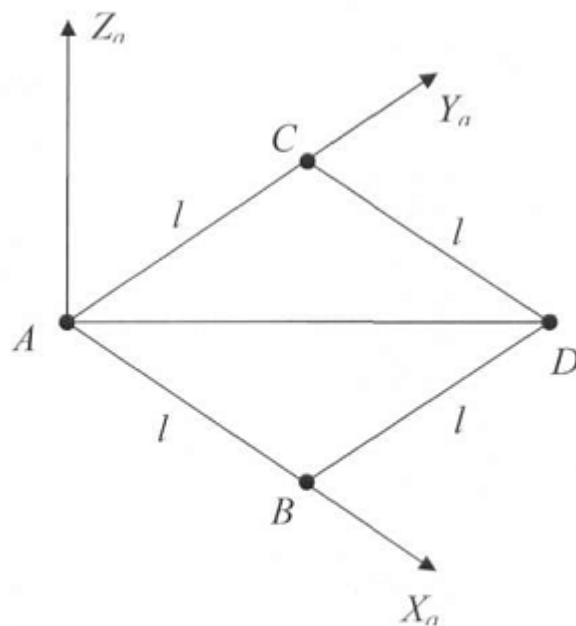
Джерела інформації:

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. Изд. 4-е, перераб. и дор. - М.: Радиотехника, 2010. - 800 с.

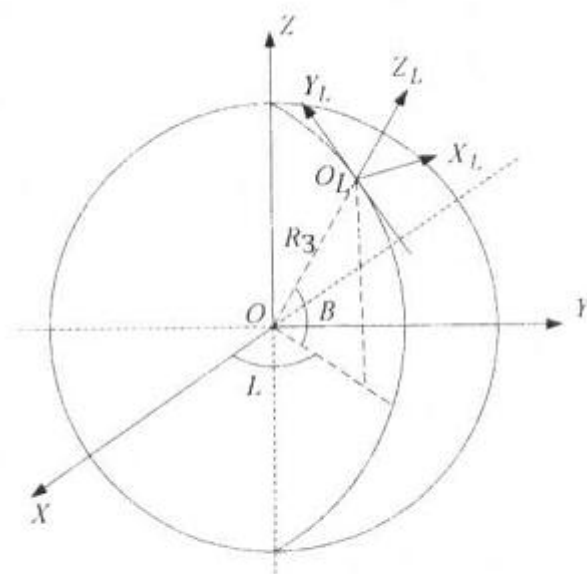
2. Конин В.В., Харченко В.П. Системы спутниковой радионавигации - К.: Холтех, 2010. - 520 с.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб визначення координат спостережуваного об'єкту, при якому вимірюються різниці фаз оброблених навігаційним приймачем сигналів, прийнятих чотирма антенними елементами, розташованими на жорсткій конструкції, положення якої відоме відносно власної системи координат носія, і по певному алгоритму обчислюються кути орієнтації власної системи координат відносно локальної, який **відрізняється** тим, що за даними орієнтації вектор відстані до спостережуваного об'єкту, виміряний додатково встановленим на жорсткій конструкції лазерним дальноміром, переносять в локальну, а потім за даними приймача про положення носія в геоцентричну систему координат і обчислюють координати спостережуваного об'єкту.



Фиг. 1



Фиг. 2

---

Комп'ютерна верстка М. Шамоніна

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601