



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00148

(22) Data de depozit: 24/03/2022

(41) Data publicării cererii:
29/09/2023 BOPI nr. 9/2023

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE
ASACHI" DIN IAȘI, STR. PROF. DR. DOC.
DIMITRIE MANGERON NR. 67, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:
• DONCIU CODRIN, STR.VALEA ADÂNCĂ
NR.9, IAȘI, IS, RO

(54) METODĂ DE CALCUL A FUNCȚIEI CROSS-CORRELATION
UTILIZÂND TRANSFORMATA FOURIER RAPIDĂ CU
ARGUMENT NEÎNTREG

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de calcul a funcției de corelare încrucișată destinată evaluării timpului de zbor (TOF-Time of Flight) pe care îl parcurge un semnal între un emițător și un receptor. Metoda conform invenției cuprinde o etapă (1) de transformare din domeniul timp în domeniul frecvență a semnalului emis, o etapă (2) de transformare din domeniul timp în domeniul frecvență a semnalului recepționat, transformările fiind efectuate prin utilizarea unor transformări Fourier rapide (FFT), iar secvența obținută în frecvență a semnalului recepționat se conjugă, obținându-se FFT conjugată, o etapă (3) de multiplicare a secvenței FFT a semnalului emis cu secvența FFT conjugată a semnalului recepționat, iar rezultatul este transformat, într-o etapă (4), din coordonate complexe în coordonate polare, acestea fiind urmate de o etapă (5) de calculare a FFT cu argument neîntreg și o etapă (6) de identificare a indexului valorii maxime din spectru.

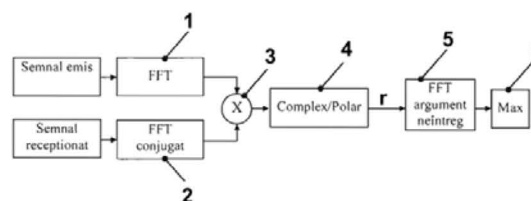


Fig. 3

Revendicări: 1
Figuri: 3



METODA DE CALCUL A FUNCȚIEI CROSS-CORRELATION UTILIZAND TRANSFORMATA FOURIER RAPIDA CU ARGUMENT NEINTREG

Invenția se referă la o metoda de calcul a funcției cross-correlation destinată evaluării timpului de zbor (TOF - Time of Flight) pe care îl parcurge un semnal între emițător și receptor.

Măsurarea distanței pe baza timpului de zbor, al undelor, între emițător și receptor este utilizată într-o gamă largă de domenii. TOF reprezintă timpul necesar undei pentru a se propaga de la emițător la obiect și apoi înapoi la receptor. O jumătate din TOF reprezintă distanța reală dintre emițător și obiect.

Una dintre metodele convenționale cunoscute pentru determinarea TOF este metoda de prag [1-3]. Această metodă este simplă și rapidă. TOF este determinat atunci când semnalul primit depășește, pentru prima dată, un nivel de prag dat. Evident, acest nivel trebuie să fie peste nivelul de zgomot. Se poate deduce că pentru semnalele cu raport semnal-zgomot redus, această metodă nu este cea mai adecvată, deoarece, în medie, estimează un TOF mai mare în comparație cu cel real [4].

O altă metodă de estimare TOF, mai adecvată, este cross-correlation [5-7]. În metoda de cross-correlation, semnalele emise (figura 1.a) și cele recepționate (figura 1.b) sunt corelate încrucișat (figura 1.c). Timpul în care rezultatul corelației atinge maximum este o estimare a TOF.

Comparând cu tehnica pragului, cross-correlation funcționează bine cu semnalele cu raport semnal-zgomot redus [8], folosește toate informațiile conținute în semnale și este considerată tehnica optimă de estimare a TOF [9], precizia depinzând în principal de rata de eșantionare.

Cross-correlation poate fi calculată atât în domeniul timp cât și în domeniul frecvenței. Domeniul frecvenței este utilizat preponderent datorită numărului redus de operații furnizate de FFT (Fast Fourier Transform).

Cross-correlation în domeniul frecvență se obține ca transformată Fourier inversă (IFFT) a produsului dintre FFT-ul semnalului emis și conjugata FFT-ului semnalului recepționat (figura 2).

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este evaluarea cu precizie a maximumului rezultatului cross-correlation, fără a fi necesară o aproximare prin interpolare a valorii maxime a rezultatului cross-correlation.

Metoda de calcul a funcției cross-correlation, conform invenției este alcătuită din 2 module FFT, un modul de conversie complex/polar și un modul FFT cu argument neîntreg.

Invenția poate fi exploatată industrial pentru îmbunătățirea eficienței sistemelor de detecție a obstacolelor, instalate pe autovehicule sau roboți. De asemenea poate fi utilizată în

17

cadrul dispozitivelor de măsurare a distanței.

Metoda de calcul a funcției cross-correlation utilizând FFT cu argument neîntreg conform invenției prezintă următoarele avantaje: înlătura modulul de estimare prin interpolare, se obțin puncte suplimentare în frecvență prin calcularea lor directă utilizând funcția FFT cu un argument neîntreg, se obține îmbunătățirea semnificativă a performanțelor.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 3, care reprezintă:

- fig. 3, diagrama metodei de calcul a funcției cross-correlation utilizând FFT cu argument neîntreg

Structural, conform figurii 3, metoda de calcul cuprinde etapa de transformare din domeniul timp în domeniul frecvență a semnalului emis **1**, etapa de transformare din domeniul timp în domeniul frecvență a semnalului recepționat, **2**, etapa de multiplicare **3**, etapa de conversie a datelor din coordonate complexe în coordonate polare **4**, etapa de calculare a FFT cu argument neîntreg **5** și etapa de identificare a indexului maximului **6**.

Dacă semnalul emis este alcătuit din 1000 de puncte în domeniul timp iar semnalul recepționat conține tot 1000 de puncte, aplicarea FFT clasică conduce la obținerea în domeniul frecvență a 1000 de puncte pentru fiecare semnal în parte. Considerăm ca dorim să obținem o rezoluție de 10 ori mai bună în detecția indexului maximului funcției cross-correlation. În acest caz FFT cu argument neîntreg se va realiza utilizând un pas de 0.1 la argument, astfel încât se vor obține 10.000 de puncte în domeniul frecvență [10].

Metoda presupune transformarea în domeniul frecvență a semnalului emis și a semnalului recepționat, prin utilizarea unei funcții FFT clasice care lucrează pe același număr de puncte ca și cel al secvenței în timp. Secvența obținută în frecvență a semnalului recepționat se conjugă, obținându-se FFT conjugat. Secvența FFT a semnalului emis se multiplică cu secvența FFT conjugată iar rezultatul este transformat în coordonate polare. Pentru razele polare ale punctelor se aplică FFT cu argument neîntreg, pentru pasul stabilit în concordanță cu rezoluția dorită. În final se identifică indexul valorii maxime din spectru.

BIBLIOGRAFIE

- [1] M. Parrilla, J. Anaya, and C. Fritsch, Digital signal processing techniques for high accuracy ultrasonic range measurements, *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 40, no. 4, pp. 759–763, Aug. 1991.
- [2] I. Guvenc, and Z. Sahingolu, Threshold based TOA estimation for impulse radio UWB systems, In: *Proc. IEEE Int. Conf. UWB*, Zurich, Switzerland, pp. 420-425, 2005.
- [3] M. Parrilla, J.J. Anaya, and C. Fritsch, Digital signal processing techniques for high accuracy ultrasonic range measurements, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. Vol. 40. NO. 4, pp. 529-551, August 1991.
- [4] R. Raya, A. Frizera, L. Calderon, and E. Rocon, Design and evaluation of a fast model-based algorithm for ultrasonic range measurement, *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 148, pp. 335-341, 2008.
- [5] Ricardo Queirós, Francisco Corrêa Alegria, Pedro Silva Girão, António Cruz Serra, Cross-Correlation and Sine-Fitting Techniques for High-Resolution Ultrasonic Ranging, *IEEE Trans. Instrumentation and Measurement*, vol. 59, no. 12, DECEMBER 2010
- [6] D. Marioli, C. Narduzzi, C. Offelli, D. Petri, E. Sardini, A. Taroni, Digital Time-of-Flight Measurement for Ultrasonic Sensors, *IEEE Trans. Instrumentation and Measurement*, vol. 41, no.1, pp. 93–97, Feb. 1992
- [7] M. O. Khyam, Li Xinde, Shuzhi Sam Ge, Mark R. Pickering, Multiple Access Chirp-Based Ultrasonic Positioning, *IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT*, VOL. 66, NO. 12, DECEMBER, 2017
- [8] M. Parrilla, J. Anaya, C. Fritsch, Digital Signal Processing Techniques for High Accuracy Ultrasonic Range Measurements, *IEEE Trans. Instrumentation and Measurement*, vol. 40, no.4, pp. 759–763, Aug. 1991
- [9] K. Nakahira, T. Kodama, S. Morita, S. Okuma, Distance Measurement by an Ultrasonic System based on a Digital Polarity Correlator, *IEEE Trans. Instrumentation and Measurement*, vol. 50, no.6, pp. 1748–1752, Dec. 2001.
- [10] C. Donciu, M. Temneanu, An alternative method to zero-padded DFT, *MEASUREMENT* Volume: 70, pp.14-20, Jun 2015

REVENDICĂRI

Metoda de calcul a funcției cross-correlation, **caracterizată prin aceea că** utilizează o etapă de transformare din domeniul timp în domeniul frecvență a semnalului emis (1), o etapă de transformare din domeniul timp în domeniul frecvență a semnalului recepționat (2), o etapă de multiplicare (3), o etapă de conversie a datelor din coordonate complexe în coordonate polare (4), o etapă de calculare cu FFT cu argument neîntreg (5) și o etapă de identificare a indexului maximului din spectru (6).

14

DESENE

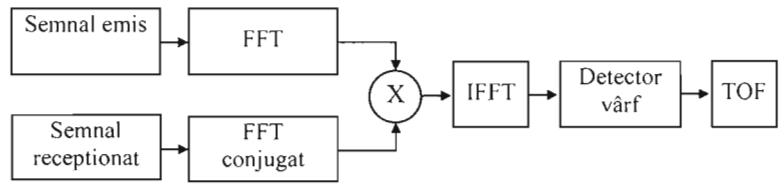
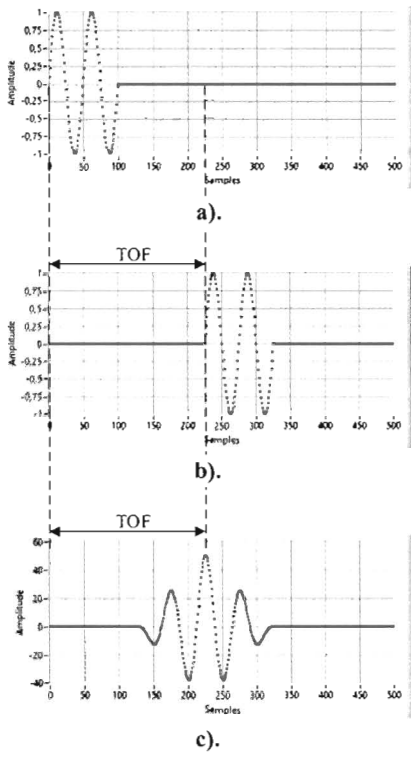


Fig. 2

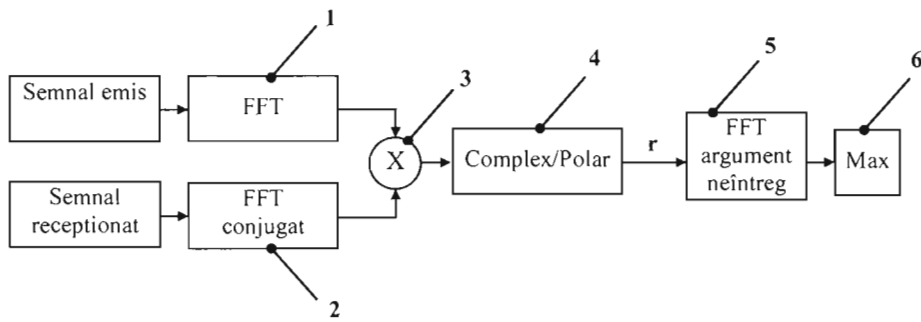


Fig. 3