

REZOLVAREA PROBLEMEI DE CONTROL OPTIMAL MULTI-DIMENSIONAL ÎN BAZA KIT-ULUI ARDUINO MEGA 2560

V. ABABII, V. SUDACESCHI, M. PODUBNII, L. CEBAN, A. RAIFURA

Universitatea Tehnică a Moldovei

avv@mail.utm.md; svm@mail.utm.md; marinpodubnii@mail.ru; liudmila01.ceban@gmail.com

Abstract: În lucrarea de față sunt prezentate rezultatele implementării unui sistem pentru rezolvarea problemei de control optimal multi-dimensional în baza Kit-ului de dezvoltare Arduino Mega 2560. În procesul implementării sistemului s-a elaborat schema funcțională, care reprezintă secvența operațiilor de procesare și transformare a datelor, precum și algoritmul de funcționare a Kit-ului Arduino Mega 2560.

Cuvinte cheie: Control optimal, spațiu multi-dimensional, sistem microcontroler, Arduino Mega 2560, PWM, vector de stare, vector de control.

1. Introducere

După cum arată practica, o mulțime de probleme de control în timp real, prezintă probleme de optimizare multi-dimensională [1]. În cele mai dese cazuri rezolvarea acestor probleme este efectuată în baza sistemelor de calcul complexe, cum ar fi: PC-uri, sisteme multi-procesor sau rețele de calculatoare [2]. Aceste sisteme sunt eficiente în cazul când problema rezolvată este de o dimensiune mare sau de uz general. În unele cazuri apare necesitatea de control optimal a unui sistem (dispozitiv) sau proces, care este imposibil de implementat în baza sistemelor de calcul menționate anterior, cum ar fi: robot mobil, sisteme de navigare și ghidare în timp real, etc. [3]. Implementarea sistemelor de control optimal pentru aceste dispozitive sau procese se bazează pe tehnologia sistemelor încorporate cu resurse de procesare și stocare a datelor limitate, cum ar fi sistemele microcontroler [4].

În lucrarea de față se propune o variantă de rezolvare a problemei de control optimal multi-dimensional în baza Kit-ului Arduino Mega 2560 [5].

2. Formularea problemei de control

Fie definit obiectul dinamic O într-un spațiu N – dimensional. Modelul matematic de control al obiectului O este descris de sistemul de ecuații diferențiale (1), unde: $X = (x_i, i = \overline{1, N})^T$ - vectorul de stare a obiectului O ; $U = (u_j, j = \overline{1, M})^T$ - vectorul de control; Ω – spațiul de valori admisibile ale vectorului de control.

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1, \dots, x_N; u_1, \dots, u_M), \quad u_j \in \Omega, \quad i = \overline{1, N}, \quad j = \overline{1, M}. \quad (1)$$

Pentru a satisface condiția de control optimal, elementele vectorului de control $U(t)$ sunt selectate în așa mod, ca să satisfacă condițiile de minimizare a funcționalului Q din expresia (2), unde $[t_0, t_1]$ este intervalul de timp de control și g este funcția de minimizare.

$$Q = \int_{t_0}^{t_1} g(x(t), u(t)) dt \rightarrow \min. \quad (2)$$

3. Schema funcțională a sistemului

Rezolvarea problemei de control optimal multi-dimensional se bazează pe utilizarea Kit-ului Arduino Mega 2560 în calitate de element central de procesare a datelor [5]. Acest dispozitiv asigură: achiziția și conversia analog digitală (ADC) a semnalelor analogice de la 16 canale; procesarea datelor pe un nucleu RISC la o frecvență de 16 MHz; și generarea semnalelor de control modulate PWM pe 12 canale. Kit-ul Arduino Mega 2560 este elaborat în baza microcontroler-ului ATmega2560 [6] care asigură 256KB memorie Flash pentru codul program și 8KB RAM pentru stocarea datelor.

Schema funcțională a sistemului este prezentată în Figura 1, unde: $S \in R^N$ - starea obiectului controlat definit într-un spațiu N - dimensional ($N=16$); $s_i, \forall i = \overline{1, N}$ - setul de senzori pentru identificarea stării obiectului; $x_i(t) \xrightarrow{ADC} x_i[T]$ - operația de conversie analog digitală (ADC) a semnalului continuu $x_i(t)$

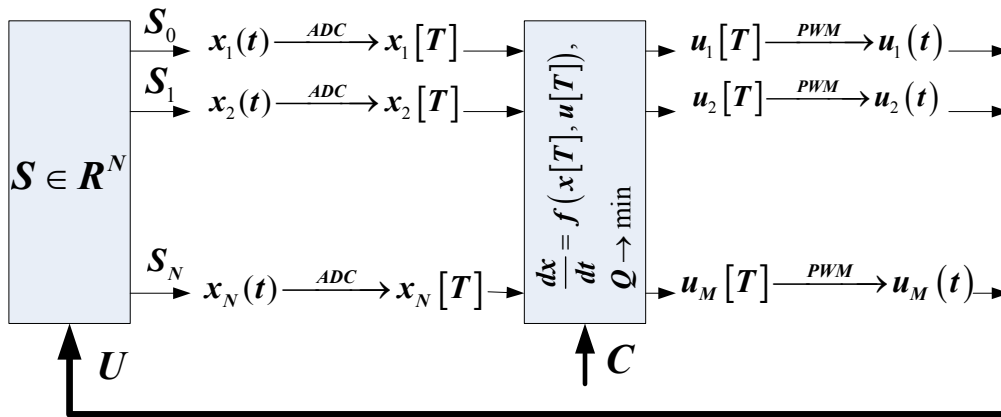


Figura 1. Schema funcțională a sistemului de control.

în semnal digital $x_i[T]$; $\frac{dx}{dt} = f(x[T], u[T]), Q \rightarrow \min$ - calculul vectorului de control $u_j[T]$ în conformitate cu algoritmul definit de sistemul de ecuații (1) și (2); $u_j[T] \xrightarrow{PWM} u_j(t)$ - operația de obținere a semnalului de control $u_j(t)$ în rezultatul modulării PWM a semnalului digital $u_j[T]$; C - acțiunea de control extern care face parte din componenta în relațiile definite de funcția f ; U - vectorul de control $U = \{u_j(t), \forall j = \overline{1, M}\}, (M=14)$.

4. Algoritmul de funcționare a Kit-ului Arduino Mega 2560

Algoritmul de funcționare a Kit-ului Arduino Mega 2560 cu funcție de element central pentru rezolvarea problemei de control optimal multi-dimensional este prezentată în Figura 2.

Descrierea algoritmului. Funcționarea algoritmului începe cu inițierea sistemului (**INIT**) care include inițierea porturilor și alocarea spațiului de memorie pentru variabilele declarate. Algoritmul include două cicluri de procesare a datelor. Primul ciclu este destinat achiziției și conversiei analog digitale a semnalelor de stare a obiectului controlat ($x_i[T]=ADC[x_i(t)]$), calculul diferențialului ($\dot{x}_i[T]=\frac{x_i[T]-x_i[T-1]}{\Delta T}$) pentru fiecare variabilă de stare și memorizarea acestora ($x_i[T-1]=x_i[T]$). Al doilea ciclu constă în efectuarea calculului semnalelor de control ($u_j[T]=f_j^*(X[T], \dot{X}[T])$) și verificarea satisfacerii condiției de control optimal ($Q(g_j^*(X[T], U[T])) \rightarrow \min$). Acțiunea asupra obiectului controlat este efectuată prin generarea semnalelor de control ($OUT(U(t))$) modulate PWM .

5. Rezultate experimentale

În scopul validării funcționalității și performanțelor sistemului pentru rezolvarea problemei de control optimal multi-dimensional s-a implementat algoritmul din Figura 2, utilizând mediul de programare Arduino Tools [5].

Complexitatea algoritmului - nu depinde de dimensiunea spațiului de stare N și nici de numărul de semnale de control M , deoarece toate operațiile de procesare a datelor sunt efectuate în cicluri.

RAM necesară pentru realizarea algoritmului V_{RAM} . În scopul determinării volumului de memorie RAM necesară pentru realizarea algoritmului se propune formula (3), unde: O_R - numărul de octeți în variabilele de tip **Real**; O_I - numărul de octeți în variabilele de tip **Integer**.

$$V_{RAM} = O_R * (N^2 + 3 * N + M^2 + 2 * M) + O_I * (6 * N + 4 * M). \quad (3)$$

Dacă considerăm în formula (3) $N = M$, obținem $N_{max} \leq 20$, având în vedere că microcontroler-ului ATmega2560 are o memorie RAM pentru stocarea datelor de 8KB.

6. Concluzii

Utilizarea sistemelor microcontroler în rezolvarea problemei de control optimal joacă un rol foarte important pentru industria producătoare de sisteme de control în timp real. Pe de o parte această metodă permite de a concentra la maxim procesul de calcul pe un singur nucleu de procesare a datelor, ceea ce reduce necesitatea de comunicare și asigură o viteză înaltă de reacție a sistemului de calcul la starea obiectului controlat. Din alt punct de vedere, pentru un număr mare de semnale de stare N și un număr mare de semnale de control M , sistemul își pierde eficiența din cauza volumului foarte mare de informație destinată procesării. Calculele efectuate au arătat o performanță satisfăcătoare de procesare a datelor pentru un număr de semnale de stare și control $N = M \leq 12$, care satisfac condițiilor tehnice ale microcontroler-ului ATmega2560.

Rezultatele obținute până în prezent vor fi dezvoltate în continuare în scopul estimării timpului de răspuns pentru diferite cazuri de raport $N:M$, și în dependență de complexitatea funcționalului de optimizare Q . Un interes deosebit îl prezintă analiza vitezei de convergență spre starea optimală în raport cu dimensiunile N , M și complexitatea funcționalului Q .

Rezultatele obținute în lucrare vor fi aplicate la proiectarea sistemelor de control multi-robot.

Mențiuni

Implementarea și validarea sistemului s-a efectuat în laboratorul Centrului Studențesc de Creativitate Tehnică „Hard and Soft” din cadrul Facultății Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei.

Bibliografie

1. А.А. Амосов, Ю.А. Дубинский, Н.В. Копченова. *Вычислительные методы для инженеров*, Москва, Высшая школа, 1994, 544 p.
2. В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. *Параллельные вычисления*. Санкт-Петербург, БХВ Петербург, 2002, 602 p.
3. E.M. Gutierrez-Arias, J.E. Flores-Mena, M.M. Morin-Castillo, and H. Suarez-Ramirez. *Design of an optimal control for an autonomous mobile robot*. Revista Mexicana de Fisica 57 (1), 2011, pp. 75–83.
4. <http://www.realtimedcontrolsystems.com/> (accesat 2.10.2012).
5. <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560> (accesat 10.10.2012).
6. <http://www.atmel.com/Images/doc2549.pdf> (accesat 26.10.2012).

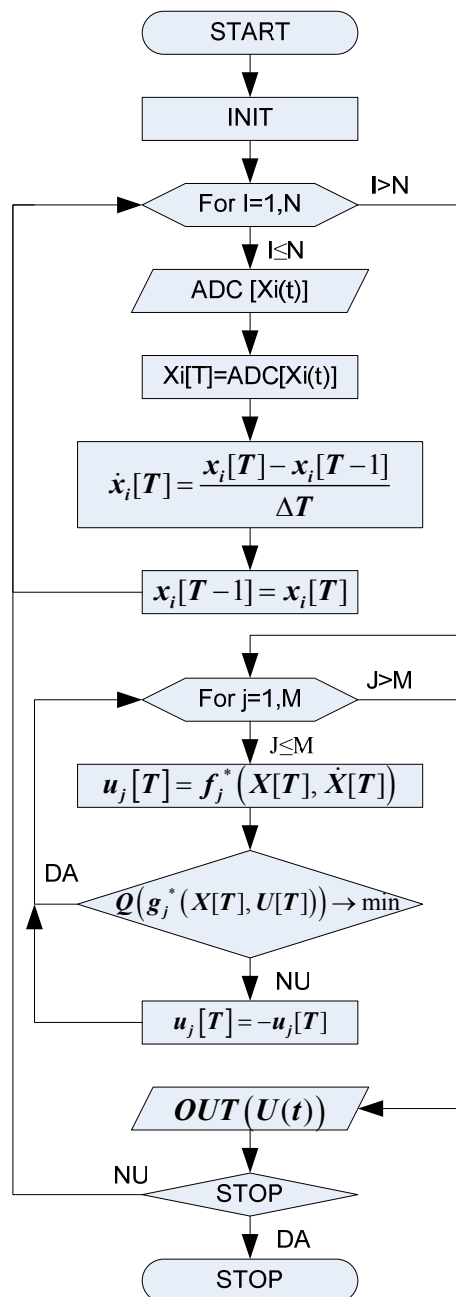


Figura 2. Algoritm de funcționare a Kit-ului Arduino Mega 2560.