

# Tehnici de Control a Proceselor Definite în Parametri de Timp

Andrei BORDIER, Gheorghe PANTAZ, Ion CEBANU, Liudmila CEBAN, Constantin ABABII

Universitatea Tehnică a Moldovei

Bordier\_Andrei@mail.utm.md

**Adnotare** — În lucrare s-a abordat problema gestiunii proceselor de timp real definite în parametri de timp. Această clasă de procese constituie majoritatea din procesele tehnologice, de producere, transport, robotică, etc. Se defineşte concepţia de procese definite în parametri de timp şi caracteristicile acestor tipuri de procese. În scopul definirii modelelor matematice, de descriere comportamentală a acestor procese, sunt utilizate modele de intrare-stare-ieşire care prezintă sisteme de ecuaţii diferenţiale în raport cu variabila de timp.

**Cuvinte cheie** — sistem de control, procese în timp real, procese definite în parametri de timp.

## I. INTRODUCERE

Domeniul de aplicare a sistemelor de control pentru procese definite în parametri de timp este foarte larg. În Figura 1 se prezintă structural procesele care se bazează pe acest principiu, unde:

**Satelit** – aceste sisteme oferă o gamă foarte largă de servicii foarte importante pentru ştiinţă, tehnică şi cetăţeni, cum ar fi: servicii GPRS, telefonie GSM, servicii identificare a poziţiei GPS, servicii pentru Geodezie, Cartografie, Navigare. Este greu de închipuit funcţionarea acestor sisteme fără de controlul timpului care şi determină exactitatea rezultatului obţinut;

**Aeronave** – practic este imposibilă funcţionarea unui sistem atât de complex precum este aeronava dacă ar lipsi sistemele de sincronizare în timp, timpul pentru aceste sisteme este critic din toate punctele de vedere începând cu decolarea şi terminând cu aterizarea acestora;

**TGV** – desigur că aceste sisteme nu ar fi funcţionat atât de sigur dacă nu ar fi fost un proces de sincronizare, e greu de închipuit rezultatele lipsei de sincronizare pentru un aşa sistem;

**Tehnica de uz casnic** – fiecare om nu şi-ar închipui existenţa sa fără de aşa dispozitive ca: maşina de spălat automat, televizor, timere sau deşteptător electronic care desigur funcţionează în baza criteriilor de sincronizare în timp, sau mai bine zis în parametri de timp;

**Procese tehnologice sau industriale** – pentru această categorie de sisteme timpul este una din dimensiunile de bază pentru determinarea criteriilor de control. Toate aceste sisteme sunt sisteme de timp real, unde modelul matematic de descriere este un sistem de ecuaţii diferenţiale de gradul unu sau doi în raport cu timpul.

Deci, practic nu există domeniu al ştiinţei şi tehnicii moderne în care nu ar exista un proces de sincronizare în timp, sau mai bine zis nu ar exista un proces definit în parametri de timp.

## II. CONCEPŢIA PROCESELOR DEFINITE ÎN PARAMETRI DE TIMP

Procesele definite în parametri de timp (PDPT) prezintă o clasă de sisteme de timp real (TR) unde timpul este o coordonată principală şi are criterii critice sau limitate.

Sistemele de control pentru PDPT sunt definite ca fiind acele sisteme în care corectitudinea depinde nu numai de rezultatul logic al prelucrării, ci şi de momentul la care este disponibil rezultatul. Principala dimensiune a sistemelor de control pentru PDPT (CPPDPT) o constituie timpul. Anumite prelucrări trebuie realizate în limite de timpii predeterminaţi, procesările fiind deci supuse constrângerilor temporale.

Funcţie de strictetea constrângerilor, sistemele CPPDPT pot fi grupate în doua subclase:

- sisteme CPPDPT critice - *hard real-time systems* - sistemele pentru care neîndeplinirea unei constrângeri se consideră a fi o eroare gravă (*failure*) a sistemului, putând avea urmări catastrofale;
- sisteme CPPDPT necritice - *soft real-time systems* - sistemele pentru care neîndeplinirea oricărei constrângeri poate fi tolerată dar implică unele erori temporale sau cumulative.

Sistemele CPPDPT pot fi ilustrate la diferite nivele de abstractizare. La un nivel înalt de abstractizare, un sistem CPPDPT apare ca format din trei subsisteme componente:

- Subsistemul controlat reprezintă aplicaţia sau mediul care dictează cerinţele de TR;
- Subsistemul de control este întregul echipament de calcul, care este conectat cu mediul controlat printr-un număr de intrări şi ieşiri, formând interfaţa aplicaţiei. Subsistemul de control poate cuprinde unul sau mai multe procesoare şi resurse. Procesoarele şi resursele sunt gestionate de un sistem software tot de TR;
- Subsistemul operator, care iniţializează şi monitorizează întregul sistem, dând anumite comenzi, mai ales în situaţii excepţionale.

Sistemele CPPDPT ale viitorului se doresc a fi suficient de inteligente, sigure, autonome, pentru o *execuţie independentă* de operatorul uman.

Un sistem CPPDPT răspunde unor stimuli externi recepţionaţi prin intrările sale. Aceşti stimuli pot fi:

- *time-triggered* - dacă sistemul testează periodic intrările sale;
- *event triggered* - dacă apariţia datelor la intrare este semnalată prin întreruperi.

Fiecare stimul determină anumite prelucrări în sistemul de CPPDPT, rezultatele putând duce la actualizarea unor date interne, referitoare la sistemul condus sau la trimiterea unui semnal de răspuns spre exterior sau executor.

În specificarea sistemelor CPPDPT trebuie să se ţină cont de două ipoteze, estimări:

- ipoteza de încărcare - *load hypothesis* - se referă la rata maximă cu care poate apare fiecare stimul extern şi care reprezintă o estimare a încărcării sistemului;
- ipoteza de eroare - *fault hypothesis* - este un set de estimări referitoare la tipul de erori şi la rata maximă de erori ce ar putea apare în timpul execuţiei, sistemul trebuind să funcţioneze corect chiar în cazul apariţiei setului respectiv de erori.

### III. CARACTERISTICILE SISTEMELOR CPPDPT

Sistemele CPPDPT trebuie să ia în considerare noţiunea timp la toate nivelele.

În proiectarea unui sistem CPPDPT trebuie să fie analizate următoarele aspecte:

- Dimensiunea timp trebuie să fie principiul central de proiectare. Constrângerile temporale trebuie să fie surprinse de tehnicile de specificare şi verificare folosite şi deci să nu fie tratate numai la implementare;
- Să se realizeze echilibrul dintre flexibilitate şi predictibilitate: sistemul trebuie să rămână suficient de flexibil pentru a se putea adapta unui mediu dinamic, dar în acelaşi timp să permită satisfacerea constrângerilor temporale;
- O gestionare a resurselor integrată care să trateze aspectele legate de constrângeri temporale, predictibilitate, adaptabilitate, corectitudine, siguranţă, toleranţă, etc.

Un sistem CPPDPT trebuie să ofere:

- un model care să permită specificarea constrângerilor temporare pentru toate tipurile de procese;
- un limbaj care să permită specificarea clară a sistemului şi care să permită luarea în considerare a comunicaţiilor asincrone cu exteriorul;
- politici de planificare şi gestionare a resurselor care să confere sistemului proprietăţile de garanţie şi predictibilitate;
- protocoale de comunicaţie care să ia în considerare aspectele temporare;
- protocoale speciale pentru gestiunea proceselor;
- mecanisme de sincronizare inter-taskuri şi de sincronizare de ceas.

Pentru a putea executa aplicaţiile de TR actuale, foarte complexe, atributele sistemelor CPPDPT trebuie să fie:

- Predictibilitatea - se referă la garantarea îndeplinirii constrângerilor de timp ale aplicaţiilor, în contextul dinamicii mediului;

- Granularităţi multiple ale taskurilor şi de comunicaţie - aplicaţiile TR complexe constau din taskuri de dimensiuni diferite, de la taskuri ce cuprind câteva instrucţiuni şi care se execută cu o periodicitate ridicată, până la taskuri de dimensiuni foarte mari, care se execută rar. Taskurile comunică între ele prin mesaje de granularităţi diferite;
- Semantici diferite de timp - Taskurile unui sistem pot avea grade diferite de criticalitate, urgenţă, se pot modifica dinamic, pot exista grupuri de taskuri cu acelaşi deadline, deci planificatorul trebuie să trateze toate aceste situaţii;
- Modele multiple de taskuri şi comunicaţii - Constrângerile temporale ale taskurilor implică constrângerea temporală a comunicaţiilor; funcţie de modelul comunicaţiilor utilizate, se poate presupune că mesajele nu pot fi pierdute niciodată sau nesosirea unui mesaj la timp poate fi tolerată pentru a se putea trata un eveniment asincron;
- Adaptabilitate - sistemele CPPDPT trebuie să se adapteze în performanţă şi funcţionalitate posibilelor schimbări externe;
- Toleranţa la defecte - Sistemele CPPDPT trebuie să încorporeze mecanisme performante software şi hardware pentru detectarea şi tratarea erorilor aparente în procesul funcţionării.

### IV. MODELUL MATEMATIC AL PROCESELOR DEFINITE ÎN PARAMETRI DE TIMP

Procesele definite în parametri de timp sunt procese definite prin modele de intrare-stare-ieşire [1-3].

În teoria sistemelor de control sunt puse în evidenţă principalele tipuri de ecuaţii ce pot servi ca referinţă pentru definirea modelului dinamic al unui sistem de timp real. Forma generală a modelului matematic ce determină dinamica procesului în timp este definit prin sistemul de ecuaţii:

$$J(q)\ddot{q} + V(\dot{q}^2) + F(\dot{q}_i, \dot{q}_j, q) + G(q) = M, \quad (1)$$

unde coeficienţii matriciali  $J$ ,  $V$ ,  $F$ ,  $G$  au semnificaţiile stabilite de sistemul dinamic, iar  $q$  este vectorul ( $n \times 1$ ) al coordonatelor generalizate.

Utilizând proprietatea de nesingularitate a matricei de inerţie  $J$ , sistemul de ecuaţii (1) se poate reduce la:

$$\ddot{q}_i = f_i(q_1, \dots, q_n, \dot{q}_1, \dots, \dot{q}_n) + B_i(q_1, \dots, q_n, \dot{q}_1, \dots, \dot{q}_n) \cdot \begin{bmatrix} M_1 \\ \dots \\ M_n \end{bmatrix},$$

formă prin care se separă termenii ce definesc evoluţia internă, proprie, de cei determinaţi de mărimile externe, intrările de control  $M_i$ . În conformitate cu aceste transformări noii coeficienţi sunt definiţi de expresia:

$$f(q, \dot{q}) = -J^{-1}(q) \left( V(\dot{q}^2) + F(\dot{q}, \dot{q}, q) + G(q) \right) \\ B(q, \dot{q}) = -J^{-1}(q)I \quad (2)$$

Orice control dinamic al unui sistem trebuie să asigure anumite specificaţii tehnologice, atingerea unei poziţii în spaţiu sau o anumită orientare / direcţie. Altfel spus, acest

control trebuie să realizeze cantitativ anumite mărimi considerate ca ieşirile sistemului CPPDPT.

Efectuând unele transformări [4-6] asupra modelului matematic (2) pot fi obţinute relaţiile care definesc ecuaţiile intrare-stare-ieşire asociate modelului dinamic al unui sistem CPPDPT:

$$\dot{x} = A(x) + B(x)u, \quad (3)$$

$$y = C(x) + D(x)u \quad (4)$$

sau

$$y = C(x),$$

unde  $A, B, C, u$  au dimensiunile  $(2nx1), (2nxn), (mx1), (nx1)$ , respectiv.

### CONCLUZII

Majoritatea proceselor de timp real pot fi descrise ca procese definite în parametri de timp, unde timpul joacă rolul principal în luarea deciziilor. În acest scop s-a prezentat concepţia proceselor definite în parametri de timp şi caracteristicile sistemelor de control a proceselor definite în parametri de timp. S-a specificat modelul matematic de

definire a proceselor în parametri de timp. Acest model prezintă un sistem de ecuaţii diferenţiale în raport cu variabila de timp.

### REFERINŢE

- [1] Florea S., Moangă, A., *Introducere în conducerea roboţilor*, Institutul Politehnic Bucureşti, 1982.
- [2] Florea S., Moangă A., *Sisteme de conducere a roboţilor*, Institutul Politehnic Bucureşti, 1983.
- [3] Davidoviciu A., Drăgănoiu, Gh., Moangă A., *Modelarea, simularea şi comanda manipuletoarelor şi roboţilor industriali*, Ed. Tehnică, 1986.
- [4] Sîngeorzan D., *Echipamente de reglare numerică*, Ed. Militară, Bucureşti, 1990.
- [5] Stratulat F., *Teoria sistemelor – Analiza asistată de calculator a sistemelor liniare*, MatrixRom, Bucureşti, 2000.
- [6] Voicu M., *Introducere în automatică*, Editura Polirom, 2002.

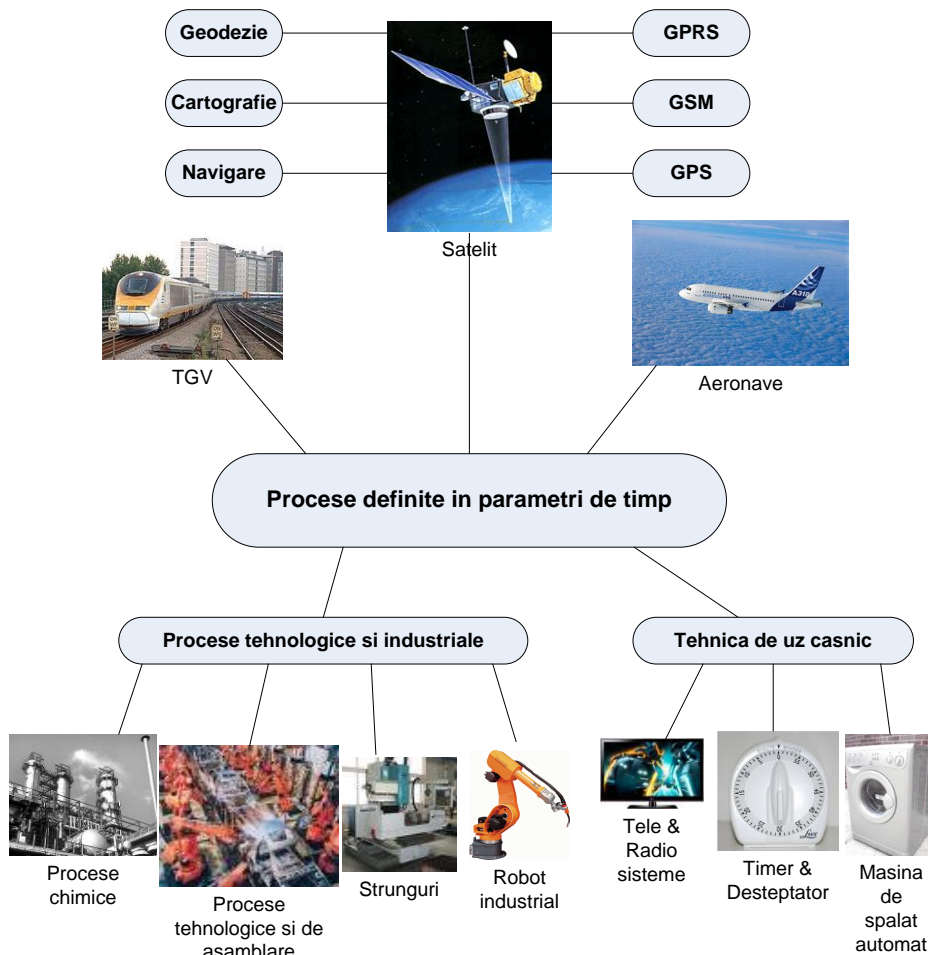


Figura 1. Procese definite în parametri de timp.