

CONSIDERATII PRIVIND SISTEMUL HOLONIC DE FABRICATIE

Drd. Ing. Ciprian CRISTEA
Prof. Dr. Ing., Ec. Ioan ABRUDAN
Universitatea Tehnica Cluj-Napoca

To remain a competitive force in the world market, manufacturing enterprises must design and produce new products in an effective way. To reduce the product launching time, manufacturing enterprises must be versatile, open to changes, and capable of designing and modifying their own facilities and processes efficiently for the design of new products. In this context, the concept of autonomous, adaptive, cognitive and cooperating entities known as "holons" is conceived which leads to the evolution of a holonic manufacturing system where highly distributed control paradigms are adopted to alleviate the problems related to frequent process disturbances.

1. INTRODUCERE

Arthur Koestler a propus cuvântul „holon” pentru a descrie o unitate elementara a organizatiei în sistemele biologice si sociale. „Holon” este o combinatie a cuvântului grecesc *holos*, care înseamna întreg, si sufixul *on*, care sugereaza o particula sau o parte. Koestler a observat ca în organisme vii si în organizatiile sociale nu exista entitati care sunt complet independente si care nu interactioneaza. Fiecare unitate a organizatiei, ca si o celula dintr-un organism viu sau o familie dintr-o organizatie, este formata din mai multe unitati elementare (membrana, citoplasma si nucleu), dar în acelasi timp este o parte dintr-o unitate mai mare a organizatiei (un tesut muscular sau o comunitate). Un holon, dupa cum defineste Koestler termenul, este o parte a unui sistem care are identitate unica, formata fiind din parti care i se subordoneaza dar, în acelasi timp face parte dintr-o entitate mai mare. Avantajul organizatiilor holonice îl reprezinta posibilitatea de a construi sisteme foarte complexe, care sunt eficiente în utilizarea resurselor, rezistente la perturbatii interne si externe, si adaptabile la schimbarile din mediul în care exista. Toate aceste caracteristici pot fi observate în sistemele biologice si sociale. În lucrarea de fata se prezinta caracteristicile sistemele holonice de fabricatie si, pentru o mai buna înțelegere, un prototip de sistem holonic de fabricatie.

Noua generatie de sisteme de productie trebuie sa satisfaca urmatoarele cerinte [Shen 2000]:

? Integrarea întreprinderii: pentru a creste competitivitatea globala si capacitatea de raspuns la cerintele pietei;

? Mediu ambiant eterogen: noile sisteme de productie vor trebui sa-si adapteze componentele hard si soft la mediul industrial si informational;

? Interoperabilitate: un mediu informational eterogen poate utiliza limbaje de programare diferite, reprezinta date cu limbaje si modele reprezentative si opereaza pe platforme de calcul diferite;

? Structura dinamica si deschisa: Trebuie sa fie posibil sa se poata integra rapid noi subsisteme sau sa se elimine o parte din subsistemele existente din sistem, fara a se opri munca;

? Cooperare: Întreprinderile producatoare vor trebui coopereze complet cu furnizorii, partenerii si clientii pentru asigurarea materialelor, subansamblelor, comercializarea produsului final;

? Integrarea angajatilor împreuna cu componentele soft si hard ale sistemelor de productie: oamenii si calculatoarele trebuie sa fie integrate pentru a lucra împreuna în diferite nivele ale dezvoltarii produsului si chiar la întreaga durata de viata a unui produs;

? Agilitate: Fabricatia agila reprezinta capacitatea de a se adapta rapid la un mediu în care au loc schimbari continue si care nu pot fi anticipate si, astfel, este o componenta vitala în strategia de productie pentru o concurenta globala;

? Gradarea: exprimarea resurselor trebuie sa fie posibila fara pierderea relatiilor initiale din interiorul întreprinderii;

? Toleranta la greseli: Sistemul trebuie sa fie tolerant la greselile ce pot apare la nivelul sistemului si subsistemului si, sa detecteze si sa redreseze erorile sistemului la orice nivel, si sa minimizeze impactul asupra mediului de lucru.

2. SISTEME HOLONICE. SISTEME HOLONICE DE FABRICATIE

Notiunea de *holon* a fost introdusa de Arthur Koestler. Termenul de *holon* este o combinatie între cuvântul grec *holos* (întreg) si sufixul *on*, care sugereaza o particula, o parte [Brussel 1995].

Holonul este un bloc autonom si cooperativ al sistemelor de fabricatie, incluzând uzual o componenta de procesare a informatiei si o componenta de procesare fizica. Poate asigura transformarea, transportul, memorarea si/sau validarea informatiei sau a obiectelor fizice si poate face parte din alt holon [Curaj 2000].

Autonomie este capacitatea unei entitati de a crea, controla si executa propriul plan conform unei strategii elaborate pentru orizontul de timp mediu si mare [Curaj 2000].

Cooperarea este procesul în care un set de entitati dezvolta si executa planuri mutual acceptate, pentru îndeplinirea unui scop prestabilit [Curaj 2000].

Holarhia reprezinta:

✍ Un sistem de holoni care co-opereaza pentru atingerea unui scop sau a unor obiective comune, pe baza unor reguli care guverneaza cooperarea între acestia si respectiv limiteaza autonomia lor [Brussel,1995].

✍ Un sistem ierarhic de holoni în care fiecare dintre acestia functioneaza:

✍ ca un întreg autonom, relativ la componentele sale;

✍ ca o unitate dependenta, în relatie de subordonare fata de nivelurile ierarhice de control;

✍ în interdependenta cu mediul sau local.

Sistemul Holonic de Fabricatie este o holarhie, care integreaza totalitatea activitatilor de fabricatie, de la gestiunea comenzilor pâna la proiectare, productie si marketing, pentru a realiza o întreprindere de productie agila [Curaj 2000].

Atribute holonice reprezinta setul minim de atribute care, asociate unei entitati, permit transformarea ei într-un holon. Setul minim îl constituie autonomia si cooperarea [Curaj 2000].

Comportarea holonica poate fi exprimata prin doua tendinte complementare, „tendinta de auto-afirmare” si „tendinta de integrare” [Brussel 1993], [Brussel 1994]. Stabilitatea holonilor rezulta din abilitatea lor de a actiona autonom, fara o asistenta continua, de la nivel superior, în situatii neprevazute.

Autonomia holonilor de a executa task-uri date, este o proprietate mostenita si exprima „tendinta de auto-afirmare” a acestora. Ea se refera la: controlul local si operarea masinilor, optimizarea la nivel local, auto-ordonantare, auto-configurarea, auto-diagnoza, auto-învatarea, auto-repararea etc.

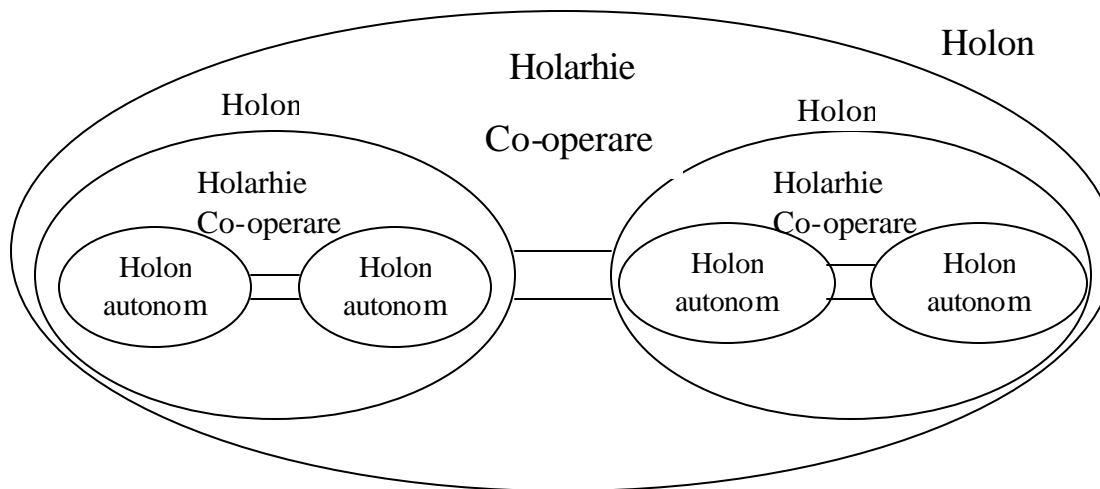


Figura 1 Holarhie si conceptul de co-operare [Curaaj 2000]

Co-operarea prin negociere între holoni exprima „tendinta de integrare”, ce este datorata nevoii de supravietuire si evolutie în mediu si se refera la proprietati ca: flexibilitate, orientare-scop, auto-organizare, extensibilitate.

Fiecare unitate de productie (resursa tehnologica, capacitate de productie) poate fi un holon. Aceste unitati coopereaza între ele, de la planificare si ordonare pâna la prelucrari fizice directe, pentru fabricarea unui produs. Structura sistemelor holonice de fabricatie are la baza o ierarhie functionala si unitati auto-similare (o structura repetabila la toate nivelurile), figura 1, iar ca suport informatic proiectarea orientata pe obiecte.

Sistemele holonice își au originea în teoria filozofica asupra crearii si evolutiei sistemelor complexe adaptive - sisteme sociale, biologice etc. În literatura de specialitate se afirma ca acest tip de sistem are o baza mai solida decât alte abordari deoarece filozofii, cei care au dezvoltat teoria holonilor, explica, nu doar observa fenomenele.

Sursa de inspiratie pentru Koestler au constituit-o doua observatii:

✎ ierarhiile dinamice în sistemele bazate pe celule (sisteme vii) si sistemele sociale; sistemele complexe se formeaza si evolueaza mai rapid daca sunt compuse din forme/subsisteme intermediare stabile; în caz contrar, sistemul complex rezultat va fi un sistem rigid ierarhic. Aceasta caracteristica a sistemelor complexe este ilustrata, peste tot în literatura de specialitate, de parabola celor doi constructori de ceasuri, lansata de laureatul premiului Nobel - Herbert Simon - ceasornicarul care realizeaza ceasuri utilizând macro-subansamble stabile câstiga competitia cu cel care construiește ceasuri prin montarea

element cu element, caz în care, orice situatie neprevazuta poate conduce la reluarea întregului ciclu de asamblare;

✗ nivelul de generalizare parte, fata de întreg, este subiectiv si nu este unic. Studiul formelor intermediare stabile din organismul viu sau din domeniul social, structurate ierarhic, sprijina concluzia ca întregul si partea nu exista în mod absolut, descompunerile nu sunt unice si depind de abordare, sunt subiective.

Prin introducerea conceptului de sistem holonic de fabricatie (SHF) s-a urmarit extinderea, prin similitudine, pentru fabricatie, a avantajelor conceptual sistemice pe care notiunea de holon le asigura pentru organismele vii si sistemele sociale:

- ✗ stabilitate referitor la perturbatii;
- ✗ adaptabilitate relativ la schimbari externe;
- ✗ flexibilitate - capacitatea de autoconfigurare interna;
- ✗ eficienta în utilizarea resurselor.

Sistemul holonic de fabricatie combina trasaturile sistemelor ierarhice si respectiv heterarhice, ceea ce permite conservarea stabilitatii oferite de structurile ierarhice în conditiile asigurarii simultane a flexibilitatii dinamice a structurilor heterarhice.

Descompunerea heterarhica, își propune eliminarea deficientelor descompunerii ierarhice. Conceptul propune modularizarea prin încapsularea informatiei în „obiecte” relativ autonome în locul unor relatii de tip master-slave, specifice sistemelor ierarhice, descompunerea heterarhica propune o structura de comunicatii care sa permita modulelor unui sistem sa comunice direct între ele, ca noduri. Sistemele organizate heterarhic functioneaza ca procese (agenti) autonome, care coopereaza, fara a avea un control centralizat. Deciziile sunt luate în urma negocierilor, prin acord mutual, iar informatiile sunt schimbate liber între agentii autonomi.

Avantaje ale arhitecturii heterarhice de control:

- ✗ modularitatea naturala a sistemului sta la baza definirii agentilor autonomi;
- ✗ flexibilitate dinamica;
- ✗ adoptarea deciziei pe baza de negociere;
- ✗ disfunctiile manifestate la nivelul unui agent autonom influenteaza limitat performantele sistemului.

Dezavantaje ale arhitecturilor heterarhice de control:

- ✗ volumul mare de informatie schimbata între agentii autonomi;
- ✗ posibilitatea adoptarii de decizii inconsistente datorita pierderii informatiilor globale.

3. PROTOTIP DE SISTEM HOLONIC DE FABRICATIE

Acest prototip de sistem holonic de fabricatie a fost conceput în cadrul Universitatii Cambridge din Anglia. Prototipul este un sistem de fabricatie holonic al telefoanelor celulare, bazat pe o implementare reala a unui sistem holonic de fabricatie la o celula de fabricatie robotizata.

Produsele fabricii, telefoanele celulare, sunt fabricate la cererea clientilor, care își exprima preferintele prin intermediul telefonului, prin e-mail si prin posta. Dupa fabricatie, telefoanele mobile sunt ambalate, încarcate în mijloace de transport si, în final, livrate clientilor.

În cadrul fabricii se regasesc trei linii de fabricare. Fiecare linie are patru statii de lucru:

- ✗ un robot care asambleaza componentele pe placa cu circuite;

- ✍ un utilaj care lipeste circuitele pe placa;
- ✍ un robot care assembleaza partile componente ale telefonului celular;
- ✍ o masina care verifica eventualele defecte ale telefonului asamblat.

Sistemul holonic de fabricatie contine noua clase de holoni:

✍ *holonul client* - reprezinta un potential client. Detine informatii despre istoria preferintelor clientilor care le extrage dintr-o baza de date; el poate interactiona, de asemenea, cu un client prin intermediul Internetului;

✍ *holonul manager contabil* – primeste si ordoneaza ordinele primite de la clienti, trimite data scadentei, prioritatile afacerii, si constrângerile referitoare la calitate holonului fabricatie. Negociaza replanificarea productiei, daca este nevoie, împreuna cu holonului fabricatie;

✍ *holonul produs* – responsabil pentru fiecare tip de produs. Monitorizeaza progresiv traseul subcomponentelor. Este supravegheat de catre holonul de supraveghere si interactioneaza cu holonul linie.

✍ *holonul de supraveghere* – primeste datele referitoare la greselile care apar în productie. Informeaza holonul de fabricatie când o gresala este descoperita. Obține constrângeri referitoare la calitate si pozitie de la holonul produs si holonul subansamblu;

✍ *holonul fabricatie* – conduce holonul linie. Primeste greselile raportate de catre holonul de supraveghere. Negociaza planul de reparatie cu holonul reparatie. Negociaza cu holonul manager contabil pentru replanificarea productiei, daca este cazul;

✍ *holonul linie* – gestioneaza holonul resursa. Gestioneaza progresul holonului produs. Raporteaza progresul si orice problema holonului de fabricatie;

✍ *holonul reparatie* – estimeaza timpul necesar pentru reparatia defectiunilor. Interogheaza holonul resursa pentru informatii despre un diagnostic. Este la dispozitia holonului de fabricatie;

✍ *holonul resursa* – gestioneaza o resursa de fabricatie (masina de lipit a placii cu circuite). Configureaza resursele pentru fabricatia subansamblului specificat prin holonul subansamblu si holonul linie. Acorda informatii cerute de catre holonul reparatie;

✍ *holonul subansamblu* – gestioneaza fabricatia unui subansamblu. Informeaza holonul produs despre progres. Furnizeaza constrângeri referitoare la calitate holonului supraveghere. Furnizeaza de asemenea informatii referitoare la configuratie holonului resursa.

Figura 2 prezinta cererea de telefoane mobile pentru luna iunie. Clientul rosu si clientul albastru sunt clienti traditionali ai firmei, ei fiind doi en-grosisti, care au nevoie pâna la sfârșitul lunii, fiecare, de câte 7500 telefoane mobile. Clientul verde are nevoie de 15000 telefoane mobile pâna în saptamâna a patra, pentru o promotie. Fabrica are trei linii de fabricatie, fiecare linie având o capacitate de productie de 10000 telefoane mobile pe luna. Holonul fabricatie consultându-se cu holonul manager contabil realizeaza planul de fabricatie pentru luna iunie.

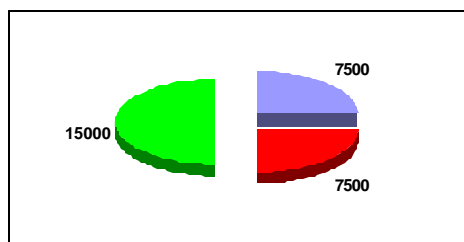


Figura 2. Cererea de telefoane mobile pentru luna iunie

În luna iunie este simulata o defectiune pentru a observa modul în care sistemul holonic de fabricatie gestioneaza situatia. La începutul celei de a III-a saptamânii, o defectiune este detectata la masina de lipit pe linia 1. Linia 1 se opreste, dar celelalte 2 linii își continua productia.

Cele noua clase de holoni din cadrul sistemului holonic de fabricatie negociaza actiunile care trebuie luate pentru a remedia defectiunea aparuta. Rezultatul negocierii este generarea unui program de fabricatie modificat, care consta din urmatoarele etape:

- 1) holonul supraveghere evalueaza greseala aparuta pe linia 1 de fabricatie cu respectarea constrângerilor privind calitatea cerute de holonul subansamblu si holonul produs. Informeaza holonul de fabricatie în legatura cu greseala de la linia 1, statia 2;
- 2) holonul fabricatie îi ordona holonului „linie 1” sa se opreasca;
- 3) holonul „linie 1” îi comunica holonului resursa sa se opreasca. Informeaza holonul produs ca, temporar, pe linia 1, productia a fost suspendata;
- 4) holonul fabricatie întreaba holonul reparatie sa estimeze timpul de reparatie al masinii de lipit circuitele pe placa. Holonul reparatie obtine diagnosticul de la holonul resursa. Holonul reparatie estimeaza ca perioada de reparatie este de o saptamâna, timp care este comunicat holonului de fabricatie.
- 5) holonul de fabricatie replanifica si determina ca data scadentei pentru luna iunie nu poate fi onorata. Negociaza cu holonul manager contabil. Îi comunica ca, clientul „Verde” nu poate fi întârziat, dar, clientii „Rosu” si „Albastru” pot fi întârziati.
- 6) holonul de fabricatie modifica planul curent prin „relaxarea” constrângerii datei de scadenta la clientii „Rosu” si „Albastru”. Noul plan muta productia pt. clientul „Verde” pe linia 3 si întârzie clientul „Rosu” cu 1 saptamâna.

CONCLUZII

În aceasta lucrare se face o prezentare a unei noi paradigme a universului modelelor de sisteme de fabricatie, paradigma care propune structuri bazate pe module autonome, distribuite, cooperative si inteligente, capabile sa se autoorganizeze pentru a îndeplini functiunile necesare. Trasaturile operationale ale unui sistem de fabricatie evidentiaza legaturile functionale dintre unitati. Aceste legaturi sunt asigurate prin fluxuri de informatii (ierarhice si heterarhice) având rolul mentinerii armoniei în operarea sistemului.

BIBLIOGRAFIE

1. Curaj A., Conducerea sistemelor de fabricatie integrate în arhitecturi de întreprindere virtuala, Editura Tehnica, Bucuresti, 2000
2. Giret A., Botti V., Holons and agents, Journal of intelligent manufacturing, vol 15, 2004
3. H. VAN Brussel, "Holonc Manufacturing Systems, the vision matching the problem", Proc. of First European Conf. on Holonic Manufacturing Systems, Hannover, 1994
4. Howden N., Ronnquist R., Hodgson A., Lucas A., JACK intelligent agents – Summary of an agent infrastructure, 5th International conference on autonomous agents, Montreal, Canada, 2001
5. McFarlane D. C., Bussmann S., Developments in holonic production planning and control, International Journal of Production Planning and Control, vol 11, nr. 6, 2000
6. Shen W., Norrie D., Barthes J., Multi-agent systems for concurrent design and manufacturing, Taylor and Francis, 2000
7. Tiwari M., Mondal S., Application of an autonomous agent network to support the architecture of a holonic manufacturing system, International Journal of advanced technology, 2002
8. Next Generation Manufacturing Systems Report, 2000