

ABSTRACCIÓ: UNA EINA PER A OBTENIR INFORMACIÓ SIGNIFICATIVA PER A SUPERVISIÓ EXPERTA DE PROCESSOS

J. Colomer Llinàs, J. Meléndez i J. Lluís de la Rosa

Unitat d'Enginyeria de Sistemes i Automàtica
Departament d'Enginyeria Industrial (Universitat de Girona)
Av. Lluís Santaló s/n E17071 Girona
colomer@ei.udg.es, quimmcl@ei.udg.es, peplluis@ei.udg.es

RESUM

En aquest treball s'estudia la necessitat d'obtenir informació elaborada dels processos controlats per poder treballar amb sistemes experts de supervisió. Es presenten diverses eines, que s'anomenen abstractors, per obtenir aquesta informació, que serà útil per a obtenir coneixement del procés i, sobretot, per facilitar el raonament del sistema expert. Es fa una descripció breu de les característiques i el funcionament d'aquests abstractors i se n'estudia la utilitat per les tasques que poden resultar d'interès en el camp de la supervisió. Finalment es fa un estudi comparatiu, indicant la facilitat d'ús, el tipus d'informació que ens donen i d'altres característiques interessants per determinar la seva funcionalitat.

RESUMEN

En este trabajo se estudia la necesidad de obtener información elaborada de procesos controlados para poder aplicar sistemas expertos de supervisión. Esta información es útil para obtener un mejor conocimiento del proceso y para facilitar el razonamiento del sistema experto. Se presentan diversas herramientas, llamadas abstractores, que permiten obtener este tipo de información. Se hace una descripción de estos abstractores, destacando los aspectos de interés en supervisión y, finalmente, se presenta un estudio comparativo de los mismos.

ABSTRACT

Supervision Systems evolution makes that obtaining significative information from processes becomes more important, in the way that Supervision Systems particular tasks are being simplified. So, to have signal treatment tools capable of obtaining elaborated information from the processes data is important. In this paper, several tools, called abstractors, that allows to obtain significative information about signals are presented. Characteristics and functioning of these abstractors are described. The utility of using these tools in Supervision is introduced.

Keywords. Process Supervision, Wavelets, Multi-scale extraction, Signal Processing

1.INTRODUCCIÓ

Durant els últims anys han aparegut molts estudis sobre l'aplicació de la intel·ligència artificial en el control de processos (Jovic 1992) amb els ítems genèrics de Control Expert o Control Intel·ligent. Aquest camp d'investigació és molt ampli i abasta temes que es poden agrupar en branques com Control Expert (Foulloy i Zavidovi-

que 1989, Foulloy i Zavidovique 1994, Astrom *et al.* 1986), Supervisió Experta i Diagnosi Experta. Aquests dues últimes branques estan especialment relacionades i es pot considerar la Detecció i Diagnosi de Falles com una part de la Supervisió (Isermann 1984, Ferray-Beaumont i Gentil 1989).

També, l'evolució del Control i de la Supervisió de Processos ha fet variar les tasques pròpies dels enginyers de procés. Fins fa poc les ajudes a l'operador es reduïen a la monitorització dels processos. Actualment la teoria de control permet que la feina dels enginyers de procés hagi evolucionat de les tasques pròpies del control a tasques de supervisió (Ferray-Beaumont i Gentil 1989). Gran quantitat de dades de diferents parts del procés arriben als operadors i enginyers encarregats de la supervisió i és difícil per a aquests poder obtenir informació rellevant, poder separar les dades importants d'aquelles que no ho són. L'aplicació d'intel·ligència artificial en el camp de la supervisió de processos fa que sigui útil i necessària la utilització de descripcions qualitatives (p. ex. *l'error és positiu*) o la construcció de models basats en la descripció qualitativa dels sistemes físics.

Un problema important dels sistemes de detecció és la sensibilitat als errors de modelat i a altres pertorbacions del sistema, els sorolls que afecten el sistema supervisat, en molts de casos, són font de falses conclusions.

Per tant, és important construir sistemes capaços de manipular informació incompleta, informacions vagues, incertes o imprecises. També s'ha d'intentar aprofitar tota la informació numèrica de què es disposa per augmentar la potència del raonament qualitatiu i s'ha de procurar que la transformació de dades quantitatives en dades qualitatives sigui una operació fiable i no introdueixi inestabilitat. Cal, doncs, disposar d'eines de tractament dels senyals de mesura que arriben del procés, de manera que facilitin les tasques pròpies del sistema de supervisió, detecció o diagnòstic (Dorf 1993), (Ganz *et al.* 1993). Aquest tractament dels senyals sempre estarà d'acord amb el tipus d'informació que es vulgui obtenir (Bakshi *et al.* 1994).

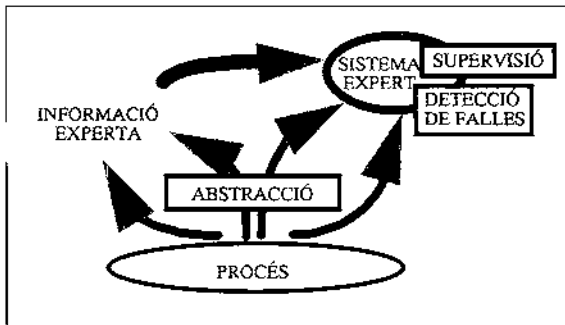


Fig. 1 : funcions dels abstractors

Aquestes eines de tractament dels senyals que permeten obtenir informacions elaborades dels processos s'anomenen **abstractors** i la informació que proporcionen pot ser útil tant per a obtenir un millor coneixement general dels processos com per a ajudar a treure conclusions sobre el seu funcionament a través de l'ús de la intel·ligència artificial (Fig. 1).

En aquest treball es presenten quatre d'aquestes eines d'abstracció que poden ser utilitzades per a obtenir coneixement del procés i per a facilitar el raonament d'un sistema expert de supervisió. Es fa una descripció breu de les característiques i el funcionament d'aquests abstractors i se n'estudia la utilitat per les tasques que poden interessar en el camp de la supervisió. Finalment es fa un estudi comparatiu, en què s'indica la facilitat d'ús, el tipus d'informació que ens donen i d'altres característiques interessants per determinar la seva funcionalitat.

2. TENDÈNCIA, OSCIL·LACIÓ I RÈGIM

Aquest primer abstractor que es presenta es basa en la utilització de diversos filtratges i una posterior qualificació per separar les variacions del senyal (que s'han anomenat **tendència**) de les **oscil·lacions** que acompanyen aquestes variacions (Colomer *et al.* 1995). Posteriorment s'utilitzen aquestes dades per deduir el **règim** del senyal. A continuació es descriu breument el funcionament d'aquesta eina i de la informació que proporciona.

Tendència

La característica més important i més útil que podem abstrure del senyal és la seva 'tendència' a pujar, baixar o mantenir-se. Per aquest motiu s'ha confeccionat un algorisme que a partir de les dades disponibles en cada instant de temps fa una estimació d'aquest concepte.

L'estructura d'aquest algorisme és la següent:

- *Filtratge del soroll (pas 1)*

Aquest primer filtratge és necessari per a poder fer el tractament posterior del senyal.

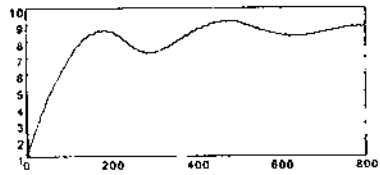


Fig. 2: senyal mesurat

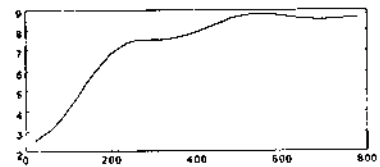


Fig. 3: senyal filtrat (pas 3)

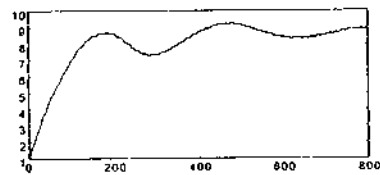


Fig. 4: derivada del senyal filtrat (pas 4)

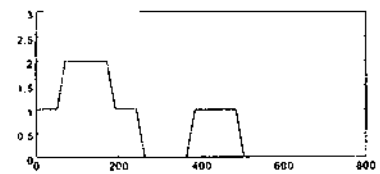


Fig. 5: tendència (pas 5)

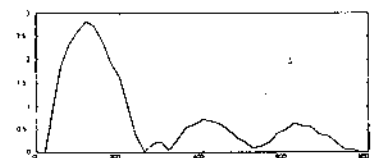


Fig. 6: diferència (pas 6)

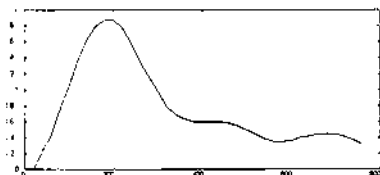


Fig. 7: diferència filtrada (pas 7)

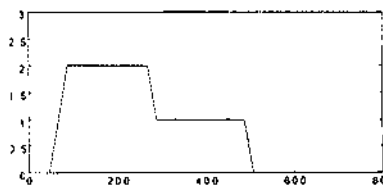


Fig. 8: oscil·lació (pas 8)

• *Detecció de màxims, mínims, punts d'inflexió i salts (pas 2)*

Cada un d'aquests casos s'identifica de manera diferent, i es guarda l'instant de temps en què s'ha detectat.

• *Filtratge del senyal (pas 3)*

A partir dels màxims, mínims i punts d'inflexió detectats es fa una estimació del període del senyal, i a partir d'aquesta estimació es calcula la freqüència de tall d'un filtre passa baix que s'aplica, a continuació, al senyal; aquest filtre canviarà, doncs, cada vegada que es produeixi una detecció. En el cas que es detecti un salt brusca del senyal el que és fa es desactivar el filtre fins que es produeixi una nova detecció, d'aquesta manera no es perd aquesta informació. Després d'aquest pas s'obté un senyal 'arrodonit', sense oscil·lacions.

• *Gradient del senyal filtrat (pas 4)*

L'objectiu és obtenir la tendència del senyal. Per aquest motiu, després d'haver efectuat el filtratge anterior, obtindrem el pendent del senyal, que en definitiva serà el que ens indicarà la tendència a pujar, baixar o mantenir-se. La manera més senzilla de calcular-lo serà restant el valor anterior del valor actual.

• *Qualificació del gradient obtingut (pas 5)*

Es classifica el pendent obtingut en diferents nivells. Per exemple:

- 2 a_pujar
- 1 a_pujar_lentament
- 0 es_manté
- 1 a_baixar_lentament
- 2 a_baixar

Aquesta classificació es fa segons els valors màxims i mínims del gradient obtingut al pas anterior. Per això, com en el pas 1, també caldrà tenir un coneixement previ del comportament del senyal.

Oscil·lació

Una altra característica important que podem abstrure del sistema és l'amplitud d'oscil·lació dels senyals. Per això s'ha creat un algorisme que segueix els passos següents:

• *Valor absolut del senyal original menys el senyal reconstruït (pas 6)*

Es resta el senyal reconstruït del senyal original i es fa el valor absolut, de manera

que el resultat ens dóna una idea de l'amplitud de l'oscil·lació a cada instant.

• *Filtratge del resultat de l'apartat anterior (pas 7)*

Es filtra el senyal resultant de manera que el resultat és un senyal més 'arrodonit', amb canvis menys bruscos, més fàcil de qualificar.

• *Qualificació del senyal obtingut a l'apartat anterior (pas 8)*

Es qualifica el grau d'oscil·lació obtingut en nivells, per exemple:

- 2 oscil·lació gran
- 1 oscil·lació petita
- 0 no oscil·la

Règim

En general, podem fer una primera divisió del règim entre transitori i estacionari o permanent. Per determinar en quin règim es troba el senyal ho farem a partir de la tendència i del grau d'oscil·lació (tindrem règim permanent quan el senyal tingui tendència a mantenir-se i no presenti oscil·lacions). És a dir, podrem fer una qualificació del règim, p. ex.:

- 0 permanent
- 1 quasipermanent
- 2 transitori

Histogrames

Amb la utilització d'histogrames s'intenta establir una analogia amb la reacció d'un expert que observa els senyals (Sarrate *et al.* 1995, Rakoto-Ravalontsalama 1993). Es fa una divisió del rang de valors del senyal en *zones significatives* i s'estudia l'evolució del senyal durant un període de temps anomenat *finestra d'observació*. Aquest estudi consisteix a determinar, en el període de la finestra, el temps que el senyal és a cada zona significativa (si el senyal és mostrejat s'haurà de comptar el nombre d'instantos de mostreig en què el senyal és a cada zona).

D'aquesta manera l'histograma es componrà d'un vector (H_1, \dots, H_z) , z =nombre de zones) amb el nombre de punts o la durada a cada zona. A partir d'aquest vector es poden calcular una sèrie d'índexs que ens aportaran la informació útil per a les tasques de supervisió. Aquests índexs són el *mode dominant*, la *dominància* i l'*entropia*.

• *Mode dominant*

És la zona significativa més freqüentada, és a dir, aquella per la qual l'histograma pren el valor màxim. Aquest índex dóna una interpretació aproximada del valor del senyal, i la seva fórmula és expressada per:

$$\text{Mode} = \text{zona } t.q. H_j = \max_{i=1..z}$$

• *Dominància*

Està definida com la diferència entre la durada (o el nombre de punts) de les dues zones més freqüentades. Ens mostra com és més freqüentat el mode dominant respecte als altres.

$$\text{Dominància} = H_i - H_j$$

t.q. $\text{zona}_i = \text{mode}$ i $\text{zona}_j = \text{segona zona més freqüentada}$

• *Entropia*

Ens permet representar la diversitat de zones. Com més gran sigui aquesta diversitat, més zones amb un nombre de punts diferent hi haurà. La seva fórmula serà expressada per :

$$\sum (H_i(\log(H_i)) \text{ si } H_i > 0$$

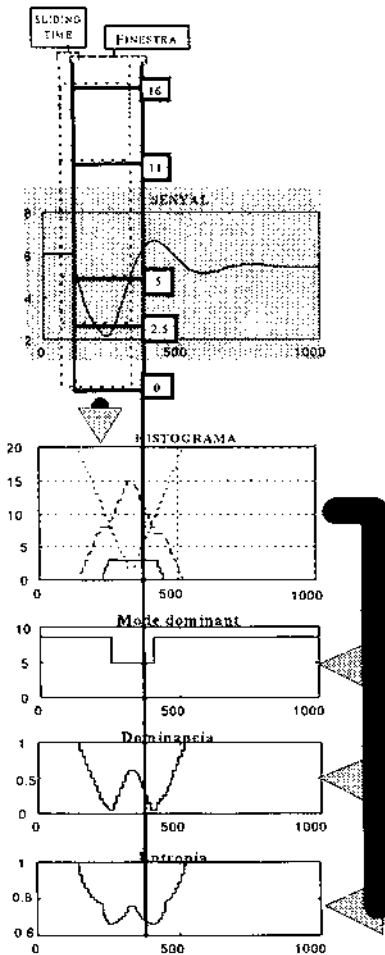


Fig. 9 : índex de l'histograma

A l'hora de treballar amb els histogrammes és molt important la tria de les zones significatives i de la durada de la finestra. S'ha d'intentar que cada zona sigui característica d'alguna situació; per exemple, si el que es pretén és fer detecció de falles es pot triar una zona de funcionament normal i una zona per cada possible situació de mal funcionament. La durada de la finestra d'observació determinarà els índexs i , sobretot, els canvis de mode dominant; s'ha de procurar triar la durada de manera que no es produeixin gaires canvis del mode dominant i que, quan es produeixin, siguin significatius.

3. REPRESENTACIÓ TRIANGULAR

La representació triangular de tendències és una descripció qualitativa de l'evolució temporal dels senyals (Cheung i Stephanopoulos 1990, Ayrolles *et al.* 1995). Les característiques més importants d'aquesta representació són que conserva una part d'informació quantitativa i que permet una representació a diferents resolucions. Consisteix en una divisió del senyal en episodis triangulars. Donat

un interval de temps (t_i, t_j) un **episodi triangular** és definit pel conjunt de valors següent:

$$\langle [\partial\partial x], (t_i, t_j), \langle x(t_i), x'(t_i) \rangle, \langle x(t_j), x'(t_j) \rangle \rangle$$

$$\text{on } [\partial\partial x] = \begin{cases} + & \text{si } x'' > 0 \\ 0 & \text{si } x'' = 0 \\ - & \text{si } x'' < 0 \end{cases} \text{ és constant a tot l'episodi}$$

Amb aquesta representació, podem definir un triangle per cada episodi en el qual els costats són determinats per la recta que uneix els dos punts $(t_i, x(t_i))$ i $(t_j, x(t_j))$ i les tangents en aquests dos punts.

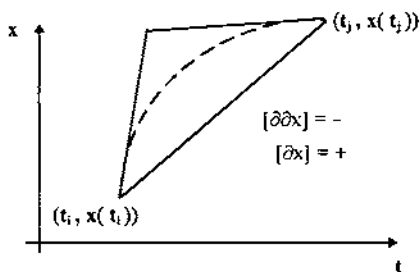


Fig. 10 : construcció d'un triangle

D'aquesta manera es pot representar l'evolució d'un senyal durant un determinat interval de temps a base d'episodis triangulars. Els punts que delimiten aquests episodis es poden triar seguint diferents criteris, si es trien els màxims, mínims i punts d'inflexió, els episodis es caracteritzaran per la constància de $[\partial\partial x]$ i de $[\partial x]$ i en total hi podrà haver 7 tipus de triangles.

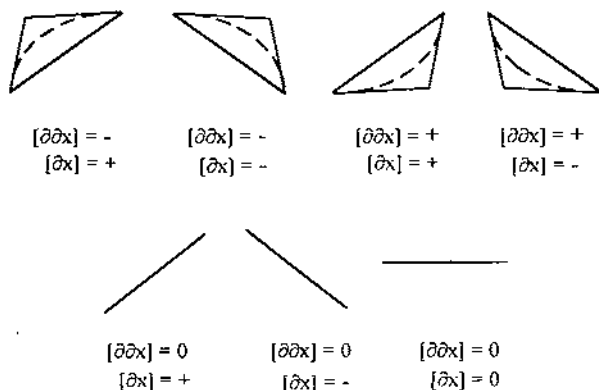


Fig. 11 : tipus de triangles

Així doncs, la representació triangular de tendències consistirà en una 'simplifi-

cació' del senyal en una successió temporal de triangles de diferents tipus. La informació que podrem utilitzar serà el tipus de triangle en què es troba a cada instant de temps.

A partir d'aquesta representació es pot fer un estudi de les tendències amb diferents resolucions, i així augmentar l'escala d'observació. Això es fa a partir dels episodis trapezoidals. Un **episodi trapezoidal** és definit de la mateixa manera que un episodi triangular, però amb un punt afegit; en aquest punt, anomenat punt de convexitat, la derivada és igual al pendent mitjà de l'episodi. Agafant la tangent en aquest punt i el triangle que defineix l'episodi triangular podem construir el trapezi que definirà l'episodi trapezoidal.

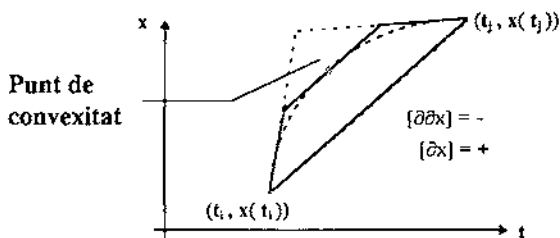


Fig. 12 : construcció d'un episodi trapezoidal

Una segona manera de construir episodis trapezoidals, que serà la que utilitzarem per fer l'estudi a diferents escales, és a partir dels episodis triangulars o d'altres episodis trapezoidals.

- A partir d'episodis triangulars: es construeixen els trapezis a partir de triangles consecutius amb el mateix valor de $[\partial\partial x]$; d'aquesta manera els episodis trapezoidals estaran caracteritzats per la constància de $[\partial\partial x]$, per tant, només n'hi podrà haver de dos tipus:

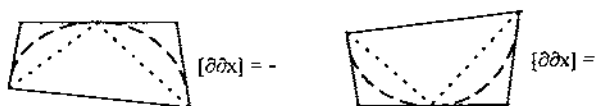


Fig. 13 : tipus d'episodis trapezoidals

- A partir d'una representació anterior en episodis trapezoidals: a partir d'una representació inicial s'agrupen series de trapezis contigus en un sol trapez i, id'aquesta manera es donarà una representació del senyal a una escala més gran.

El resultat del procés d'escalat a partir del senyal original és el que es pot veure a la figura 14.

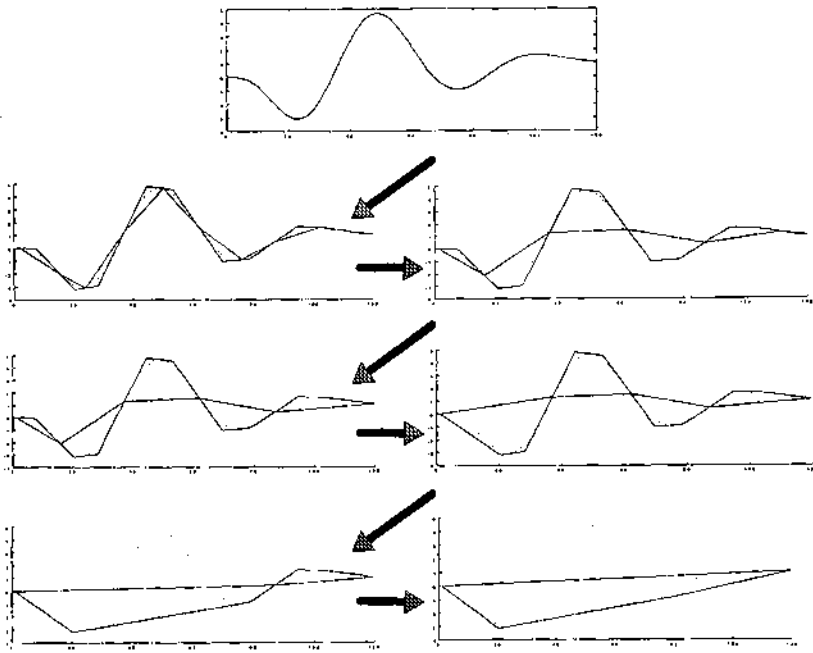


Fig. 14: representació a diferents escales

4. TRANSFORMADA WAVELET

La descomposició de senyals basada en Wavelets permet separar els comportaments dels senyals deguts als diferents components que el poden afectar (soroll, oscil·lacions, salts...) (Bakshi *et al.* 1994, Gopinath i Burrus 1991).

Una família de Wavelets es pot representar a partir de translacions i dilatacions d'una única funció $\Psi(x)$, que pot ser interpretada com un filtre passa-banda; els membres d'una família seran expressats, doncs, com :

$$\frac{1}{\sqrt{s}} \Psi\left(\frac{x-u}{s}\right)$$

on s i u indiquen la dilatació i la translació de la funció. La projecció d'una funció $F(x)$ s'anomena **detall** de la funció i serà expressada per :

$$W_{\omega} F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(x) \left\{ \frac{1}{\sqrt{s}} \Psi\left(\frac{x-u}{s}\right) \right\}$$

Per a aplicacions pràctiques amb senyals mostrejats es discretitza el paràmetre s de la manera següent:

$$s = 2^m \quad m \in \mathbb{Z}$$

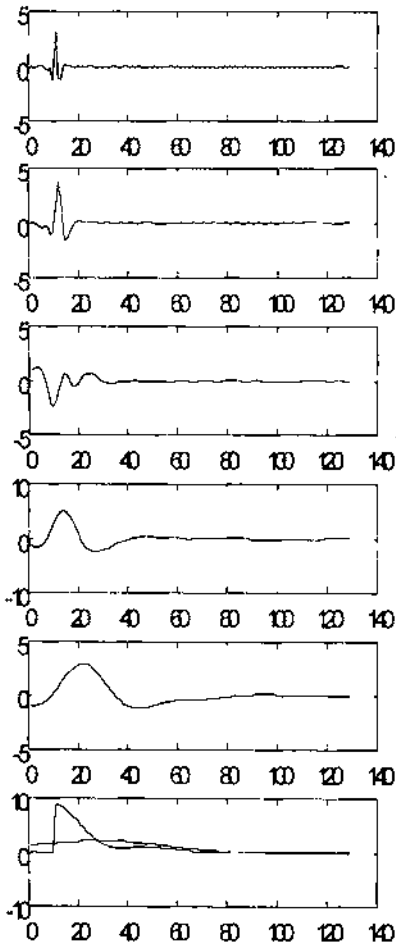


Fig. 15 : descomposició del senyal

Amb aquesta discretització es poden trobar els detalls de la funció a diferents escales $m=1, \dots, L$. L'escaia $m=0$ és l'escaia en la qual s'ha mesurat la funció. La informació per escales $m>L$, anomenada **aproximació**, $S_{2^m} F(x)$, s'obté projectant la funció $F(x)$ en la funció d'escalat $\phi(x)$, que depèn de $\Psi(x)$ i que és un filtre passa baix :

$$S_{2^m} F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(x) \left\{ \sqrt{2^{-m}} \phi(2^{-m}(x-u)) \right\} dx$$

Així doncs, podrem caracteritzar completament una funció $F(x)$ amb el conjunt de funcions :

$$\left\{ W_{2^m} F(x) \right\}_{1 \leq m \leq L}, S_{2^L} F(x)$$

Aquest conjunt de funcions dependrà de la base triada, més concretament de la funció $\Psi(x)$, anomenada Wavelet mare.

Per aplicacions pràctiques, existeix un algorisme ràpid per a la descomposició de senyals discrets en el temps basat en la transformada Wavelet. Aquest algorisme consisteix en una sèrie de convolucions amb filtres derivats de la funció Wavelet seleccionada i es pot aplicar successivament; obtindrà com a resultat final la descomposició del senyal en els detalls successius i l'aproximació corresponent.

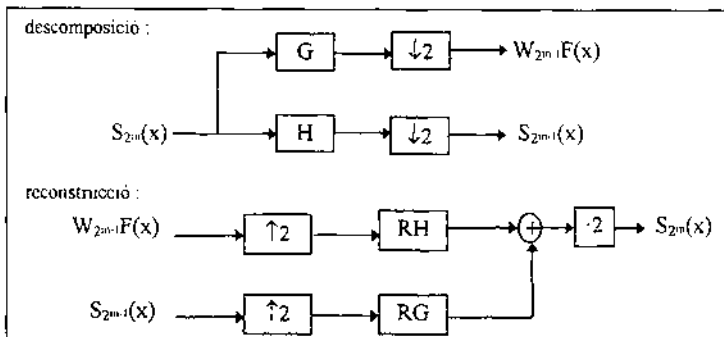


Fig. 16 : algorisme ràpid de descomposició

- $\overline{\downarrow 2}$: multiplicar per 2.
- $\overline{\downarrow 2}$: eliminar una mostra de cada dues.
- $\overline{\uparrow 2}$: afegir un zero entre dues mostres.

5. APLICACIÓ : UTILITZACIÓ D’HISTOGRAMES EN DETECCIÓ DE FALLES

A continuació es mostra un exemple d'utilització d'un dels abstractors descrits, els histogrames, per a dotar un sistema expert d'informació significativa per a la detecció de situacions de mal funcionament. Sobre un procés format per dos dipòsits acoblats en què es regula el nivell del segon, es pretén detectar possibles situacions anormals provocades per l'obstrucció de la sortida d'algun dels dipòsits o per la fallada del regulador. Per això es disposa d'un sistema expert desenvolupat sobre G2 implementat sobre una base de coneixement donada per l'expert del procés. Per al desenvolupament d'aquesta aplicació s'ha simulat les obstruccions a base de tancar i obrir vàlvules sobre un model de dipòsits reals desenvolupat en MATLAB/Simulink.

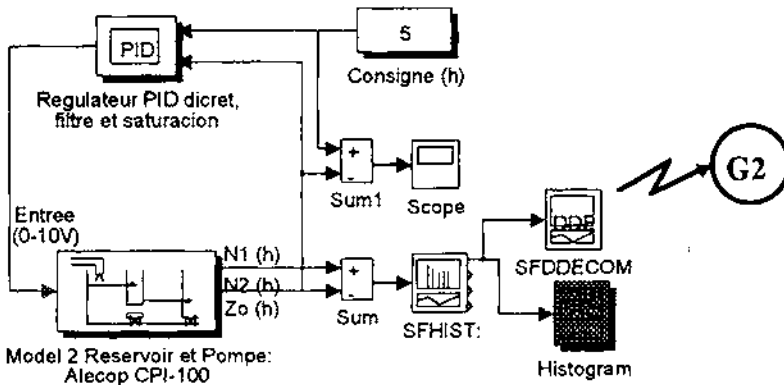


Fig. 17 : sistema simulat en SIMULINK

La problemàtica consisteix a dotar el sistema expert d'unes dades significatives prou elaborades que permetin utilitzar la base de coneixement tal com l'expert del procés l'ha escrita. Necessitem, doncs, una abstracció d'informació a partir dels senyals proporcionats pels sensors instal·lats sobre el procés. El senyal triat per fer l'abstracció és la diferència de nivells $N1-N2$.

Per fer aquesta abstracció s'han utilitzat els histogrames en una finestra temporal lliscant de manera que per a cada instant de mostreig s'envia informació sobre el mode dominant i la dominància de l'histograma al sistema expert. Els paràmetres dels histogrames s'han fixat després d'observar els senyals en les diferents situacions, de manera que la divisió de l'espai d'amplituds en zones significatives queda com es mostra a la figura 18.

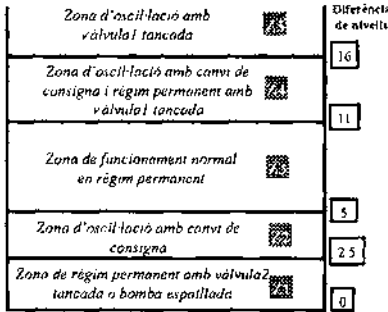


Fig. 18: divisió en zones del senyal N1-N2

La durada temporal de la finestra s'ha fet d'acord amb la dinàmica del sistema. Per aquest cas el valor escollit és una mica superior a la meitat de la durada de l'oscil·lació que es dona en fer un canvi de consigna (250 segons). Amb un període de mostreig de 10 segons tindrem 25 punts a cada finestra.

•La detecció de falles :

El raonament sobre el sistema expert es fa a dos nivells, primer es dedueix el règim (permanent o transitori) utilitzant la dominància de l'histograma i posteriorment a partir del mode dominant es dedueix la situació en què es troba el sistema; en cas de mal funcionament es determina quina és la falla. En el cas d'estar en règim transitori s'estudiaran les evolucions entre zones (Fig. 19). En algunes deduccions es fa ús del valor numèric de la variable error.

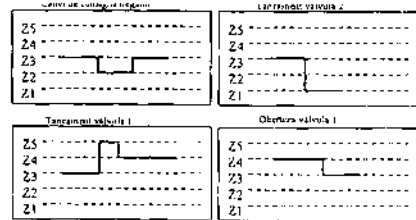
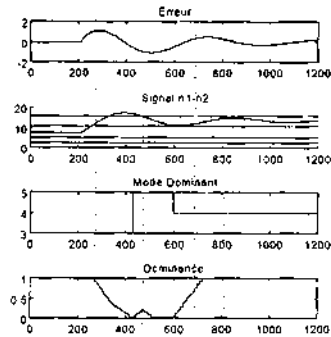


Fig. 19 : algunes de les possibles evolucions en règim transitori



Conclusions			
Règim	permanent	transitori	permanent
Funcionament	normal	#	Obstrucció vàlvula tancada

: Tres possibilitats: tancament vàlvula 1 o canvi de consigna positiu o bomba espallada.

Fig. 20 : exemple de funcionament del sistema de detecció

A la figura 20 podem veure tant l'evolució dels senyals com els diagnòstics que G2 proporciona en provocar sobre el sistema l'obstrucció de la sortida del dipòsit 1 accionant una vàlvula. S'observa que en produir-se l'obstrucció el sistema expert detecta una situació de règim transitori en què no pot pronunciar-se sobre el motiu d'aquesta, però passats uns 70 segons el diagnòstic és el correcte tant en règim transitori com en règim permanent.

6. CONCLUSIONS

Fent una comparació de les característiques i les utilitats dels diferents abstractors estudiats en els apartats anteriors es pot concloure que cadascun d'ells pot resultar d'utilitat si bé alguns són més fàcils d'utilitzar o d'altres es poden aplicar a un ventall més ampli de senyals. A continuació es fa una valoració de cadascun per separat i finalment es presenta una taula comparativa amb les característiques més importants de cada un.

6.1 Tendència i oscil·lació

La característica principal d'aquesta eina és que dona informació *on-line*. Això representa un avantatge important enfront dels altres abstractors estudiats. Cal dir que, a més del resultat final (tendència i oscil·lació qualitatives), es poden utilitzar altres informacions intermèdies com els salts, extrems relatius, període estimat, senyal filtrat..., que ofereixen un conjunt d'informacions molt útils en supervisió de processos.

Aquest abstractor, però, només resulta útil per a senyals amb oscil·lacions. Per a senyals sense oscil·lacions perd efectivitat i, fins i tot, perd el sentit. Cal dir, també, que la utilització de diversos filtres fa que es produeixin retards importants que s'han de tenir en compte a l'hora d'avaluar els resultats. La gran quantitat d'operacions (filtres i qualificacions en zones) fa que hi hagi molts paràmetres per ajustar, la qual cosa provoca que la configuració sigui bastant complicada i que calgui tenir un coneixement molt bo a priori del procés.

6.2 Histogrames

Els histogrames proporcionen una estimació general del comportament dels senyals que pot ser útil per a fer-ne una descripció poc precisa, sobretot, per la detecció de comportaments anormals (sobrepasament de límits, oscil·lacions...). El fet d'utilitzar la qualificació en zones fa que sigui necessari un bon coneixement previ dels senyals per triar-ne el nombre i l'abast.

Una característica important és la utilització de finestres temporals. Això fa aquest sistema prou robust per enfrontar-se a sorolls o dades incorrectes i permet un estudi de l'evolució del senyal durant un cert període de temps, però al mateix temps fa que es produeixin retards en la informació. La tria de la durada de la finestra, com la de les zones, també farà necessari un bon coneixement del procés.

6.3. Representació triangular

La representació triangular de tendències, si bé pot ser aplicada *on-line* utilitzant finestres temporals, pot resultar útil, sobretot, per a l'estudi de senyals prèviament emmagatzemats. Els principals avantatges que presenta són els següents:

- El procés d'abstracció i escalat es realitza automàticament, independentment del

senyal estudiat. Només cal determinar a quina escala es vol obtenir la informació.

- Proporciona directament informació simbòlica (tipus de triangle o trapezi) que ja és útil per al sistema expert.

- Conserva una part d'informació numèrica.

Com a punts negatius d'aquesta eina, podem destacar que el fet de basar-se en una detecció de màxims, mínims i punts d'inflexió fa que no resulti gaire útil per a senyals amb sorolls (farà falta un filtratge previ, o sigui, un coneixement no trivial sobre el procés) o discontinuïtats, ja que es poden donar 'falses' deteccions que donin lloc a un escalat incorrecte i a interpretacions dolentes.

Tot això fa que resulti una eina robusta, ja que es pot aplicar directament sobre qualsevol senyal, però s'ha de tenir en compte que en alguns casos pot donar lloc a resultats incorrectes si no s'hi afegeix un coneixement gaire lligat al procés.

6.4 Wavelets

La teoria Wavelet proporciona una eina molt útil per a l'obtenció d'informació significativa dels processos. Aquesta utilitat és expressada sobretot pel fet que permet fer una descomposició dels senyals en diferents components que reflecteixen les diferents influències que reben aquests senyals. Les Wavelets permeten separar les dinàmiques que intervenen en un procés.

L'algorisme de descomposició permet una fàcil aplicació, si bé requereix un bon coneixement de les funcions triades com a base, del que representa per a la descomposició el fet d'utilitzar una base o una altra. Els resultats poden ser totalment dife-

	FILTRATGE + QUALIFICACIÓ	HISTOGRAMES	REPRESENTACIÓ TRIANGULAR	TRANSFORMADA WAVELET
CONEIXEMENT DE L'ABSTRACTOR	molt	prou	poc	molt
CONEIXEMENT DEL PROCÉS	molt	prou	poc	molt poc
CONFIGURACIÓ	difícil	fàcil	no en necessita	fàcil
ROBUSTESA	poca	molta	relativa	molta
TIPUS DE PROCÉS	amb oscil·lacions	lent	qualsevol, amb oscil·lacions	qualsevol
INFORMACIÓ	tendència, oscil·lació, extrems, salts...	dominància, mode dominant, entropia	tendències a diferents escales	comportament a diferents escales
UTILITAT PRINCIPAL	separació de tendències i oscil·lacions	qualificació fiable	representació qualitativa a diferents escales	separació del comportament a diferents escales
VALORACIÓ	massa específic	fiable però lent en detecció	útil però 'poc consistent'	útil per a aplicar-hi altres abstractors

rents per a bases diferents. També cal determinar a quin nivell de descomposició es vol arribar i quins *detalls* o *aproximacions* es volen estudiar.

La informació donada es pot utilitzar directament, però pot ser útil sobretot per a aplicar-hi posteriorment altres abstractors com els que s'han estudiat en aquest treball, per exemple la representació triangular (Bakshi *et al.* 1994).

7. AGRAÏMENTS

Aquest treball ha estat realitzat en el marc del projecte CICYT TAP93-0596-C04-03.

8. Bibliografia

- ÅSTRÖM, K.J. ; ANTON, J.J. ; ÅRZEN, K.E.. 1986, Expert Control, *Automatica*, vol. 22 núm. 3, pàg. 277-286
- AYROLLES, L. ; AGUILAR-MARTIN, J. ; GUERIN F.. 1995, Interprétation Symbolique pour la Supervision Multi-Résolution de Processus Dynamiques, *Supervision de Processus à l'aide du Système Expert G2*, Ed. Hermes, pàg. 73-90
- BAKSHI B.R. *et al.* 1994, Analysis of operating data for evaluation, diagnosis and control of batch operations, *Journal of Process Control*, vol. 4, núm. 4, pàg. 179-194
- CHEUNG, J. T. ; STEPHANOPOULOS G.. 1990, Representation of process trends, parts I i II, *Computers Chemical Engineering*, vol. 14, pàg. 495-540
- COLOMER, J. *et al.* 1995, Abstracting qualitative information for process supervision, *Universitat de Girona*, 95/003-EI, Girona
- DORF, R.C.. 1993, Exploring Control Design Variables, *Proceedings of the American Control Conference*, pàg. 3062-3066
- FERAY-BEAUMONT, S. ; GENTIL, S.. 1989, Declarative Modelling for process Supervision, *Revue d'intelligence artificielle*, vol. 3, núm. 4, pàg. 135-150
- FOULLOY, L. ; ZAVIDOVIQUE, B.. 1994, Towards Symbolic Process Control, *Automatica*, vol. 30, núm. 3, pàg. 379-390
- FOULLOY, L. ; ZAVIDOVIQUE, B.. 1989, Using qualitative reasoning to write expert controllers, *Revue d'Intelligence Artificielle*, vol. 3, núm 4, pàg. 151-173
- GANZ, C.A. ; KOLB, P. ; RICKLI, M.. 1993, A Data Management Tool for Computed Aided Control Engineering, *Proceedings of the American Control Conference*, pàg. 3076-3080
- GOPINATH, R.A. ; BURRUS, C.S.. 1991, Wavelets and filter banks, *Wavelets : A Tutorial in Theory and Applications*, C.K. Chui, Academic Press.
- ISERMANN, R . 1984, Process Fault Detection Based on Modeling and Estimation Methods- A Survey, *Automatica*, vol. 20, núm. 4, pàg. 387-404
- JOVIC, F.. 1992, *Expert Systems in Process Control*, Chapman & Hall
- RAKOTO-RAVALONTSALAMA, N.. 1993, Sur l'interface numerique-symbolique dans un schema de supervision de systemes dynamiques a l'aide de systemes experts, *These de Doctorat Universite Paul Sabatier*, Tolosa, França
- SARRATE R. *et al.* 1995, Generación de eventos por análisis de datos basado en ventanas deslizantes, *XVI Jornadas de Automática*, Donostia