

## INTERFEȚE ETHERNET PENTRU ACHIZIȚII DE DATE

Florin MANEA\* Costin CEPIȘCĂ\* Nicolae JULA\*\*

\*Universitatea POLITEHNICA București, costin@wing.ro

\*\*Academia Tehnică Militară București, njula@mta.ro

*Abstract: The paper presents an analysis of the acquisitions systems used in the technical equipments. The Ethernet interface is presented with the applications in instrumentation.*

*Cuvinte cheie: achiziții date, instrumentație, interfață, Ethernet, topologie*

### 1. INTRODUCERE

În prezent, lumea industrială vrea să crească ritmul și calitatea producției pentru a opera cât se poate de eficient. În acest sens, proiectanții și producătorii de echipamente caută să găsească metode pentru mărirea capacității și preciziei hardware-lui DAQ și să consolideze controlul la nivelul unui singur sistem computerizat.

Pe plan istoric, modulele de achiziție date, sistemele externe DAQ și instrumentele emulate prin diverse module într-un rack au fost amplasate relativ aproape de sistemele computerizate la care erau conectate ca și senzorii și sursele de semnal care trebuiau monitorizate [1].

Soluțiile tipice de achiziții de date, care au pornit de la un prim standard industrial adoptat în 1986, ce prevedea 12 biți rezoluție, oferă rezoluții de măsurare limitate. Chiar dacă azi se pot aborda relativ ușor module de conversie pe 16 biți, pot duce la eșecuri scumpe și eficiență de producție scăzută. Din moment ce este teoretic posibil să instalezi un controller PC și o instrumentație de o rezoluție mai mare echipată GPIB în fiecare punct de monitorizare cerut, astfel de soluții DAQ distribuite sunt scumpe și au fost limitate la PC dedicate activităților de colectare a datelor și transfer a lor într-o rețea. GPIB este cea mai folosită arhitectură de magistrală de date în sisteme de testare bazate pe instrumentație și aplicații de măsurare, dar costul prohibitiv al acestei arhitecturi o face nepractică pentru sisteme mari de achiziție de date distribuite. Cu toate că standardele pentru bus, cum ar fi RS-422 și RS-485, fac posibilă operarea hardware-ului DAQ de la o distanță de zeci sau sute de metri de calculator, sistemul complet implică adesea adaptări, extensii și alte componente hardware care măresc complexitatea și costul. Mai mult, alte cereri ale sistemului pot, în mod colectiv, să facă mai dorit sau chiar necesar, pentru a asigura funcționalitatea la nivelul sistemului DAQ, un anumit bus standard care operează la distanță mai mică.

Secțiile de producție, birourile etc. au devenit mai conectabile prin intermediul rețelelor locale și a internetului care promite utilizatorului distanță virtuală nelimitată. Legarea instrumentației de măsurare existentă la rețeaua unei entități economice prin modulele de conversie RS-232 sau GPIB la Ethernet poate părea ca o soluție evidentă, dar și această abordare are, de asemenea, lipsuri. Utilizarea convertorilor la standardul Ethernet adaugă un alt strat de integrare, menținere și complexitate a detectării de defecțiuni tehnice și poate costa până 1000 \$ pe convertor pentru fiecare instrument GPIB, RS-232 sau locație de testare. N-ar trebui să fie o surpriză că integrarea unei interfețe Ethernet direct în instrumentație câștigă teren ca o nouă arhitectură preferată pentru implementarea unui bus de comunicație destinat sistemelor de achiziție de date.

### 2. CERINȚELE UNEI APLICAȚII

Inginerii din departamentele de testare a calității produselor sau de pe liniile de fabricație din industria electronică și nu numai, se bazează pe metode de testare și îmbătrânire accelerată,

denumite adesea testări tip HALT/HASS, pentru a asigura fiabilitatea produsului pe termen lung. Efectuarea acestor teste în mod eficient presupune abilitatea de a face măsurători de la distanță în diverse locații sau medii distribuite dintr-un loc central. Aceste teste necesită, în general, măsurători repetabile și trasabile ale unor parametrii într-un număr mare de canale de măsură și care trebuie adunate într-un singur loc. Multe secvențe de testare necesită ore sau chiar zile pentru a fi efectuate, astfel încât fiabilitatea pe termen lung a echipamentelor și securitatea datelor sunt critice. Într-un mediu industrial normal, inginerii de proces sau cei destinați aparaturii de câmp reușesc întotdeauna să crească eficiența și rentabilitatea echipamentelor industriale, cum ar fi: generatoare, motoare, pompe, mașini electrice și, în mod constant, ei fac teste de evaluare preventive. Canale multiple trebuie monitorizate continuu pe perioade extinse, adesea în medii zgomotoase sau puternic perturbatoare, unde PC-urile și operatorii sunt dificil, dacă nu imposibil, de utilizat. Semnalele de control sunt necesare pentru a utiliza alarmele de tip trece/defect să alerteze controlorii de calitate. În laboratoarele universitare sau cele de cercetare, utilizatorii necesită tot mai mult facilități de diagnosticare de la depărtare, canale multiple de măsurători precise și un instrument modular, ușor accesibil cu scopul de a valida și caracteriza sistemul proiectat sau de a monitoriza mediul de laborator (umiditatea relativă, CO, O<sub>2</sub> etc.).[2] Când punctele de măsurare sunt împrăștiate sau greu de abordat din punct de vedere al poziției, al modului de acces sau al mediului, devine dificilă monitorizarea la nivel hardware sau intervenția dacă apar probleme. Mediile industriale zgomotoase sau severe pot afecta precizia măsurătorilor, cerând folosirea unor costisitoare elemente sau circuite destinate filtrării semnalelor parazite și, în special, carcase întărite și construite pentru a ține piept condițiilor riscante și dificile de lucru.

### 3. TENDINȚE ACTUALE ÎN ARHITECTURA CALCULATOARELOR

Un alt stimulent pentru trecerea la soluții bazate pe instrumente cu facilități Ethernet integrate este pus în mișcare de dezvoltările actuale ce au loc la nivelul soluțiilor constructive ale PC-urilor. Potrivit unor puncte de vedere ale principalilor factori de decizie în industria calculatoarelor, în viitorul nu prea îndepărtat, PC-urile nu vor mai conține sloturi de extensie a configurației și toate comunicațiile cu sistemul se vor efectua pe bus-uri externe. Vechile sisteme DAQ și arhitecturile PC vor persista, deoarece industriile sunt pline de astfel de sisteme care sunt perfect funcționale. Totuși, instalațiile noi vor cere PC-uri noi.

Principalele soluții pentru înlocuirea bus-urilor externe actuale (GPIB, tip paralel, și RS-232, tip serie) sunt USB (Universal Serial Bus) și IEEE-1394 (FireWire). Amândouă oferă o viteză mare, dar sunt limitate la o distanță de aproximativ 15 m între componentele sistemului. În acest caz, echipamente suplimentare de tip hub sunt necesare pentru a lega împreună numeroase segmente de cablu cu scopul de a ajunge la distanțe mai mari între echipamente. Numărul total de segmente de cablu care pot fi conectate sunt 127 pentru USB și 63 pentru FireWire.

O soluție bus "ideală" ar trebui să ofere distanțe mai mari de comunicare între componente împreună cu o implementare mai ușoară și un cost scăzut.

Interfața Ethernet satisface acum toate aceste necesități precum și alte nevoi cu care sistemele de testare și măsurare sunt în strânsă legătură în cea mai performantă manieră. Ea este folosită de toți foarte rapid, ieftin și este capabilă de comunicații la distanțe mari. Fiindcă interfața Ethernet este un lucru comun acum în toate mediile de business, este aproape sigur că în viitorul apropiat PC-urile vor conține, de asemenea, porturi Ethernet încorporate, ceea ce se va răsfrânge asupra prețului conectării prin portul Ethernet al unui PC la un alt PC sau echipament.

Interfața Ethernet mărește, de asemenea, opțiunile pe care utilizatorii le au pentru platformele de comandă și sistemele de operare.

Sistemul de operare Microsoft Windows care rulează pe un PC predomină în prezent piața ca o platformă care poate fi aleasă pentru implementarea unui DAQ, dar nu este preferată de toți și nu este cea mai preferabilă soluție pentru toate întreprinderile și aplicațiile. Există și alte platforme

de calcul și sisteme de operare notabile, cum ar fi mașinile Apple, stațiile de lucru, platformele mari de calcul, sistemele Unix, Linux, DOS etc.[3]

În trecut, pentru a face un DAQ posibil din punct de vedere tehnic și economic a însemnat, de multe ori, să limitezi realizarea DAQ la puține soluții, dependente de cele mai răspândite medii de calcul ale momentului.

În prezent, pentru a uni sistemele de achiziții de date cu platformele alternative înseamnă aproape în mod universal folosirea unui instrument DAQ extern, pentru care interfața hardware și software sunt încă cerute. Având un sistem de măsurare care comunică direct prin Ethernet, jumătate din problemă privind compatibilitatea este eliminată. Dacă utilizatorul poate conecta hardware-ul DAQ la un sistem cu un port Ethernet incorporat, completarea sistemului devine un exercițiu în dezvoltarea de programe care pot trimite comenzi și primi date de la procesul sau fenomenul studiat sau condus.

Un aspect al DAQ care este în strânsă legătură cu sistemul de operare pe care rulează aplicația este răspunsul la mecanismele externe de declanșare a achiziției și la alte tipuri de stimuli. Sistemele în care un anumit timp maxim de răspuns poate fi garantat în raport cu apariția sau declanșarea unui eveniment se numesc deterministice.

Cunoscând acest timp de răspuns maxim, programatorii pot crea programe care să opereze după toate probabilitățile și să evite, de asemenea, aplicațiile în care sistemul este incapabil să asigure timpul de răspuns cerut și precizia necesară realizării controlului.

Sistemul de operare Microsoft Windows este un sistem care gestionează mesaje și parcurge o listă de evenimente cu un timp de tratare nepredictiv, ceea ce înseamnă că nu poate garanta valoarea unui timp de răspuns la o întrerupere sau de tratare a sa și de aceea nu asigură o mare performanță în abordarea deterministică a unui fenomen sau a unui algoritm de tratare în timp real a unei secvențe dintr-un anumit proces.

Pentru acele aplicații care cer un răspuns în minute sau chiar în secunde, sistemul de operare Microsoft Windows s-ar putea să meargă bine, dar o aplicație cu secvențe bazate pe algoritmi cu timp critic care întâmpină întârzieri mari sau imprevizibile în ceea ce privește durata execuției sau a timpului de răspuns a sistemului poate bloca execuția.

În mod clasic, soluția la realizarea aplicațiilor destinate controlului în timp real cu sistemul de operare Windows a fost să se echipeze plăcile de interfață interne ale DAQ sau sistemele DAQ externe cu un microprocesor propriu intern, al cărui hardware sincronizat poate opera independent de unitatea centrală a unui PC.

Această structură devine și mai necesară pentru DAQ care încorporează subsisteme bazate pe interfața de comunicație Ethernet, deoarece rețelele însele sunt de asemenea tipic sau puternic nedeterministe. Ca o observație, folosind interfața Ethernet se pot transfera mai eficient blocuri mai mari de date decât cele mai mici. Din acest motiv, este de dorit un buffer de memorie cu o dimensiune mai mare în structura instrumentelor care folosesc interfața de comunicație Ethernet, pentru ca prin funcția de stocare locală a datelor specifică echipamentelor de tip data-logger să se poată memora date local în mod autonom, fără a fi nevoie de intervenții frecvente ale PC-ului sau de legarea și transferul de date la nivelul rețelei.

O bază de timp și o unitate locală de procesare sunt necesare deoarece, fără sprijinul continuu al unității centrale de control, sistemul DAQ trebuie să ia un rol mai activ în asigurarea funcțiilor logice, a celor de tratare a evenimentelor și a altor funcții de control. În cazul multor programe, execuția acestora depinde de limite de alarmă preprogramate și semnale analogice cu funcții de trigger, de tip nivel sau pantă, pentru a permite notificarea automată în momente critice.

În sistemele bazate pe interfața de comunicații Ethernet, instrumentele trebuie să-și asume mai mult din funcția de executant sau furnizor pentru aceste servicii.

Protocoalele implementate de standardul Ethernet de generație actuală transferă date la 10 Mbits și 100 Mbits/s. O viteză de 100 Mbits/s este aproximativ egală cu 10 Mbytes/s, care este de 10 ori mai rapidă decât rata de transfer pe bus-ul GPIB. Sunt dezvoltate standarde Ethernet mai speciale care transmit chiar 1 Gbit și 10 Gbits/s. Astfel, există acum anunțuri preliminare privind

unele protocoale pe standardul Ethernet chiar mai rapide, cu toate că, în acest caz, va fi nevoie de un nou hardware de interfață.

Invers, viteza maximă de transfer a datelor pentru bus-ul GPIB nu va depăși, probabil, niciodată 1 Mbyte/s. O încercare de a adopta o versiune GPIB mai rapidă realizată acum câțiva ani a fost fără succes din moment ce producătorii și utilizatorii nu au dorit să renunțe la robustețea standardului de tip bus GPIB pentru o creștere modestă de viteză.

Interfața Ethernet asigură, de asemenea, o conexiune simplă și convenabilă. Cablurile, conectorii, sistemele de conectare și alte componente destinate realizării unui sistem distribuit sunt deja disponibile pentru a permite legarea prin fire a componentelor locale sau a celor depărtate într-un timp relativ scurt. La nivelul multor întreprinderi sunt deja realizate rețele locale, astfel încât rețelele largi de instrumente sau DAQ distribuite pot fi implementate fără a avea nevoie de construirea unei infrastructuri de rețele complet nouă sau foarte diferită.

#### 4. DIRECȚII ACTUALE ÎN ACHIZIȚIA DE DATE. ELEMENTE HARDWARE

Sistemele computerizate DAQ au parcurs un drum lung în termeni de viteză, rezoluții, acuratețe și performanță generală în cele două decenii de când au fost introduse. Inițial, lumea măsurătorilor era împărțită în două tabere și fiecare făcea anumite concesii pentru a obține ceea ce vroia. Cele care vroiau rezoluții înalte și acuratețea specifice instrumentelor renunțau la viteză, elasticitate (mobilitate), și economia specifică sistemelor computerizate de achiziții de date. Cele care aveau nevoie de un număr mare de canale de măsură, semnale mixte, viteză mare și cost pe canal relativ mic mergeau pe DAQ computerizat, dar adesea se rezumau la o rezoluție de 3 ½ sau 4 ½ digiți și arhitecturi bus particulare.[4]

În prezent, aceste conflicte aparente se axează pe capacitățile de a crea sisteme DAQ cu mai multe canale care să opereze pe bus-uri standardizate cum ar fi GPIB, RS-232 și cel mai recent, Ethernet. Aceste sisteme variază în ceea ce privește comoditatea (avantajul) de operare, numărul de canale, performanța și capacitatea de a lucra cu tipuri de semnale mixte.

Totuși, toate structurile DAQ actuale adoptă interfețe de comunicație standardizate. La marginea acestei direcții este sistemul de achiziție de date bazat pe DMM, care oferă toate avantajele de operare și afișare locală a datelor specifice unui DMM de mare rezoluție, ceea ce dă acestor instrumente elasticitatea (mobilitatea) și integritatea de măsurare.

Redăm succint câteva dintre caracteristicile și performanțele sistemelor de achiziție de date bazate pe DMM:

- rezoluție de 6 ½ digiți (sau chiar mai bună); Echivalentul conversiei A/D pe 22 biți asigură măsurători mai sensibile decât convertoarele A/D de 12 , 14 și 16 biți folosiți în modulele de interfață ale DAQ și în multe alte sisteme externe;
- metodele de conversie A/D specifică echipamentelor de tip DMM din clasa profesională; În mod firesc metodele de conversie implementate la nivelul convertorului A/D sunt superioare din punct de vedere al rejecției zgomotului de mod comun decât metoda de conversie A/D cu aproximare succesivă folosită la realizarea convertoarelor A/D utilizate în majoritatea plăcilor de interfață ale DAQ bazate pe PC și în alte câteva sisteme DAQ la externe.
- condiționarea semnalului – excitări încorporate și filtrarea pentru diverse tipuri de senzori simplifică setarea testelor.
- funcții matematice încorporate – automatizează procesul de transformare a tensiunilor și curenților în unități ingineresti și în parametri fizici de măsurare.
- capacități de testare auxiliare - în afară de tensiunile CC de bază și semnalele digitale I/E, sistemele specifice de achiziție de date bazate pe DMM includ funcții de măsurare sau control care nu se găsesc în sistemele și plăcile convenționale, cum ar fi măsurarea sofisticată și deosebit de performantă a curentului continuu, tensiunii și curentului alternativ, rezistenței prin metoda cu 2 și 4 fire, temperaturii (termocupluri, rezistențe

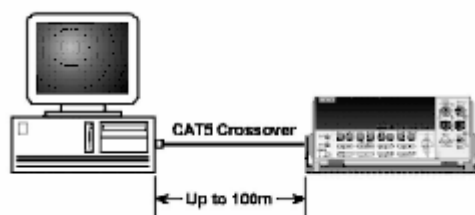
termovariabile), frecvenței sau perioadei, numărarea evenimentelor, totalizarea și continuitatea circuitelor.

Adăugarea în structura unui DMM a unei interfețe Ethernet asigură facilități de transmițător sau receptor de date și abilitatea sistemului de a i se atribui o adresă IP. Din moment ce această caracteristică se îndeplinește, controllerul sau computerul echipat cu interfață Ethernet poate comunica direct cu instrumentul prin conexiunea de tip Ethernet. Pachetul poate fi în această configurație dezvoltat cu particularități cum ar fi memorie de date extinsă, setare automată a adresei IP și o interfață alternativă, de exemplu RS-232.

## 5. TOPOLOGII DE SISTEM

Există un număr de topologii de rețea de comunicare într-un sistem de achiziție de date bazat pe interfața de comunicație Ethernet. Fiecare dintre aceste topologii poate reduce costurile de rețea deoarece folosesc doar un singur calculator în comparație cu sistemele de achiziție date distribuite tradiționale în cadrul cărora la fiecare instrument sau sistem local DAQ poate fi nevoie de un calculator sau controller. În Tabelul 1 se face o comparație între două modalități de realizare a sistemelor distribuite de achiziție de date și anume varianta tradițională și noua arhitectură bazată pe interfața de comunicație Ethernet.

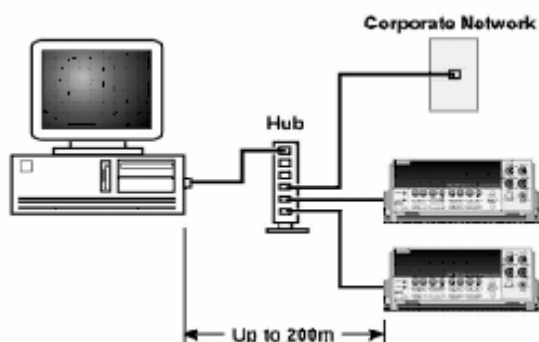
O conexiune directă a calculatorului la DAQ este cea mai simplă dintre toate schemele bazate pe interfața Ethernet și seamănă cu topologia obișnuită din rețelele GPIB sau RS-232. Sunt posibile conectări directe între echipamente pe distanțe de până la 100 m - Fig.1.



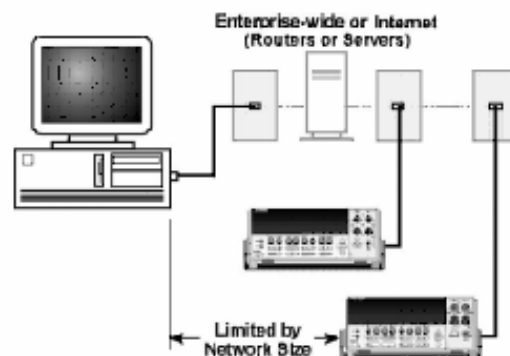
**Fig.1. Conectare PC direct la instrumentul Ethernet.**

Adăugarea unui hub la structura de sistem - Fig.2, permite calculatorului de control al achiziției să acceseze alte resurse din rețeaua Ethernet în afară de cele ale sistemelor DAQ. Distanța maximă dintre echipamente se mărește la 200 m (100 la și de la hub).

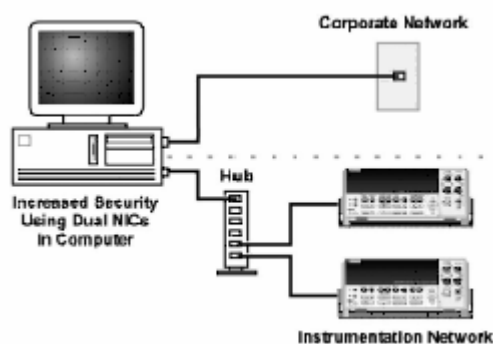
O structură de sistem distribuit geografic ideală pentru o rețea DAQ instalată la nivelul unei întreprinderi este prezentată în Fig.3. Mai multe sisteme DAQ pot fi distribuite în toate părțile unității de producție sau platformei industriale pentru a aduna date și a le trimite înapoi prin rețea la un calculator central. Distanța maximă între echipamente este limitată de mărimea rețelei. O distanță nelimitată virtual pentru componentele unui DAQ distribuit este posibil de realizat prin folosirea Internetului în locul LAN-ului local, cum se arată în Fig.3. Instrumentele cu interfață Ethernet încorporată pot fi setate, programate sau interogate de oriunde din lume unde este posibil accesul la Internet. Totuși, canalul de comunicație va trebui să fie controlat astfel încât să permită accesul la adresele IP în afara rețelelor locale. Ultimul exemplu de topologie specific rețelelor care încorporează instrumente cu interfață Ethernet constă în folosirea a două sau mai multe plăci de interfață de rețea într-un singur PC. Acest aranjament creează o subrețea separată, destinată instrumentelor de măsură conectate direct prin interfața Ethernet, rețea care izolează rezultatele achiziției de date de celelalte informații de pe rețeaua generală a întreprinderii. Astfel, utilizatorii care nu au nevoie să acceseze datele de la instrumentelor de măsură conectate direct prin interfața Ethernet nu pot comunica cu instrumentele în mod neglijent.



**Fig.2. PC prin hub direct la instrumentele Ethernet, conectare sau schimb de date fără afectarea conexiunii la rețeaua Internet sau rețeaua locală.**



**Fig.3. PC prin LAN sau Internet la instrumentele Ethernet.**



**Fig.4. PC cu două interfețe de rețea Ethernet.**

## 6.CONCLUZII

Noua realizare pe plan mondial în domeniul instrumentației și al sistemelor DAQ, hardware de achiziție de date bazat pe DMM și interfață de comunicație Ethernet, exemplificată prin sistemul KEITHLEY 2701, deschide posibilități foarte interesante pentru un cost minim de construire a sistemelor DAQ care pot aduna date de prin toată lumea și transferă rezultatele la un computer central sau orice altă resursă de calcul desemnată să comunice cu aceste echipamente.

Beneficiile auxiliare, cum ar fi integritatea măsurării, elasticitatea, programarea simplificată și platforme de calcul sau calculatoare adevărat independente, pot rezulta, de asemenea, din această combinație.

Poate mai important, DAQ cu interfață Ethernet încorporată elimină multe din compromisurile comune care sunt impuse de alte arhitecturi DAQ. Acum, inginerii și cercetătorii se pot bucura de ce este mai bun pe lume, cu rezoluții de măsurare mari, număr mare de canale, expandabilitate și inteligență în cadrul sistemului DAQ care poate fi distribuit geografic pe distanțe mari, chiar la dimensiune planetară.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] \*\*\* Data acquisition and control handbook, Keithley, 2001
- [2] \*\*\* Low level measurements, Keithley, 2000
- [3] \*\*\* TestPoint 4.1.User Manual, Keithley, 2002
- [4] Richard, H.(2000), Caro-Real Time Networks in Industrial Automation. Dedicated Systems Magazine, nr.2, 2000