

Deoarece se utilizează o modulație de tip PSK4, se definesc 4 valori posibile ale fazei  $\varphi_k$  și anume:

$$\left\{ 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2} \right\}, \quad (2.29)$$

căroră le corespund valori ale perechilor  $(A_k, B_k)$  de forma:

$$\{ (1,0), (0,1), (-1,0), (0,-1) \}. \quad (2.30)$$

Codificarea diferențială presupune calcularea fazei corepunzătoare simbolului curent în funcție de faza utilizată pentru simbolul anterior și valoarea simbolului curent, după cum urmează:

$$\varphi_k^{\text{curent}} = \varphi_k^{\text{anterior}} + \Delta\varphi_k, \quad \forall k \in \overline{1,15}. \quad (2.31)$$

În expresia (2.31),  $\Delta\varphi_k$  conține codul simbolului curent, format din 2 biți, ca în Tabelul 2.3.

**Tabelul 2.3. Coduri diferențiale ale simbolului curent, reprezentate pe 2 biți.**

Valoare pe biți	00	01	10	11
Valoare $\Delta\varphi_k$ :	0	$\frac{\pi}{2}$	$\pi$	$\frac{3\pi}{2}$

Deoarece, în generarea semnalului modulat, se utilizează perechile de valori  $(A_k, B_k)$  în locul fazei  $\varphi_k$ , este utilă o metodă de determinare directă a acestora. Tabelul 2.4 prezintă modul de determinare a valorilor curente ale perechii  $(A_k, B_k)$  în funcție de cele anterioare și valoarea simbolului curent.

**Tabelul 2.4. Valorile curente real-imaginar ale caracteristicii de fază.**

Biți codificați	$(A_k, B_k)$ anterior			
	(1,0)	(0,1)	(-1,0)	(0,-1)
00	(1,0)	(0,1)	(-1,0)	(0,-1)
01	(0,1)	(-1,0)	(0,-1)	(1,0)
10	(-1,0)	(0,-1)	(1,0)	(0,1)
11	(0,-1)	(1,0)	(0,1)	(-1,0)

În practică, pentru fiecare simbol, se utilizează un număr mai mare de eșantioane decât cel corespunzător unei perioade a frecvenței de bază  $f_0$ . Se procedează în acest mod, deoarece semnalele radio recepționate pot să conțină versiuni întârziate ale semnalului, cauzate de ecourile care apar în timpul propagării undelor electromagnetice. Deși au o amplitudine mai mică decât a semnalului principal, aceste ecouri vor afecta procesul de demodulare, deoarece, peste începutul fiecărei perioade de simbol, se va suprapune o parte din semnalul corespunzător simbolului anterior (fenomen cunoscut sub numele de *interferență inter-simbol temporală*). Dacă ultimul ecou este recepționat după un interval de timp  $T_i$ , rezultă că o extindere a intervalului de simbol de la  $T_s$  la  $T_s + T_i$  crează o zonă tampon la începutul acestui interval, zonă în care se pot manifesta efectele ecourilor. Astfel, intervalul de durată  $T_s$  rămîne neafectat de ecouri.

Un alt motiv care justifică extinderea intervalului de simbol este legat de realizarea sincronizării demodulatorului cu intervalele de codificare ale simbolurilor. Decodificarea corectă a informației modulate presupune analizarea fazei purtătoarelor pe durata unui

interval  $T_s$ . Dacă intervalul de analiză nu este perfect aliniat cu cel corepunzător unui simbol, atunci semnalul analizat va conține o parte din semnalul unui simbol adiacent și decodificarea informației poate fi realizată incorect. Extinderea intervalului de simbol oferă o marjă de eroare în realizarea alinierii pentru care se menține fereastra de analiză în interiorul intervalului extins corespunzător simbolului curent.

Intervalului de simbol a fost extins cu 32 de eșantioane în cadrul interfeței noastre. Calculul eșantioanelor semnalului modulat va fi realizat cu ajutorul relației (2.28), în care se modifică doar numărul eșantioanelor generate de la 256 la 288.

### C. Demodularea semnalului recepționat

Pentru demodularea semnalului recepționat, este necesară soluționarea următoarelor probleme:

- Problema *decodificării*, adică a extragerii informației codificate de semnal.
- Problema *sincronizării*, adică a alinierii ferestrei de analiză cu intervalele de simbol.

La vom aborda pe rând în continuare.

#### C.a. Decodificarea datelor

Decodificarea valorii biților prezenți într-o fereastră de analiză, aliniată cu un interval de simbol  $T_s$ , presupune determinarea fazei corepunzătoare fiecărei purtătoare. Informația de fază poate fi determinată prin aplicarea Transformatei Fourier Discrete (TFD) [OpSc85], [PrMa95] asupra semnalului din fereastra de analiză. Perechile de valori  $(A_k, B_k)$  aferente fiecărei purtătoare se deremină pe baza următoarelor relații de calcul:

$$\begin{cases} A_k = \frac{1}{128} \sum_{n=0}^{255} x(n) \cos\left(\frac{2\pi k n}{256}\right) \\ B_k = \frac{1}{128} \sum_{n=0}^{255} x(n) \sin\left(\frac{2\pi k n}{256}\right) \end{cases}, \quad \forall k \in \overline{1,15}. \quad (2.32)$$

Aceste valori diferă de cele ideale (2.30), deoarece semnalul este perturbat de zgomotul existent în canalul de comunicație precum și de neliniaritatea caracteristicii de frecvență a întregii căi de transmisie a semnalului. Din acest motiv, reconstituirea valorilor  $(A_k, B_k)$  se face prin aproximarea valorilor calculate la cele mai apropiate valori ideale, conform strategiei ilustrate în Figura 2.32. Astfel, discul unitar este împărțit în 4 regiuni de aproximare, determinate de diagonalele (principală și secundară ale) planului complex. În cazul în care valorile perechii  $(A_k, B_k)$  se situează chiar pe una dintre diagonale, se alege una dintre perechile  $(-1,0)$  sau  $(1,0)$ , în funcție de semiplanul căruia îi aparține aceasta.

Cu aceste valori approximate la cele ideale și cu cele corespunzătoare fazei simbolului anterior se poate determina ușor valoarea  $\Delta\phi_k$ , pe baza căreia sunt identificați cei doi biți codificați de purtătoare.

#### C.b. Metoda de sincronizare

Problema sincronizării demodulatorului cu semnalul recepționat este comună tuturor tehnicilor de modulație (digitale sau analogice). Soluția acestei probleme se bazează pe organizarea informației transferate sub forma unor pachete de dimensiune fixă sau variabilă, între niște limite prescrise. Transmiterea fiecărui pachet este precedată de un preambul de sincronizare, care revine la un semnal cu caracteristici cunoscute, alese astfel încât să permită receptorului o sincronizare inițială. După sincronizarea inițială, se poate realiza o ajustare fină la nivelul fiecărui interval de simbol în parte, pentru a compensa tendința de desincronizare cauzată de diferențele existente între bazele de timp ale emițătorului și ale receptorului.

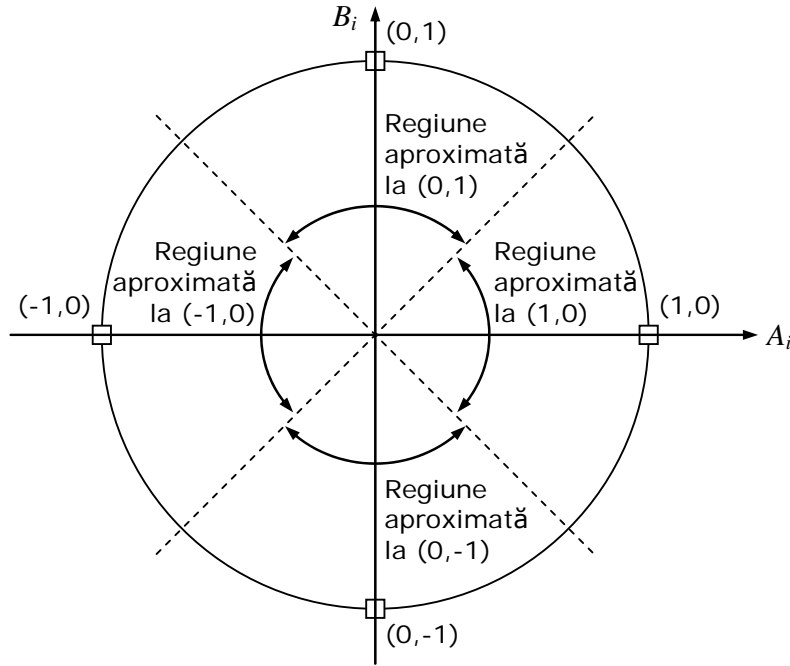


Figura 2.32. O strategie de aproximare a fazelor calculate.

În cazul metodei de modulație cu multiplexare pe frecvențe ortogonale, a fost adoptată metoda de sincronizare descrisă în continuare.

#### ✚ Sincronizarea inițială

Inițial, se utilizează un preambul format numai din purtătoarele pilot (de tip **P**). Demodulatorul analizează semnalul într-o fereastră glisantă conținând 256 de eșantioane. Suprapunerea ferestrei de analiză peste acest preambul se detectează testând două condiții:

- dacă intensitatea fiecărei purtătoare pilot depășește o valoare de prag  $V_p$ :

$$\sqrt{A_k^2 + B_k^2} \geq V_p, \quad \forall k \in \mathcal{K}_p, \quad (2.33)$$

unde  $\mathcal{K}_p$  este mulțimea indicilor corespunzători purtătoarelor pilot;

- dacă raportul dintre intensitatea medie a purtătoarelor pilot și cea a celor de date depășește un prag  $R_p$ :

$$\frac{\frac{1}{3} \sum_{i \in \mathcal{K}_p} \sqrt{A_i^2 + B_i^2}}{\frac{1}{12} \sum_{j \in \mathcal{K}_d} \sqrt{A_j^2 + B_j^2}} \geq R_p, \quad (2.34)$$

unde  $\mathcal{K}_d$  este mulțimea indicilor corespunzători purtătoarelor care codifică informație.

În momentul detecției semnalului preambul, demodulatorul intră în starea de așteptare a începerii recepției pachetului de date. Pe măsură ce fereastra glisantă începe să se suprapună progresiv peste semnalul corespunzător primului set de simboluri, raportul dintre intensitatea medie a purtătoarelor pilot și cea a celor de date începe să scadă. Acest raport va avea valoarea minimă când fereastra de analiză este aliniată corect cu secțiunea de semnal corespunzătoare primului set de simboluri. Din momentul detecției alinierii corecte, ferestrele de analiză corespunzătoare decodificării următoarelor seturi de simboluri vor fi situate, teoretic, la distanță de 288 de eșantioane între ele.

#### Ajustarea sincronizării

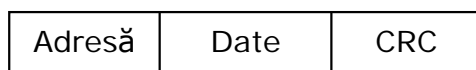
Datorită diferenței între perioadele de eșantionare ale emițătorului și receptorului, distanța reală între frecvențele de analiză corespunzătoare decodificării seturilor de simboluri va fi diferită de 288 de eșantioane. Deși diferența este foarte mică (o fracțiune din intervalul de eșantionare), există riscul unei desincronizări prin cumulare a acestor diferențe pe durata mai multor seturi de simboluri.

Ajustarea sincronizării se efectuează analizând raportul dintre intensitatea medie a purtătoarelor pilot și cea a celor de date pentru ferestre de analiză situate în jurul celei presupuse a fi aliniată corect. În cazul în care se observă că, pe durata mai multor intervale de simbol, minimul acestui raport se obține pentru o altă fereastră situată în vecinătatea celei care ar trebui să fie aliniată corect, se va proceda la corecția sincronizării prin alegerea pe post de fereastră de analiză aliniată corect a celei pentru care s-a detectat minimizarea raportului.

#### 2.6.4. Stabilirea protocolului de comunicație

Interfața de comunicație radio este capabilă să transmită și să recepționeze pachete de date cu dimensiune între 1 și 255 de octeți. Pachetele de date pot fi transmise către o singură interfață radio destinatară, selectată pe baza unei adrese unice sau pot fi difuzate tuturor interfețelor existente.

Structura pachetului de date transmis este ilustrată în [Figura 2.33](#).



[Figura 2.33. Structura unui pachet de date transmis de interfața radio.](#)

Semnificația fiecărui câmp din [Figura 2.33](#) este următoarea:

- adresa este o valoare numerică reprezentată pe 8 biți, care indică interfața radio destinatară a pachetului de date; valorile între 1 și 255 se referă la adrese asociate în mod unic fiecărei interfețe existente, în timp ce valoarea 0 indică faptul că pachetul de date este destinat tuturor interfețelor;
- câmpul de date este format din octeții care codifică informația propriu-zisă, conținută în pachetul de date; acesta are o lungime cuprinsă între 1 și 255 de octeți;
- CRC este un câmp de control destinat verificării integrității (corectitudinii) informației recepționate; lungimea sa este de 32 de biți și valoarea sa se calculează pentru primele două câmpuri, folosind polinomul generator:

$$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1. \quad (2.35)$$

La recepția unui pachet de date, se verifică mai întâi integritatea acestuia prin intermediul câmpului CRC și numai în cazul în care pachetul este corect el va fi luat în considerare.

În cazul interfeței de comunicație radio, se implementează doar funcția de transmitere și cea de recepție a unui pachet de date, împreună cu testul de verificare a corectitudinii transferului de informație. Pierderea unor pachete cauzată de erorile apărute în procesul de transfer nu este compensată la nivelul interfeței. Compensarea erorilor este realizată de nivelele superioare din protocolul implementat în aplicația de achiziție de date.

Informația achiziționată de la senzori este reprezentată de valorile eșantioanelor de semnal, măsurate la intervale de timp egale. Aceste valori, împreună cu numărul eșantionului corespunzător, sunt stocate în memoria interfeței de achiziție sub forma unor cozi, conform schemei din [Figura 2.34](#).

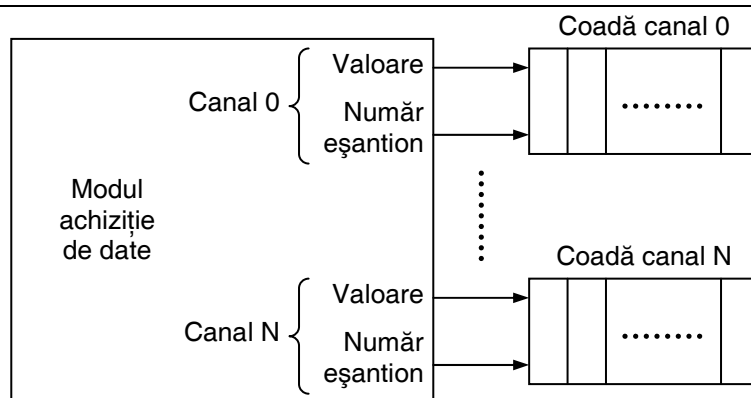


Figura 2.34. Organizarea informației în interfața de achiziție a datelor.

Aplicația din punctul de colectare a datelor interoghează succesiv fiecare interfață de achiziție de date, prin transmiterea unui pachet de date către interfața de comunicație radio asociată. Acest pachet conține numărul ultimului eșantion recepționat pentru fiecare canal al interfeței respective. În urma recepției unui astfel de pachet, interfața de achiziție de date va elimina din fiecare coadă acele eșantioane care au numărul mai mic sau egal cu cel al ultimului eșantion recepționat de către aplicația din punctul de colectare, conținutul cozilor fiind transmis înapoi ca un răspuns la interogare.

În cazul în care interogarea sau răspunsul se pierde, ca efect al erorilor de comunicație, interfața de comunicație radio nu va recepționa nici un răspuns. Aplicația din punctul de colectare a datelor așteaptă răspunsul la interogare pe durata  $T_{max}$ , după trecerea căreia consideră că transferul de date a eșuat și abandonează temporar comunicația cu interfața respectivă de achiziție.

La următorul ciclu de interogare, aplicația din punctul de colectare a datelor va repeta interogarea anterioară și va primi ca răspuns atât datele care trebuiau recepționate la interogarea anterioară (care au rămas în cozile interfeței de achiziție de date) cât și valorile eșantioanelor achiziționate între timp.

În acest mod, nu se pierde nici un eșantion, cu condiția să nu fie depășită capacitatea de stocare a cozilor. Acest fenomen are loc atunci când se pierde mai multe interogări sau răspunsuri succesive, pe seama acumulării unei cantități mari de informație, fără eliminarea din cozi a eșantioanelor transferate.

Descrierea interfeței VISA se încheie aici. Proiectul de execuție aferent se găsește în Anexa B. Acesta aduce mai multe elemente de noutate, rezultate dintr-o abordare practică, bazată pe experiența membrilor echipei de cercetare (în special a celui de-al doilea autor al raportului, dl. conferențiar Cătălin Petrescu, de la UPB-ACPC). Urmează descrierea sub-sistemului de senzori care a fost achiziționat și cuplat cu interfața.

### 3. Configurarea pachetelor de senzori

#### 3.1. Considerații generale

Așa cum s-a precizat în planul de realizare a proiectului, senzorii care trebuie achiziționați se grupează în pachete specializate numite *truse*. Aceste truse sunt determinate de domeniile în care situează semnalele achiziționate. Trusa eco-meteorologică – de interes pentru proiect – este destinată măsurării de mărimi specifice, cum ar fi: temperatura și umiditatea din sol și din aer, concentrația de noxe sau de substanțe speciale, eroziunea solului, viteza vântului, intensitatea radiației solare, debitul precipitațiilor, etc. Mulțimea truselor este extensibilă, subsistemul mobilă avînd un caracter deschis, în acest sens. Se poate astfel adăuga truse și din alte domenii decît cel eco-meteorologic. De exemplu, trusa de mecanică este formată din senzori pentru măsurarea de mărimi cum ar fi: turație, vibrație, forță mecanică, rezistență structurală, etc.. Se poate

adăuga și o trusă electro-magnetică, pentru mărimi ca: intensitatea de curent sau de câmp, tensiunea electrică, rezistența, capacitatea, inductanța, etc. O trusă de interes major este cea medicală, pentru mărimi cum ar fi: tensiune arterială, puls, fluiditate sanguină, impuls cervical, etc.

Caracteristica principală a senzorilor este aceea de a putea comunica datele pe calea undelor radio, fără cabluri de comunicație. Ori, exact această caracteristică ridică probleme de achiziție, deoarece sunt extrem de puține firme producătoare. Majoritatea covârșitoare a firmelor din domeniu produc senzori cuplați prin cabluri. Raritatea senzorilor fără fir pe piață incumbă, încă două probleme importante: prețul lor de cost (care este relativ ridicat) și compatibilitatea dintre aceștia cu interfațele de achiziție de semnal, inclusiv cea proiectată de noi. De altfel, studiul de piață efectuat în cursul anului 2008 a demonstrat că nu există compatibilitate în acest sens nici între puținele firme producătoare.

Având în vedere aceste dificultăți, într-o primă fază, s-a urmărit achiziționarea unei truse reduse de senzori (în limita bugetului disponibil), pentru a testa capacitatea de cuplare a acestora la calculatorul portabil. În urma studiului de piață, a rezultat că firma cu oferta cea mai avantajoasă (din punctul de vedere al prețului și al caracteristicilor tehnice) este *Crossbow Technologies* din SUA (<http://www.xbow.com/>).

- Notă. În România nu a fost posibilă găsirea unei firme care să satisfacă cerințele noastre. Mai mult, chiar și pentru senzorii cuplați prin fir, firmele din România pretind prețuri aproximativ duble față de firmele din SUA. A fost mult mai avantajoasă achiziționarea senzorilor radio de la firma *Crossbow Technologies*. Una dintre firmele care au piață de desfacere și în România, cu prețuri acceptabile este *SYSKOM* (<http://www.syscom.com/>). De această firmă s-au achiziționat câțiva senzori cuplați prin fir (firma neoferind și soluția fără fir).

În continuare, va fi descrisă trusa de senzori achiziționați în etapa curentă a proiectului.

### 3.2. Caracteristici generale ale trusei de senzori eco-meteorologici Crossbow

Senzorii radio achiziționați de la firma *Crossbow Technologies* fac parte din trusa eco-meteorologică, se numesc *eKo-senzori* și sunt capabili să măsoare:

- temperatura din sol și din mediul ambiant;
- umiditatea solului și din mediul ambiant;
- intensitatea radiației solare;
- punctul de rouă (umiditatea, în caz de precipitații).

Ei pot fi integrați într-o rețea de măsură a unor *semnale distribuite*. Acest concept se referă la semnale care au aceeași proveniență, fiind achiziționate de la un fenomen cu distribuție spațială. De exemplu, în **Figura 1.2**, a fost ilustrată o aplicație de monitorizare a grosimii stratului de zăpadă din zona numită *Valea Albă* situată în Alpii francezi. Dată fiind aria geografică extinsă a acestei văi, senzorii utilizați în acest sens nu pot fi decât cu transmisie radio. Fenomenul de acumulare și topire a zăpezii are o distribuție spațială, fiind totodată caracterizat de evoluții temporale neliniare. Pentru a achiziționa semnalele, este necesară o rețea de senzori de același tip, cu care să se realizeze eșantionarea spațială.

Capacitatea de a constitui rețele o posedă și *eKo-senzorii* furnizați de firma *Crossbow Technologies*, așa cum ilustrează **Figura 3.1**. Astfel, aceștia comunică mai întâi cu un nod primar de comunicații, numit *eKo-nod*, capabil să gestioneze un număr de pînă la 4 semnale achiziționate, așa cum ilustrează fereastra din stînga a figurii. Semnalele sunt direcționate către sisteme de calcul care au sau nu autonomie. Sistemele de tip server din centrul imaginii sunt cu autonomie, în timp ce calculatoarele personale și cele mobile (din fereastra dreaptă) pot avea ambele roluri, în funcție de configurarea lor. În cazul proiectului nostru, schema din figura de mai sus este modificată, ca în **Figura 3.2**. Astfel, locul serverelor este luat de interfața VISA, care transmite datele direct la sistemul de calcul (fix sau portabil), printr-o magistrală de comunicație de tip RS-485.



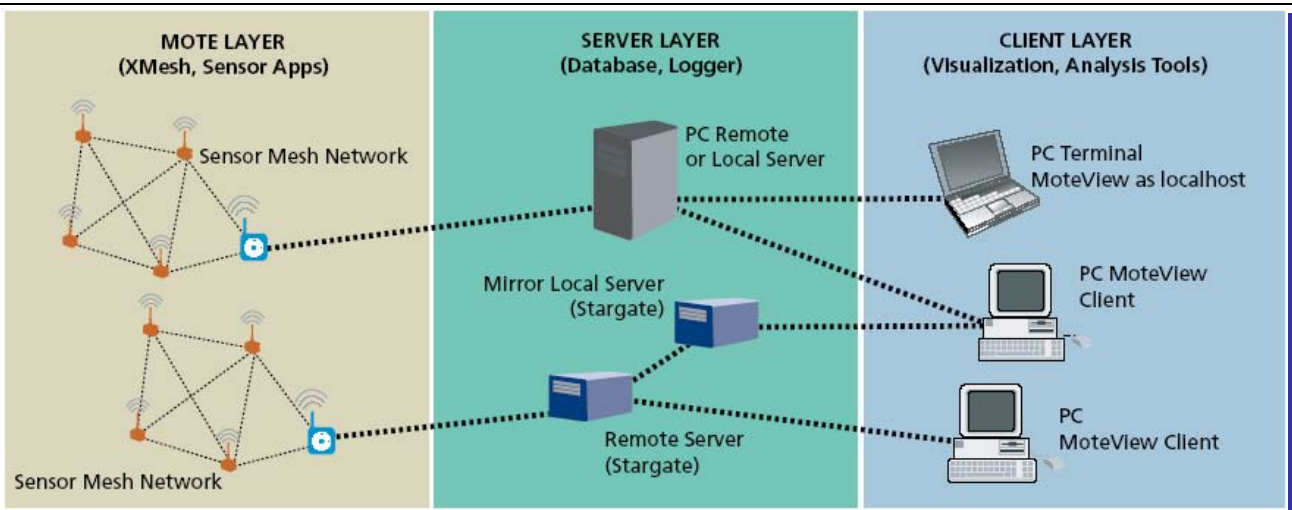


Figura 3.1. Principiul conectării eKo-senzorilor în rețea.

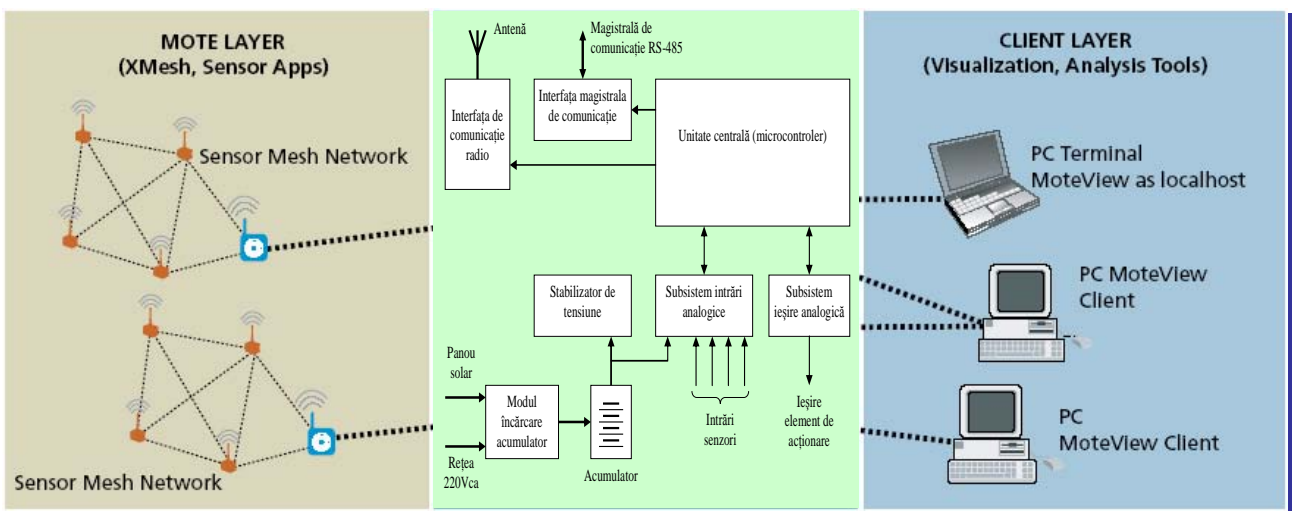


Figura 3.2. Integrarea senzorilor, interfeței VISA și calculatorului portabil într-un tot unitar.

De notat, totuși, că eKo-nodurile pot transmite datele și prin intermediul unei interfețe alternative cuplate la internet, care recunoaște IP-ul calculatorului gazdă (portabil sau nu), dacă acesta este de tip *wireless*.

Rețelele de eKo-senzori se pot configura atât în sisteme ecologice deschise (grădini, terenuri agricole, păduri, etc.) (Figura 3.3), cât și în sisteme închise (sere) (Figura 3.4).



Figura 3.3. O rețea de eKo-senzori în spațiu deschis.

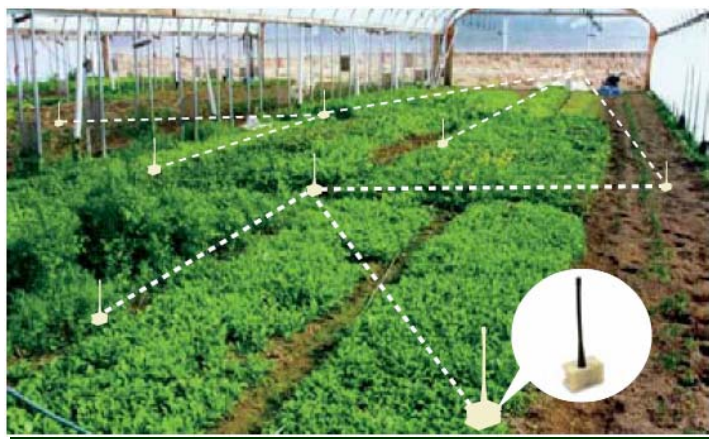


Figura 3.4. O rețea de eKo-senzori într-o seră.

Așa cum s-a menționat și în secțiunea precedentă, aria de acoperire radio a senzorilor (ca și a interfeței VISA) poate fi de 2-3 ori mai mică în spații închise, față de situația amplasării lor în spații deschise. Diminuarea depinde de numărul și structura materială a obiectelor care populează și/sau delimitează spațiul închis. De aceea, în general, rețelele de senzori sunt mai dense în spații închise.

Indiferent de aplicația de monitorizare ecologică, dacă ea necesită achiziția de semnale distribuite spațial, senzorii trebuie să fie cu transmisie radio. Ori, unitatea mobilă care face obiectul acestui proiect este orientată către achiziția de semnale distribuite, fie că acestea sunt din domeniul eco-meteorologic sau nu.

Primele teste efectuate cu eKo-senzorii achiziționați au fost extrem de instructive, ele furnizând o serie de informații utile în îmbunătățirea proiectului nostru. Imaginile din Figura 3.5 ilustrează doi dintre membrii în timpul operației de instalare a eKo-senzorilor și eKo-nodurilor, în vederea primelor teste de exterior. (În stînga: cel de-al treilea autor al acestui raport de cercetare, dl. asistent universitar Alexandru Dumitrașcu, de la UPB-ACPC; în dreapta: dl. ing. Grigore Stamatescu, de la ASTI CONTROL SA.).



Figura 3.5. Instalarea eKo-nodurilor în vederea efectuării primelor teste.



Așa cum se poate observa, eKo-senzorii se cuplează totuși la eKo-noduri prin cabluri. Aceștia din urmă transmit de fapt datele pe calea undelor radio (este vizibilă mica antenă de comunicație). Evident, nodurile, ca și senzorii pot fi și amplasați în interiorul unei clădiri, de exemplu în vecinătatea unei plante, ca în [Figura 3.6](#).



*Figura 3.6. Amplasarea unui eKo-nod în vecinătatea unei plante de interior.*

Datele transmise de eKo-noduri sunt preluate de către calculatorul portabil, fie prin intermediul interfeței VISA, fie via internet. O interfață grafică rudimentară ajută utilizatorul să își formeze o imagine completă asupra amplasării eKo-senzorilor, datelor furnizate de aceștia (care pot fi stocate în memorie sau pe disc în diferite formate, inclusiv ASCII) și evoluției primare a semnalelor achiziționate. [Figura 3.7](#) ilustrează calculatorul portabil, care a recunoscut rețeaua de eKo-senzori creată ad hoc în vederea primelor teste.

O imagine de detaliu, mai clară, a ecranului se găsește în partea superioară. Fiecărui eKo-senzor *i* se poate afișa "carnetul de sănătate" – o mică fișă care include: numărul eKo-nodului la care este cuplat, poziția în structura arborescentă a rețelei de senzori (dacă aceasta a fost configurată după o structură ierarhică, starea bateriei (tensiunea) calea pînă la rădăcina rețelei de senzori (constituită de interfața VISA sau de conexiune cu internetul) și vecinii direcți. [Figura 3.8](#) arată că interfața grafică permite de asemenea afișarea unor informații de detaliu legate de caracteristicile rețelei de senzori și evoluția semnalelor măsurate de aceștia.

### 3.3. Descriere succintă a eKo-senzorilor și componentelor auxiliare

#### 3.3.1. EKo-nodul eN2100

EKo-nodul eN2100 reprezintă un pachet complet integrat pentru conectarea de senzori, rezistent la utilizarea în aer liber. În [Figura 3.9](#) sunt ilustrate două imagini ale unui eKo-nod. Acesta folosește senzori și module de comunicație radio, eficiente din punct de vedere energetic, avînd o alimentare performantă și o durată mare de viață a bateriilor. Astfel, eKo-nodul integrează o placă radio cu procesor din familia IRIS și o antenă, ambele alimentate de acumulatori reîncărcabili și celule solare. Totodată, el este dotat cu un dispozitiv de prindere și o notă informativă care servește la identificarea lui.

În [Figura 3.10](#), se poate vedea o imagine a bazei eKo-nodului. Pe lîngă cele 4 porturi de conectare a eKo-senzorilor, se găsesc aici butonul de pornit-oprit și un semnal luminos care indică starea. EKo-nodul emite în sistem DSSS, folosind banda de frecvențe ISM globală de 2.4 GHz. Se pot astfel atinge distanțe de comunicație cuprinse între 150 și 450 de metri, în funcție de mediul în care este instalat. EKo-nodul este programat și configurat cu protocolul de rețea de mică putere *Crossbow XMesh*. Acesta permite functionarea de tip plug-and-play a eKo-senzorilor și scalabilitatea rețelei acestora fără fir.

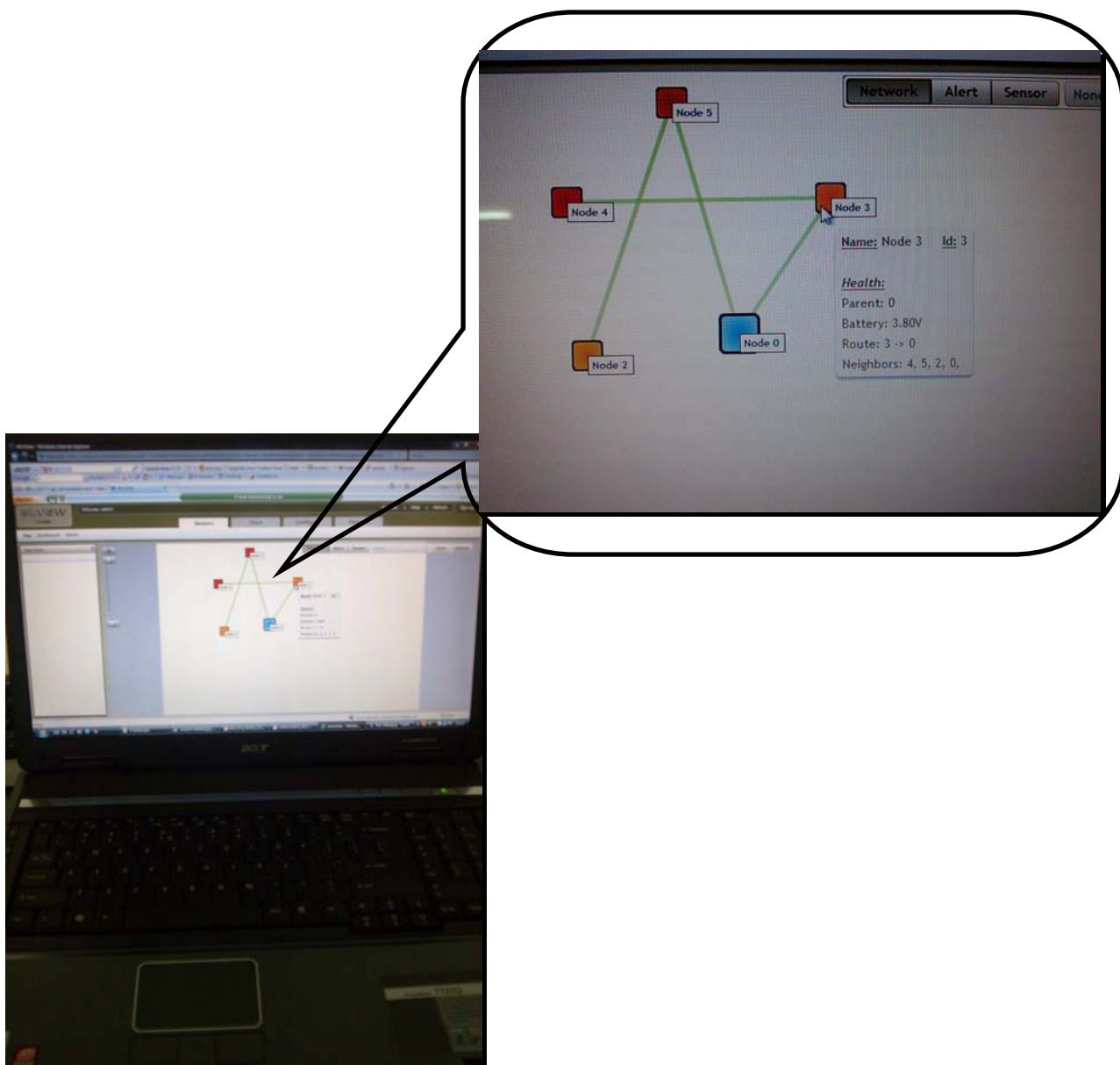


Figura 3.7. Calculatorul portabil din cadrul unității mobile afișând datele preliminare legate de rețeaua de eKo-senzori.

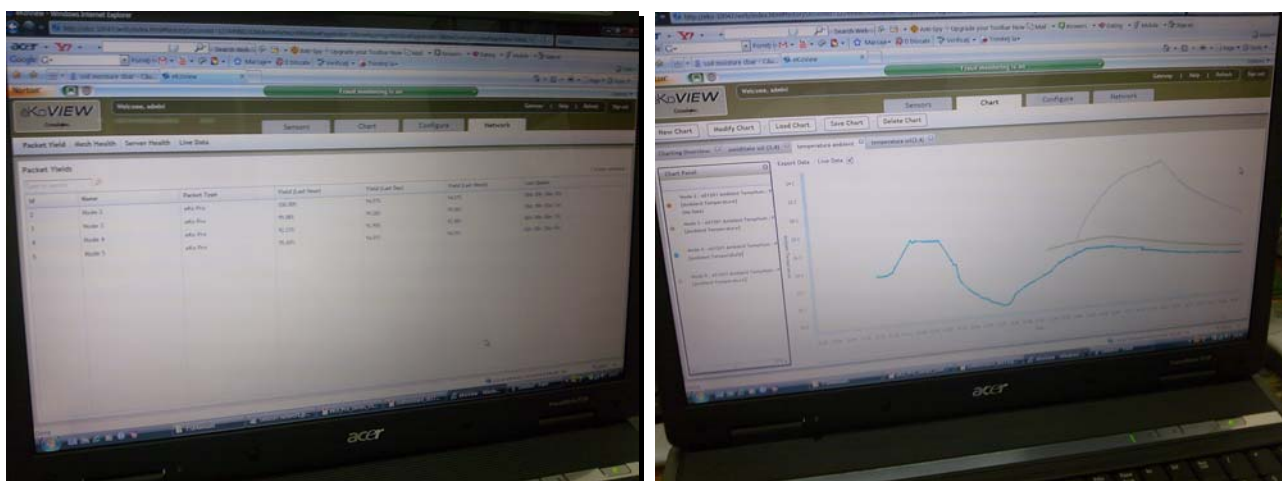


Figura 3.8. Informații de detaliu despre rețeaua de eKo-senzori și semnalele măsurate, afișate de către calculatorul portabil.