

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Καθ. Γ. Παπαδόπουλος, Επικ. Καθ. Σ. Κουμπιάς  
Ερευνητές Κ. Ευσταθίου, Α. Καλογεράς, Κ. Σταμάτης, Π. Φούντας,  
Π. Λύρας

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

## 1. Εισαγωγή

Οι σύγχρονες αντιλήψεις σχετικά με την οργάνωση και αυτοματοποίηση του χώρου παραγωγής για εφαρμογές μεσαίας και μεγάλης κλίμακας επιβάλλουν την υιοθέτηση μοντέρνων συστημάτων και τεχνικών με σκοπό την ανάπτυξη ευέλικτων και αποδοτικών αρχιτεκτονικών. Ο όρος CIM (Computer Integrated Manufacturing) αναφέρεται στις μεθόδους σύμφωνα με τις οποίες μπορεί να αυτοματοποιηθεί μία βιομηχανική διαδικασία, λαμβάνοντας υπ'όψιν τις τεχνικές απαιτήσεις της εφαρμογής, τους περιορισμούς κόστους κλπ.

Η εφαρμογή προηγμένων βιομηχανικών συστημάτων αυτοματοποίησης πρέπει να έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία τεχνολογικής υποδομής με χαρακτηριστικά όπως:

- Υψηλή αξιοπιστία λειτουργίας με σκοπό την μείωση του χρόνου αδράνειας λόγω βλαβών (αύξηση του Μέσου Χρόνου Μεταξύ Βλαβών -MTBF) και των απαιτήσεων για συντήρηση.
- Υψηλή απόδοση λειτουργίας.
- Ευελιξία και επεκτασιμότητα των συστημάτων μέσω της υιοθέτησης γενικά αποδεκτών προτύπων (standards).
- Καλή σχέση κόστους - απόδοσης.
- Βάσεις δεδομένων ευέλικτες και προσπελάσιμες.

Στη συνέχεια αναφερόμαστε στα κύρια δομικά στοιχεία μιας σύγχρονης παραγωγικής διαδικασίας και σχετικές δραστηριότητες του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικών Εφαρμογών του Πανεπιστημίου Πατρών.

## **2. Ο Βιομηχανικός Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC)**

Ο ελεγκτής χρησιμοποιείται είτε αυτόνομα μέσω βιομηχανικού δικτύου (fieldbus) για την υλοποίηση τοπικών βρόχων ελέγχου ομάδας αισθητών ή/και ενεργοποιητών (cluster of sensors and/or actuators). Η τεχνολογία κατασκευής του και η αρχιτεκτονική του θα πρέπει να παρέχουν υψηλό βαθμό αξιοπιστίας και υψηλή απόδοση (ταχύτητα, δυνατότητα εκτέλεσης ταυτόχρονα πολλών έργων κλπ.). Συνήθως, οι ελεγκτές συνδέονται, μέσω τοπικού βιομηχανικού δικτύου πεδίου, με ένα κεντρικό υπολογιστή μέσω του οποίου γίνεται ο έλεγχος και η διαχείριση του δικτύου, ο προγραμματισμός των ελεγκτών, η συλλογή των δεδομένων από τους αισθητές/ενεργοποιητές και η υλοποίηση του λογισμικού εφαρμογών.

Οι επικρατούσες σήμερα τάσεις είναι προς την κατεύθυνση ανοικτών συστημάτων ώστε ο χρήστης να μην δεσμεύεται από την ιδιοκτησιακή τεχνολογία ενός προμηθευτή. Αυτό συνεπάγεται την καθιέρωση standards ιδιαίτερα στο επίπεδο των fieldbuses, δηλαδή των δικτύων στο κατώτερο επίπεδο, αυτό που συνδέει αισθητές, ενεργοποιητές και PLCs.

Η Ευρωπαϊκή πρόταση για fieldbuses περιλαμβάνει τρία από τα πλέον αποδεκτά δίκτυα fieldbuses, που λόγω της ευρείας διάδοσής τους έχουν καταστεί ήδη εμπορικά de facto standards. Αυτά είναι το WorldFIP, το PROFIBUS και το P-net. □λλα σημαντικά fieldbuses είναι το CAN, BITBUS, HART, LONWORKS.

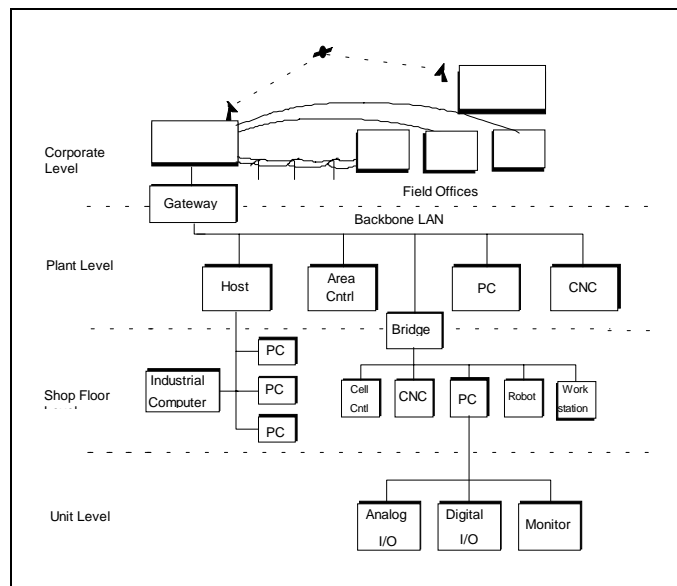
Αναγνωρίζοντας την επιτακτική ανάγκη από τη μεριά του χρήστη για ανοικτά συστήματα και διαλειτουργικά (interoperable) προϊόντα οι προμηθευτές έχουν στρέψει τη δραστηριότητά τους προς αναβαθμίσεις των προϊόντων τους ώστε να τα οδηγήσουν σε ένα κοινό εστιακό σημείο που υπαγορεύεται από τα αναδυόμενα standards.

Στο νέο αυτό περιβάλλον ο βιομηχανικός ελεγκτής θα γίνει ολοένα και περισσότερο συνεκτικός μέχρι το σημείο ενσωματώσεώς του στον ευφυή πλέον αισθητή ή ενεργοποιητή.

## **3. Το Σύστημα Εργοστασιακών Επικοινωνιών**

Η οργάνωση του συστήματος των εργοστασιακών επικοινωνιών βασίζεται σε ένα ιεραρχικό μοντέλο τεσσάρων επιπέδων (Σχ.1):

- *Unit Level* (κατώτερο επίπεδο) : Διασύνδεση αισθητών/ενεργοποιητών (δίκτυα fieldbus)
- *Shop Floor Level (Device, Cell sub-levels)* : Διασύνδεση μονάδων/συσκευών ελέγχου, όπως PLCs, Industrial Computers, Cell Computers (δίκτυα fieldbus)
- *Plant Level* : Διασύνδεση κεντρικών εργοστασιακών υπολογιστικών συστημάτων για εξυπηρέτηση MIS εφαρμογών (τοπικά δίκτυα γραφείου πχ. Ethernet)
- *Corporate Level* : Διασύνδεση συστημάτων για την υποστήριξη μεγάλων εμπορικών και διαχειριστικών εφαρμογών (δίκτυα ευρείας περιοχής, συμβατικά η μεταγωγής δεδομένων)



Σχ. 1. Το ιεραρχικό μοντέλο τεσσάρων επιπέδων για τις βιομηχανικές επικοινωνίες

Στα δύο πρώτα επίπεδα υπάρχουν απαιτήσεις απόκρισης σε πραγματικό/κρίσιμο χρόνο, δεδομένου ότι συχνά οι βιομηχανικές εφαρμογές θέτουν συγκεκριμένους χρονικούς περιορισμούς όσον αφορά στην διακίνηση μηνυμάτων ελέγχου μεταξύ των μονάδων ελέγχου των επί μέρους διαδικασιών (πχ. χημικές βιομηχανίες). Ως εκ τούτου, υπάρχει η απαίτηση υλοποίησης τοπικών βιομηχανικών δικτύων πεδίου (fieldbuses) τα οποία θα έχουν δυνατότητα απόκρισης σε πραγματικό χρόνο, αλλά και υψηλή αξιοπιστία λειτουργίας. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί τέτοια δίκτυα (MiniMAP, FIP, Profibus, Bitbus, LON, Proway, HART, CAN κλπ) τα οποία έχουν ευρεία εφαρμογή, ενώ μερικά από αυτά θεωρούνται de facto standards.

Η ανάπτυξη των πρωτοκόλλων επικοινωνίας για τα fieldbuses βασίζεται στο “περιορισμένο” (reduced) OSI Reference Model των τριών (οριζόντιων) επιπέδων,

δηλ. των Physical, Data Link (MAC, LLC sublayers) , Application, User Process layers) και όχι στο πλήρες των επτά επιπέδων, ώστε να επιτυγχάνεται υψηλή ταχύτητα απόκρισης. Ειδικά για το Επίπεδο Application χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο MMS (Manufacturing Message Specification) το οποίο παρέχει μία κοινή πλατφόρμα επικοινωνίας για τις ποικίλες συσκευές που μπορούν να διασυνδεθούν στο βιομηχανικό χώρο.

Αναφορικά με τα παραπάνω, διεξάγεται σήμερα σημαντική έρευνα στους παρακάτω τομείς:

- Τυποποίηση στο επίπεδο Data Link με τη σύγκλιση των πρωτοκόλλων και τη δημιουργία ολοκληρωμένων συστημάτων που υλοποιούν πολλαπλά πρωτόκολλα.
- Υλοποίηση νέων δομών στο φυσικό επίπεδο, όπως ασύρματα δίκτυα πεδίου υψηλής ταχύτητας (πάνω από 1 Mbps) ή χρήση πολλαπλών καναλιών επικοινωνίας
- Ανάπτυξη νέων πρωτοκόλλων MAC-επιπέδου, όπου υλοποιείται η απαίτηση για χρονικά κρίσιμη απόκριση του δικτύου
- Ανάπτυξη αξιόπιστων και ευέλικτων αρχιτεκτονικών για την ολοκληρωμένη διαχείριση της λειτουργίας τοπικών βιομηχανικών δικτύων.
- Διαλειτουργία διαφόρων fieldbuses στο επίπεδο Application με την εφαρμογή των κανόνων του πρωτοκόλλου MMS ή ενός υποσυνόλου του.

Τέλος στα τρία οριζόντια επίπεδα έχει πρόσφατα προστεθεί ένα τέταρτο, το Επίπεδο User, το οποίο έχει ως σκοπό την ανάπτυξη προτύπων δομών για τη βελτίωση της δυναμικότητας και της ευελιξίας ειδικά των βιομηχανικών εφαρμογών που βασίζονται σε κατανεμημένα συστήματα.

#### **4. Το Επίπεδο User**

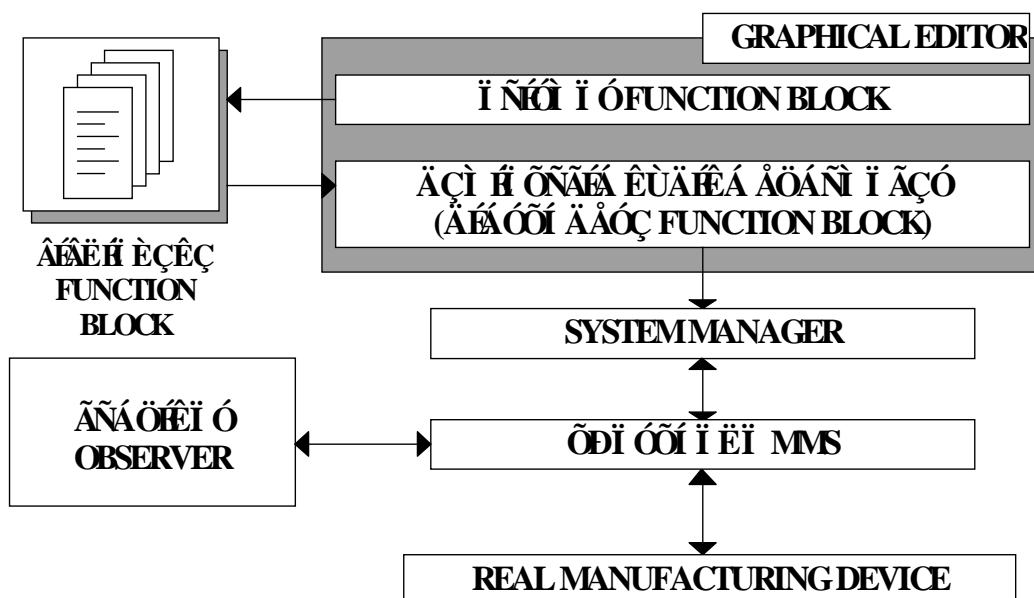
□να από τα ζητούμενα για τη σύγχρονη βιομηχανία είναι η επίτευξη ανεξαρτησίας από προμηθευτές (vendor independence). Η υλοποίηση ενός τέτοιου στόχου οδηγεί σε αύξηση της ευελιξίας και της δυναμικότητας στο βιομηχανικό χώρο αφού είναι δυνατή η επιλογή βάσει αντικειμενικών κριτηρίων και δεν περιορίζεται σε μία ιδιοκτησιακή τεχνολογία.

Η κατάσταση η οποία σήμερα επικρατεί στη βιομηχανία είναι αυτή της χρησιμοποίησης διαφόρων εξαρτημάτων που μπορεί να είναι είτε αισθητές/ενεργοποιητές ή προγραμματιζόμενοι ελεγκτές (PLCs, CNCs, robots, κτλ). Επομένως, ανεξαρτησία από τον προμηθευτή σημαίνει πρακτικά την

δυνατότητα αλλαγής κάποιου από τα ήδη εγκατεστημένα εξαρτήματα με κάποιο διαφορετικό ίδιου τύπου, χωρίς όμως να χρειάζεται αλλαγή στο λογισμικό το οποίο χρησιμοποιείται ή στο επίπεδο ολοκλήρωσης που έχει επιτευχθεί.

Η έρευνα η οποία διεξάγεται σχετικά με τα παραπάνω πεδία, αφορά στην περιγραφή των διαφόρων εξαρτημάτων καθώς και των αλγορίθμων ελέγχου τους με ενιαίο τρόπο. Αν και η περιγραφή αυτή δεν έχει ακόμα προτυποποιηθεί πλήρως, έχουν γίνει σημαντικά βήματα με τη δημιουργία της επιτροπής SP50 υπό την αιγίδα της ISA (Instrument Society of America) η οποία ασχολείται με τη δημιουργία ενός ευρύτερα αποδεκτού standard για fieldbuses. Η προσέγγιση της επιτροπής αυτής αφορά στην εισαγωγή ενός ακόμη επιπέδου στο μοντέλο αναφοράς για τα δίκτυα fieldbuses, το οποίο ονομάζεται Επίπεδο User και βρίσκεται πάνω από το Application Επίπεδο.

Δύο είναι τα σημαντικά μέρη από τα οποία αποτελείται το Επίπεδο User. Το πρώτο αφορά στην περιγραφή των διαφόρων εξαρτημάτων του βιομηχανικού περιβάλλοντος με ενιαίο τρόπο. Αυτό επιτυγχάνεται με την δημιουργία μίας ειδικής γλώσσας, της Device Description Language (DDL). Η γλώσσα αυτή παρέχει κατ' αρχήν στο χρήστη τη δυνατότητα περιγραφής των ήδη υπαρχόντων εξαρτημάτων. Το σημαντικότερο όμως πλεονέκτημά της είναι ότι θέτει τις προδιαγραφές που θα πρέπει να τηρούν τυχόν καινούρια εξαρτήματα και συνεπώς εισάγει περιορισμούς προς τους κατασκευαστές τους.



Σχήμα 2. Η δομή του Επιπέδου User - Τρέχουσα Εργασία στο Εργαστήριο Ηλεκτρονικών Εφαρμογών

Το δεύτερο μέρος του Επιπέδου User αφορά στην περιγραφή του κώδικα ελέγχου. Η βιομηχανική εφαρμογή, ούσα χωρικά και χρονικά κατανεμημένη δίδει τη δυνατότητα της κατανομής του ελέγχου σε πολλαπλά σημεία. Η ομοιομορφία του κώδικα του ελέγχου επιτυγχάνεται μέσω της περιγραφής με ενιαίο τρόπο των στοιχειωδών συναρτήσεων από τις οποίες αυτός αποτελείται. Οι στοιχειώδεις αυτές συναρτήσεις ονομάζονται Function Blocks. Η περιγραφή της δομής των Function Blocks οδηγεί στον επακριβή καθορισμό τόσο της μονίμου όσο και της μεταβατικής καταστάσεως την οποία ακολουθεί η υλοποιούμενη εφαρμογή.

Ανάλογα με το βαθμό υλοποίησης του standard από τα διάφορα εξαρτήματα, μπορούν αυτά να κατηγοριοποιηθούν σε τέσσερις ομάδες: interconnectable, interworkable, interoperable και interchangeable. Οι δύο πρώτοι τύποι δηλώνουν σεβασμό των βασικών σημείων του standard χωρίς να σημαίνει ότι προσδίδουν κάποια σημαντική ιδιότητα στην εφαρμογή. Αντίθετα οι ιδιότητες του interoperability και interchangeability προσδίδουν σημαντική δυναμικότητα και ευελιξία στην εφαρμογή και ως εκ τούτου είναι εξαιρετικής σημασίας.

## **5. Το Βιομηχανικό Λογισμικό Εφαρμογής**

Η ύπαρξη ενός δικτύου στο βιομηχανικό περιβάλλον οδηγεί στην ανάγκη διαχείρισης δεδομένων τα οποία είναι χωρικά και χρονικά κατανεμημένα. Πέραν αυτού η ύπαρξη ευφυίας και μνήμης στις τοπικές συσκευές επιτρέπει την κατανομή του αλγορίθμου ελέγχου μεταξύ των συσκευών ελέγχου και των διασυνδεδεμένων υπολογιστών.

Προκειμένου να είναι δυνατή η ορθή λειτουργία ενός τέτοιου κατανεμημένου συστήματος απαιτείται κατ' αρχήν η ύπαρξη και διαχείριση μίας κεντρικής βάσης δεδομένων στην οποία τηρούνται όλες οι μεταβλητές/δεδομένα του βιομηχανικού περιβάλλοντος. Η τήρηση της βάσεως αυτής προϋποθέτει την ύπαρξη συνεργασίας μεταξύ των αλγορίθμων ελέγχου οι οποίοι εκτελούνται στις τοπικές συσκευές και του λογισμικού το οποίο εκτελείται στους υπολογιστές που ελέγχουν ένα μέρος ή το όλο των διασυνδεδεμένων μέσω του δικτύου συσκευών.

Πέραν της συγκέντρωσης των δεδομένων του δικτύου στην κεντρική βάση απαιτείται η τροφοδότηση με αυτά εφαρμογών ανωτέρου επιπέδου, όπως είναι οι εφαρμογές οπτικοποίησης και η κατασκευή μιμικών διαγραμμάτων, τα οποία δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη τους να παρακολουθήσει τις διεργασίες οι οποίες λαμβάνουν χώρα στον βιομηχανικό χώρο, και να αντιληφθεί την ύπαρξη

δυσλειτουργιών. □να άλλο είδος χρησιμοποίησης των δεδομένων τα οποία συλλέγονται αφορά στη δυνατότητα στατιστικής τους επεξεργασίας για την εξαγωγή συμπερασμάτων προς περαιτέρω αξιοποίηση.

Ενας σημαντικός παράγοντας για την επιτυχία της εφαρμογής τέτοιων μοντέρνων κατανεμημένων συστημάτων για βιομηχανικές εφαρμογές, είναι η ευκολία χρήσης τους ακόμη και απο μη ειδικευμένους χρήστες καθώς και η ευελιξία τους. Ως εκ τούτου το ειδικό λογισμικό που πρέπει να αναπτυχθεί πρέπει να ικανοποιεί την αρχή της “φιλικότητας” προς το χρήστη. Το λογισμικό αυτό θα πρέπει να βασίζεται σε παραθυρικό και γραφικό περιβάλλον και να διαθέτει πολύ εύχρηστα εργαλεία για την λειτουργία και υποστήριξη του συστήματος, αλλά και την ανάπτυξη νέων εφαρμογών.

## **6. □ρευνα και Ανάπτυξη στο Εργαστήριο Ηλεκτρονικών Εφαρμογών**

Το Εργαστήριο Ηλεκτρονικών Εφαρμογών έχει αποκτήσει σημαντική εμπειρία στην ανάπτυξη ειδικού hardware και software για βιομηχανικές εφαρμογές. Οι κύριοι τομείς δραστηριοποίησής του είναι οι ακόλουθοι:

- Ανάπτυξη προγραμματιζομένων βιομηχανικών ελεγκτών, βασισμένων στους μικροεπεξεργαστές Intel 8051 και Intel 80196. Ο ελεγκτές αυτοί είναι επεκτάσιμοι (modular) ανάλογα με τις ανάγκες τις εκάστοτε εφαρμογής και συνοδεύονται από ένα μεγάλο αριθμό καρτών οι οποίες παρέχουν τη διασύνδεση με διαφόρων τύπων αισθητές και ενεργοποιητές.
- Ανάπτυξη καρτών για την υποστήριξη διαφόρων πρωτοκόλλων βιομηχανικών δικτύων. Το εργαστήριο έχει αναπτύξει μια μεγάλη κατηγορία υποσυστημάτων βασισμένων στο δίκτυο Intel Bitbus ενώ έχει αποκτήσει σημαντική εμπειρία σχετικά με τα δίκτυα WorldFIP και PROFIBUS.
- Ανάπτυξη γενερικού λογισμικού για τη διαχείριση βιομηχανικών δικτύων, το οποίο παρέχει Διαχείριση Λειτουργίας (Performance Management) του δικτύου, Διαχείριση Λαθών (Failure Management) και Διαχείριση Δημιουργίας της Εφαρμογής (Configuration Management).
- Ανάπτυξη ειδικών εργαλείων λογισμικού για την επίλυση προβλημάτων στο Επίπεδο User που επιτρέπουν την περιγραφή με ενιαίο τρόπο των διαφόρων ειδών εξαρτημάτων και του κώδικα ελέγχου (Device Descriptions και Function Blocks)
- Ανάπτυξη ειδικού λογισμικού για την τήρηση βάσεως δεδομένων και την επικοινωνία με ανωτέρου επιπέδου εφαρμογές.
- Ανάπτυξη εργαλείου για την υλοποίηση ειδικού λογισμικού για την οπτικοποίηση εφαρμογών και τη δημιουργία μιμικών διαγραμμάτων.

Τα συστήματα τα οποία έχουν προκύψει από την παραπάνω αναπτυξιακή δραστηριότητα έχουν ήδη εγκατασταθεί σε έξι συνεργαζόμενες βιομηχανίες, που παρείχαν το υπόβαθρο για δοκιμές και αξιολόγηση. Στην παρούσα φάση η δραστηριότητα αυτή επεκτείνεται σε νέες παραγωγικές μονάδες.

## **7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζεται μία ολοκληρωμένη λύση για προβλήματα σχετικά με το βιομηχανικό χώρο. Η λύση αυτή είναι βασισμένη σε ένα πρωτόκολλο βιομηχανικών δικτύων fieldbus το οποίο αποτελείται από το Φυσικό Επίπεδο, το Επίπεδο Data Link, το Επίπεδο Εφαρμογής και το Επίπεδο User καθώς επίσης και ένα κάθετο Επίπεδο Διαχείρισης Δικτύου (Network Management). Η όλη προτεινόμενη αρχιτεκτονική, παρέχει εξαιρετικά πλεονεκτήματα λόγω του υψηλού βαθμού ολοκλήρωσης ο οποίος οδηγεί σε μεγαλύτερη ευελιξία και κάνει την εφαρμογή δυναμική.

Η ενσωμάτωση των αρχών του αναδύμενου standard για fieldbuses και η παροχή σχετικών εργαλείων, δίδει στο σύστημα εξαιρετικά δυναμικές ιδιότητες όπως η interoperability και η interchangeability των κατασκευαστικών συσκευών.

Η συνεργασία τέλος με την ελληνική βιομηχανία παρείχε το απαραίτητο πεδίο για εγκατάσταση και αξιολόγηση των αναπτυχθέντων συστημάτων.