

Κεφάλαιο 2

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Με τη συνεργασία της

Γιαννούλας Νάκου
Ηλεκτρολόγου Μηχανικού

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με την παρουσίαση των εμπορικών Βιομηχανικών Δικτύων επικοινωνίας των κάθε είδους προγραμματιζόμενων συσκευών μιας βιομηχανικής διαδικασίας. Ο κύριος σκοπός αυτής της παρουσίασης είναι να μπορέσει ο σπουδαστής να βγάλει συμπεράσματα σχετικά με τα είδη των επικοινωνιακών προϊόντων για βιομηχανική χρήση, αλλά και τις ανάγκες τις οποίες μπορεί να καλύψει το καθένα από αυτά. Τα προϊόντα αυτά καλύπτουν σχεδόν το σύνολο των προϊόντων που αφορούν τα βιομηχανικά δίκτυα, ανήκουν σε μερικές από τις μεγαλύτερες εταιρίες Βιομηχανικού Αυτοματισμού και μπορούν συνεπώς να δώσουν μία πάρα πολύ αντιπροσωπευτική εικόνα.

Ένα γενικό συμπέρασμα που μπορούμε να εξάγουμε είναι ότι η τάση στην αγορά των βιομηχανικών τοπικών δικτύων επικοινωνίας είναι προσανατολισμένη προς συστήματα που υπακούουν στην αρχιτεκτονική CIM αλλά και σε πρωτόκολλα δικτύων, γενικότερα αποδεκτά, όπως το MAP και το PROFIBUS. Επίσης, ένα άλλο συμπέρασμα που εξάγουμε είναι ότι γίνεται προσπάθεια συμβατότητας όχι μόνο από πλευράς υλικού αλλά και λογισμικού, έτσι ώστε η διασύνδεση συσκευών διαφορετικών κατασκευαστών να χρειάζεται όσο το δυνατόν λιγότερο χρόνο και κόστος εγκατάστασης. Θα διαπιστώσουμε επίσης ότι τα δίκτυα που υπάρχουν μπορούν να εξυπηρετήσουν κάθε ανάγκη αυτοματισμού από την πιο μικρή έως την πιο μεγάλη, παρέχοντας ένα ευρύ φάσμα προϊόντων διαφορετικών κατασκευαστών. Έτσι, αρχικά θα ασχοληθούμε με τα δίκτυα για το κατώτερο επίπεδο του μοντέλου CIM και στη συνέχεια με τα δίκτυα που μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες και των υψηλότερων επιπέδων. Βέβαια, η διαχωριστική αυτή γραμμή δεν είναι σαφής αλλά από την μελέτη όλων των προϊόντων μπορεί κανείς να βγάλει σχετικά συμπεράσματα.

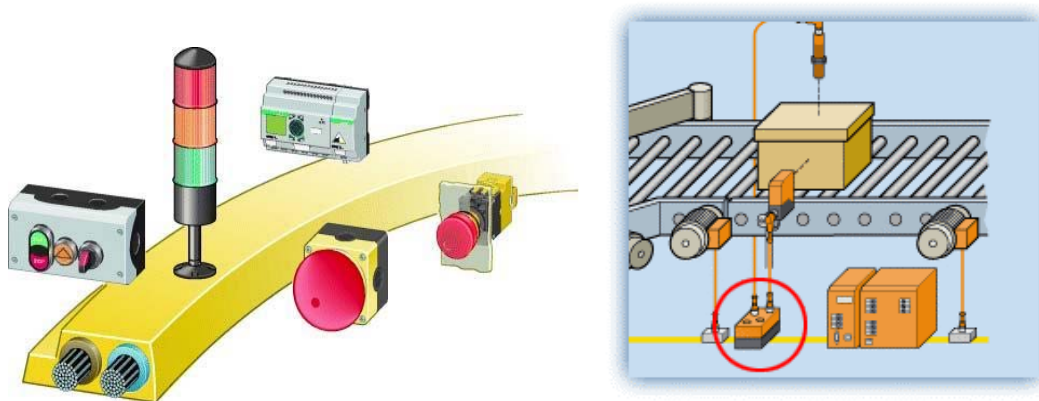
Πιο συγκεκριμένα, θα ασχοληθούμε με τα δίκτυα AS-I, Profibus και Industrial Ethernet της εταιρίας Siemens, τα δίκτυα Measurements Bus, Foundation Fieldbus του ομώνυμου μη κερδοσκοπικού οργανισμού, Device Net, P-NET, WorldFip και Bitbus της Intel.

Ακόμη θα εξετάσουμε τα δίκτυα ArcNet της Datapoint, Interbus, Hart, LonWorks της Echelon, Modbus της Modicon, CAN της Bosch, SDS της Honeywell που βασίζεται στο CAN και το δίκτυο SERCOS. Το κεφάλαιο θα κλείσει με την περιγραφή των προϊόντων της Αμερικανικής εταιρίας Allen-Bradley η οποία έχει εισέλθει και στην Ευρωπαϊκή αγορά με τα δίκτυα DH, DH+, DH II, MAP, LAN/1 και DH-485. Οι αναφερόμενες πιο πάνω εταιρείες είναι αυτές που πρώτες ανέπτυξαν τα αντίστοιχα προϊόντα, πολλά όμως εξ' αυτών αναγνωρίστηκαν στη συνέχεια διεθνώς και τέθηκαν υπό τον έλεγχο αντίστοιχων ενώσεων και οργανισμών.

2.2 Δίκτυο AS-I

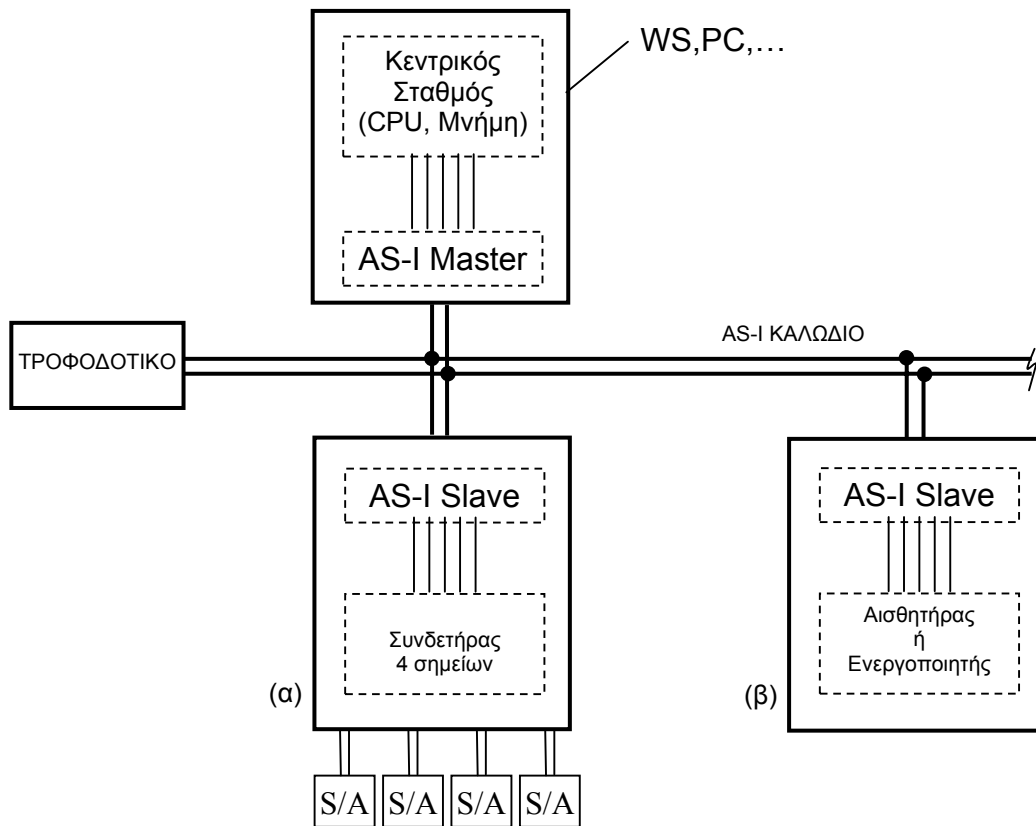
Σε μία βιομηχανική διεργασία όλοι οι ενεργοποιητές (actuators) και όλοι οι αισθητήρες (sensors) πρέπει να συνδέονται με το προγραμματιζόμενο σύστημα αυτοματισμού. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται στο επίπεδο μηχανής συσκευές καταναμημένων I/O. Το βιομηχανικό δίκτυο AS-I (Actuator-Sensor Interface) που πρωτοπαρουσιάστηκε το 1993 και επανεκδόθηκε το 2000 (Version 2.1), υποστηρίζει την επικοινωνία στο επίπεδο αυτό, είναι σύμφωνο με το διεθνές πρότυπο EN 50295 και υποστηρίζει το IEC. Στο επίπεδο μηχανής όπου έχουμε μεγάλο αριθμό αισθητήρων και ενεργοποιητών, η εγκατάσταση και χρήση του AS-I μας επιτρέπει να αποφύγουμε τις πολυάριθμες καλωδιώσεις αφού τις αντικαθιστά με μία γραμμή δύο αγωγών για μεταφορά ενέργειας και πληροφορίας ταυτόχρονα.

Actuator Sensor Interface

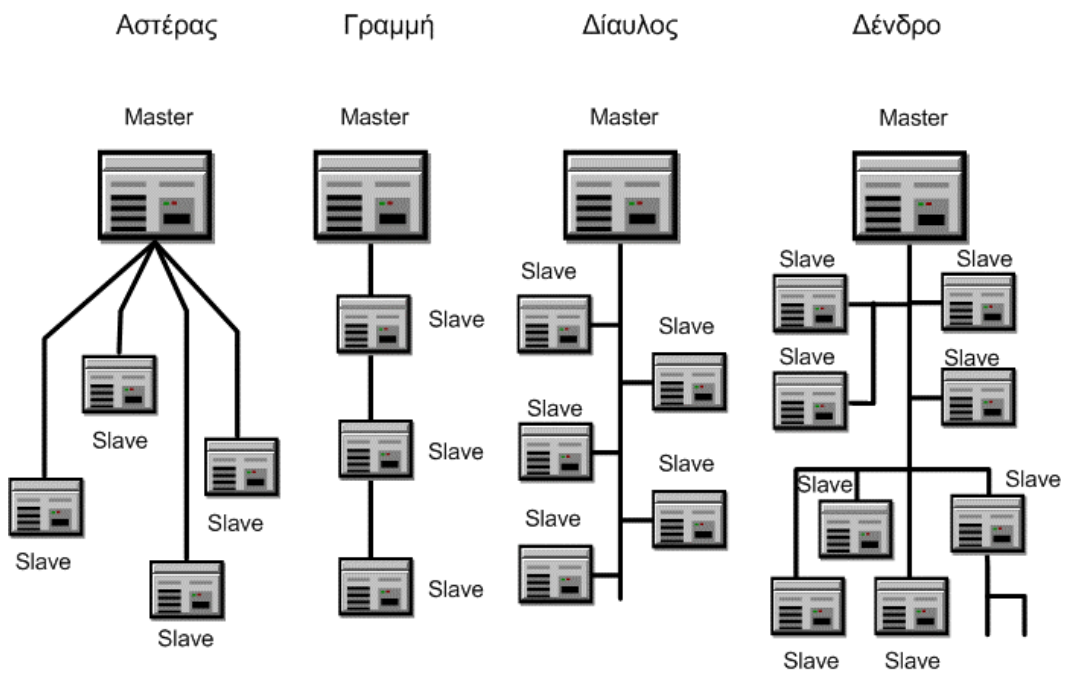


Στο Σχ.2.1 φαίνεται η αρχική δομή του συστήματος AS-I . Το ολοκληρωμένο κύκλωμα του εξαρτημένου σταθμού (Slave-Chip) είτε κατασκευάζεται ξεχωριστά και σε αυτό συνδέονται οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές (περίπτωση α στο σχήμα), είτε τοποθετείται απευθείας στους αισθητήρες και ενεργοποιητές (περίπτωση β στο σχήμα). Η πρώτη περίπτωση είναι σημαντική για να μπορεί να συνδεθεί το μεγάλο φάσμα των διαθέσιμων κλασικών αισθητήρων/ενεργοποιητών. Η δεύτερη περίπτωση καθιστά δυνατή την άμεση σύνδεση έξυπνων αισθητήρων/ενεργοποιητών στο δίκτυο. Τέτοιοι έξυπνοι αισθητήρες/

ενεργοποιητές μπορούν να λαμβάνουν ή να στέλνουν επιπλέον πληροφορία, όπως για παράδειγμα ένας αισθητήρας μπορεί να δηλώσει απευθείας βλάβη στο σύστημα ελέγχου.

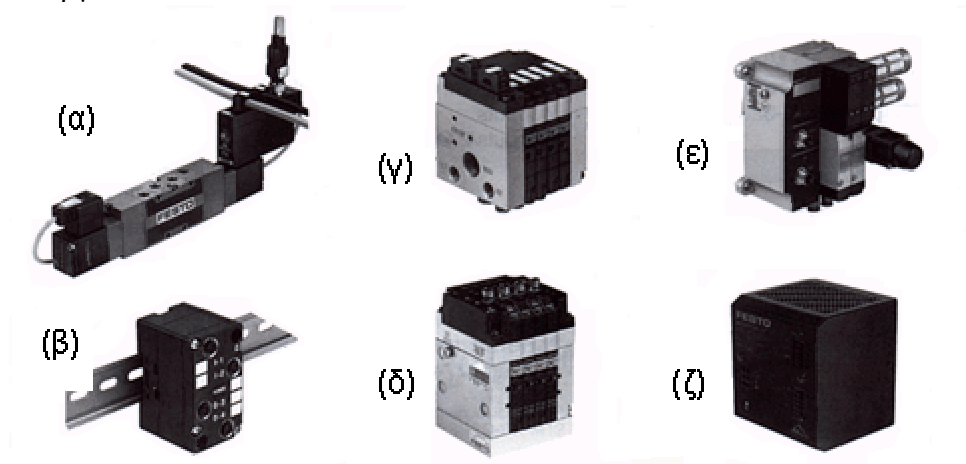


Σχ.2.1. Βασική δομή του δικτύου AS-I.



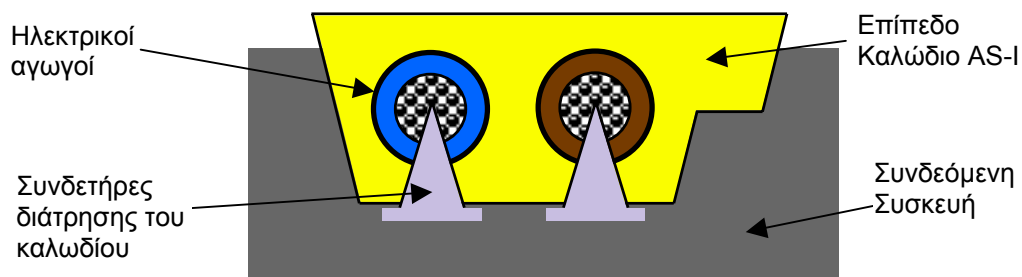
Σχ.2.2. Ενδεικτικές τοπολογίες του δικτύου AS-I.

Οι τοπολογίες που μπορούν να διαμορφωθούν για την υλοποίηση του δικτύου AS-I είναι αυτές του διαύλου, αστερά, βρόχου και δένδρου όπως φαίνεται στο Σχ.2.2. Κοινό γνώρισμα όλων είναι η εύκολη επέκτασή τους χωρίς περιττές και ακριβές καλωδιώσεις. Ακόμη, το δίκτυο AS-I έχει τη δυνατότητα να επικοινωνεί εύκολα με άλλα δίκτυα όπως το Device Net, το ProfiBus και τα τύπου RS, χωρίς ο χρήστης να γνωρίζει όλες τις λεπτομέρειες της διασύνδεσης. Αυτό σημαίνει ότι δεν απαιτούνται ειδικές γνώσεις προκειμένου το δίκτυο AS-I να εγκατασταθεί, να επεκταθεί και να επικοινωνήσει με άλλα δίκτυα. Για το δίκτυο AS-I προσφέρονται από διάφορες εταιρείες συσκευές μέτρησης, ανάλυσης, προγραμματισμού και συντήρησης που εξασφαλίζουν την απρόσκοπτη λειτουργία του.



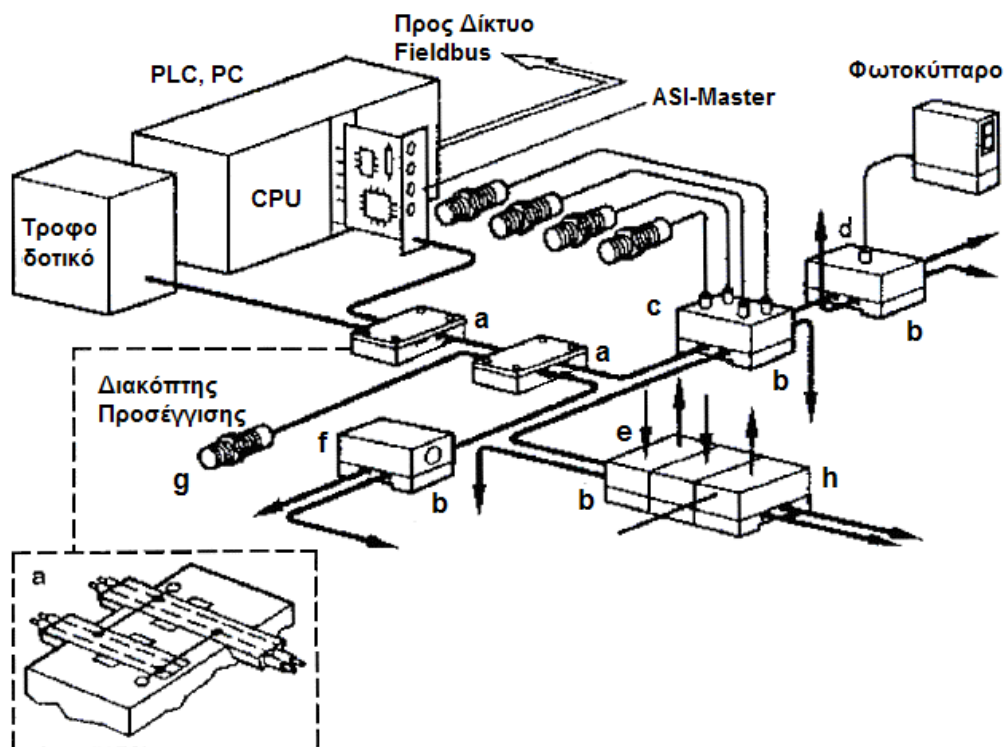
Σχ.2.3. Συσκευές για τη συγκρότηση του δικτύου AS-I.

Στο Σχ.2.3 φαίνονται ορισμένες από τις συσκευές του δικτύου AS-I με τη βοήθεια των οποίων οι μονάδες του παραγωγικού εξοπλισμού μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο. Η πρώτη, πολλαπλών χρήσεων, συσκευή χρησιμοποιείται κυρίως για τη σύνδεση ηλεκτροβαλβίδων στο δίκτυο. Η συσκευή (β) αποτελεί ένα μπλοκ εισόδων/εξόδων για άμεση σύνδεση στον AS-I master σταθμό, ενώ η συσκευή (γ) είναι ένας συνδετήρας τεσσάρων πηνίων. Η συσκευή (δ) είναι παρόμοια με την (γ) αλλά διαθέτει επιπλέον και 4 εισόδους. Η συσκευή (ε) είναι του ίδιου είδους με την (γ) αλλά για μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους βαλβίδες και τέλος η συσκευή (ζ) είναι το τροφοδοτικό όλου του δικτύου



Σχ.2.4. Τομή του καλωδίου AS-I και της συνδεόμενης σε αυτό συσκευής.

Το ειδικό διπολικό καλώδιο του δικτύου AS-I (Σχ.2.4), πολύ γνωστό ως κίτρινο καλώδιο, και η εφαρμοζόμενη τεχνική σύνδεσης χωρίς αφαίρεση της μόνωσης καθιστούν απλή την καλωδίωση μειώνοντας αισθητά τον αριθμό καλωδίων και συνδέσεων και προσφέροντας μεγαλύτερη ασφάλεια στην μετάδοση. Η σύνδεση πραγματοποιείται με μία μόνο κίνηση, δηλαδή με τοπικό τρύπημα του διπολικού καλωδίου από το ζεύγος συνδετήρων που φέρει η συνδεόμενη συσκευή. Η συσκευή επικάθεται πάνω στο καλώδιο AS-I και με τη βοήθεια δύο αιχμηρών αγώγιμων ακίδων διαπερνά την εύκαμπτη μόνωση του καλωδίου συναντώντας τους δύο εσωτερικούς αγωγούς. Η ηλεκτρική επαφή που δημιουργείται κατ' αυτό τον τρόπο είναι ανθεκτική σε οποιαδήποτε μηχανική καταπόνηση και σε περίπτωση αποσύνδεσης ο βαθμός προστασίας του δικτύου παραμένει υψηλός. Μέσω του διπολικού καλωδίου μεταφέρονται τόσο τα δεδομένα όσο και η απαιτούμενη ισχύς. Από οποιοδήποτε σημείο της διεργασίας υπάρχει πρόσβαση στο δίκτυο στο οποίο μπορούν να συνδεθούν ζεύγη αισθητήρων και ενεργοποιητών, όπως αισθητήρες προσέγγισης, βαλβίδες, ή ενδεικτικές λυχνίες. Η εγκατάσταση του δικτύου δεν απαιτεί ειδικές γνώσεις ενώ η ευκολία στην τοποθέτηση, η απλή δομή όπως και το ειδικό σχέδιο μειώνουν τον κίνδυνο λαθών καθώς και την απαιτούμενη συντήρηση ή επιδιόρθωσή του.

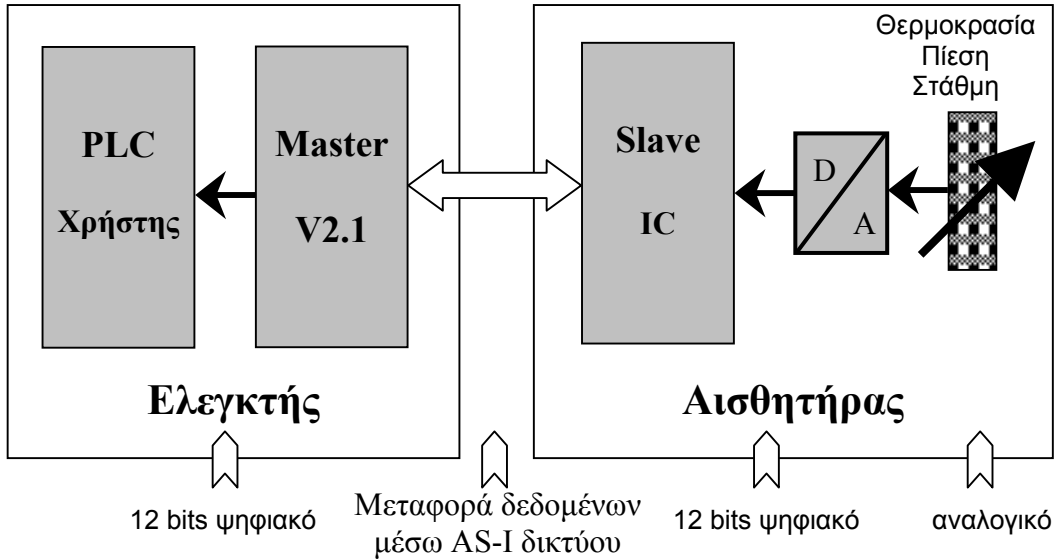


Σχ.2.5. Δομικά στοιχεία του δικτύου AS-I.

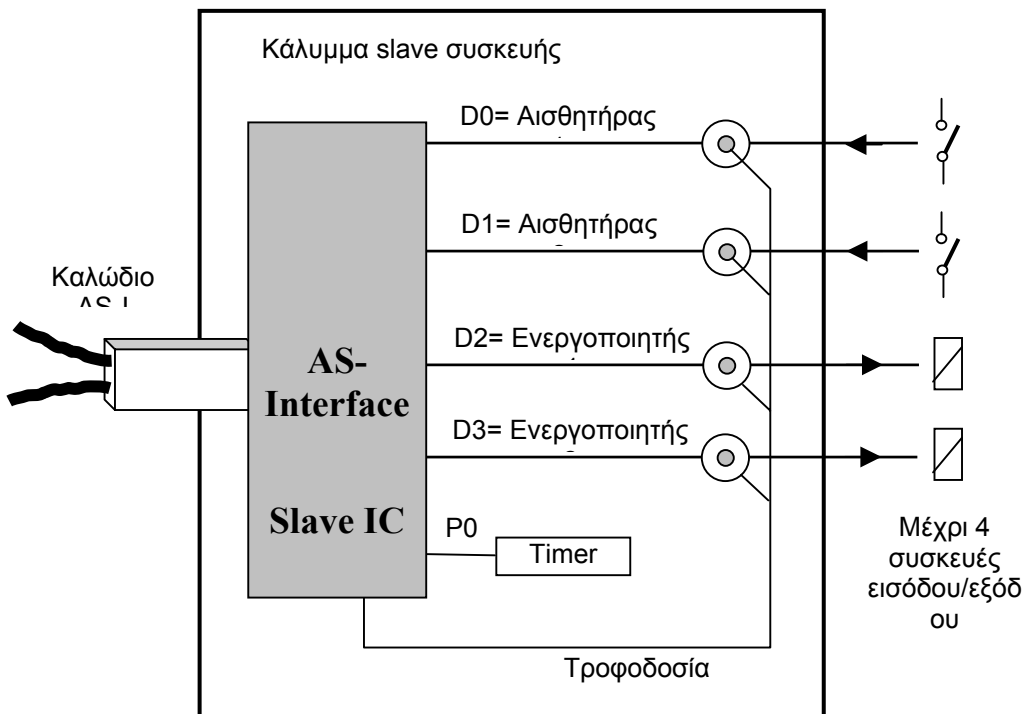
Το Σχ.2.5 δείχνει τα δομικά στοιχεία ενός δικτύου AS-I. Η ανάπτυξη της δομής του δικτύου AS-I γίνεται μέσω συνδετικών στοιχείων (α και β στο Σχ.2.5). Κάθε συνδετικό στοιχείο μπορεί να υποδεχτεί 2 καλώδια και να τα συνδέσει ηλεκτρικά. Στο ανοικτό συνδετικό στοιχείο (α) βλέπουμε ένα σημείο τομής στο οποίο εύκολα μπορεί να πραγματοποιηθεί μία ηλεκτρική και μηχανική σύνδεση με το ανώτερο τμήμα, που είναι οι συσκευές εφαρμογής (c έως f στο Σχ.2.5). Αν η συσκευή εφαρμογής περιέχει και τα ηλεκτρονικά του εξαρτημένου σταθμού (ενεργή συσκευή εφαρμογής) τότε μπορούν να συνδεθούν έως 4 συμβατοί αισθητήρες/ενεργοποιητές. Αν η συσκευή εφαρμογής είναι παθητική δηλαδή χωρίς δικά της ηλεκτρονικά, τότε μπορούμε να έχουμε και άλλες διακλαδώσεις της γραμμής AS-I σε περισσότερους εξαρτημένους σταθμούς που ενώνονται μέσω βύσματος με την γραμμή. Οι συσκευές (c), (d) και (e) είναι συμβατοί αισθητήρες/ενεργοποιητές. Οι (c) και (d) μπορεί να είναι παθητικές συσκευές εφαρμογής αν τα συνδεόμενα στοιχεία έχουν ενσωματωμένα ολοκληρωμένα κυκλώματα (AS-I Chip). Το (g) είναι ένας αισθητήρας με ενσωματωμένο AS-I τσιπ που συνδέεται μέσω του συνδετικού στοιχείου (α) στην γραμμή AS-I. Μία συσκευή εφαρμογής μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για γαλβανικό διαχωρισμό ανάμεσα σε δίκτυο AS-I και εξωτερική τροφοδοσία των αισθητήρων (h στο Σχ.2.5).

Ως μέθοδο πρόσβασης χρησιμοποιεί τη διαδικασία κύριου-εξαρτημένου σταθμού (master-slave). Ο κύριος σταθμός στέλνει το πακέτο δεδομένων με συγκεκριμένη διεύθυνση εξαρτημένου σταθμού. Ο εξαρτημένος σταθμός στον οποίο αντιστοιχεί η διεύθυνση απαντά εντός ενός προκαθορισμένου χρονικού διαστήματος. Αν σε περίπτωση λάθους ο εξαρτημένος σταθμός δεν απαντήσει τότε στέλνεται πάλι το πακέτο χωρίς να αυξηθεί σημαντικά ο χρόνος κύκλου (περίπου 0.15ms). Σε περίπτωση δεύτερου λάθους ενημερώνεται το επίπεδο ελέγχου που αναλαμβάνει τον περαιτέρω έλεγχο του λάθους. Αν το πακέτο ληφθεί σωστά ο εξαρτημένος σταθμός απαντά πρώτα στον κύριο σταθμό στέλνοντας ένα ειδικό πακέτο επιτυχούς επικοινωνίας, και στη συνέχεια αξιοποιεί την τιμή που έλαβε σύμφωνα με τον τρόπο που έχει προγραμματιστεί και τη λειτουργία που επιτελεί στη βιομηχανική διαδικασία. Κάθε χρονική στιγμή συμμετέχουν στην επικοινωνία δεδομένων ένας κύριος και μόνο ένας από τους 31 (μέγιστος αριθμός για τη V2.0) εξαρτημένους σταθμούς. Στο Σχ.2.6 απεικονίζεται η ροή πληροφορίας από τον εξαρτημένο σταθμό προς τον κύριο και αντιστρόφως, μέσω των διαδικασιών ψηφιοποίησης (D/A), μετάδοσης και λήψης. Ο κύριος σταθμός είναι συνήθως ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής εξοπλισμένος με το υλικό επικοινωνίας που είναι συμβατό με το AS-I δίκτυο. Ένας κύκλος λειτουργίας του δικτύου AS-I ορίζεται ως η πλήρης επικοινωνία (αποστολή πακέτου-λήψη απάντησης) του κύριου σταθμού με κάθε έναν από τους εξαρτημένους και είναι 5 msec ή 10 msec ανάλογα με την έκδοση του δικτύου. Επειδή κάθε κόμβος μπορεί να δεχθεί μέχρι 4 συσκευές εισόδου/εξόδου ο μέγιστος αριθμός αισθητήρων και

ενεργοποιητών στο δίκτυο μπορεί να είναι 124 ή 248. Η έκδοση 2.0 χρησιμοποιείται για μεταφορά μόνο διακριτών σημάτων, ενώ η έκδοση 2.1 εκτός των διακριτών υποστηρίζει και αναλογικά σήματα των 12 bits προσβάσιμα ανά 5 κύκλους λειτουργίας.

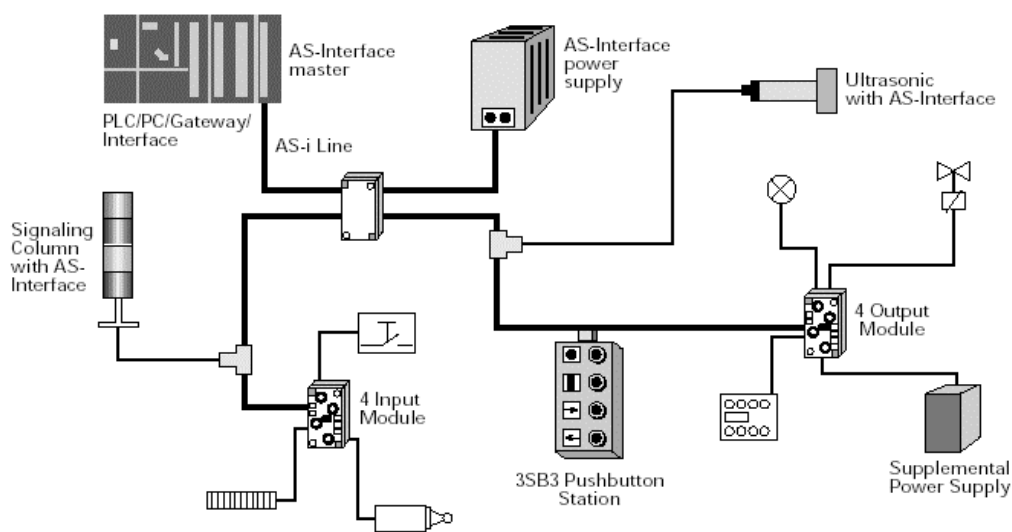


Σχ.2.6. Επικοινωνία AS-I σταθμών.



Σχ.2.7. Τυπική σύνδεση αισθητήρων και ενεργοποιητών σε μία εξαρτημένη συσκευή του δικτύου AS-I.

Στο Σχ.2.7 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται οι συσκευές του δικτύου (βλ. Σχ.2.3) έτσι ώστε να σχηματιστεί ένα δίκτυο AS-I. Κάθε εξαρτημένος κόμβος του δικτύου έχει δύο τμήματα, ένα λειτουργικό τμήμα το οποίο αφορά στη βιομηχανική διαδικασία (π.χ. ρελέ και διακοπτικά στοιχεία) και ένα επικοινωνιακό τμήμα AS-I το οποίο επικοινωνεί από τη μία πλευρά με τον κύριο σταθμό και από την άλλη με το λειτουργικό τμήμα του κόμβου. Το επικοινωνιακό τμήμα έχει ως πυρήνα το ολοκληρωμένο κύκλωμα Slave-IC το οποίο υλοποιεί το αντίστοιχο πρωτόκολλο. Οι δύο περιπτώσεις σύνδεσης συσκευών I/O στο δίκτυο με ενσωματωμένο ή μη το ολοκληρωμένο κύκλωμα φαίνονται στο Σχ.2.8.



Σχ.2.8. Δομική διαμόρφωση δικτύου AS-I σε βιομηχανικές εφαρμογές.

Συνοπτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δικτύου AS-I είναι:

- Έτος εμφάνισης:** 1994.
- Πρότυπο:** σύμφωνα με EN 50295.
- Τοπολογία:** διαύλου, αστερά ή δενδρική.
- Φυσικό Μέσο μετάδοσης:** διπολικό καλώδιο.
- Μέγιστο μήκος:** 100m χωρίς επαναλήπτη.
300m με επαναλήπτη.
- Αριθμός σταθμών:** 31 εξαρτημένοι σταθμοί σύμφωνα με το AS-I V2.0
62 εξαρτημένοι σταθμοί σύμφωνα με το AS-I V2.1
- Αριθμός αισθητήρων/ενεργοποιητών:** max. 124 σύμφωνα με το V2.0
max. 248 σύμφωνα με το V2.1

- Μέθοδος προσπέλασης:** κυκλική διαδικασία κυρίου/εξαρτημένου σταθμού, κυκλική ανάληψη δεδομένων από τα PCs.
- Έλεγχος λαθών:** αναγνώριση και επανεκπομπή των πακέτων.
- Χρόνος κύκλου:** μέγιστο 5ms για 31 εξαρτημένους σταθμούς.

Αξιοσημείωτα στο δίκτυο AS-I είναι τα εξής:

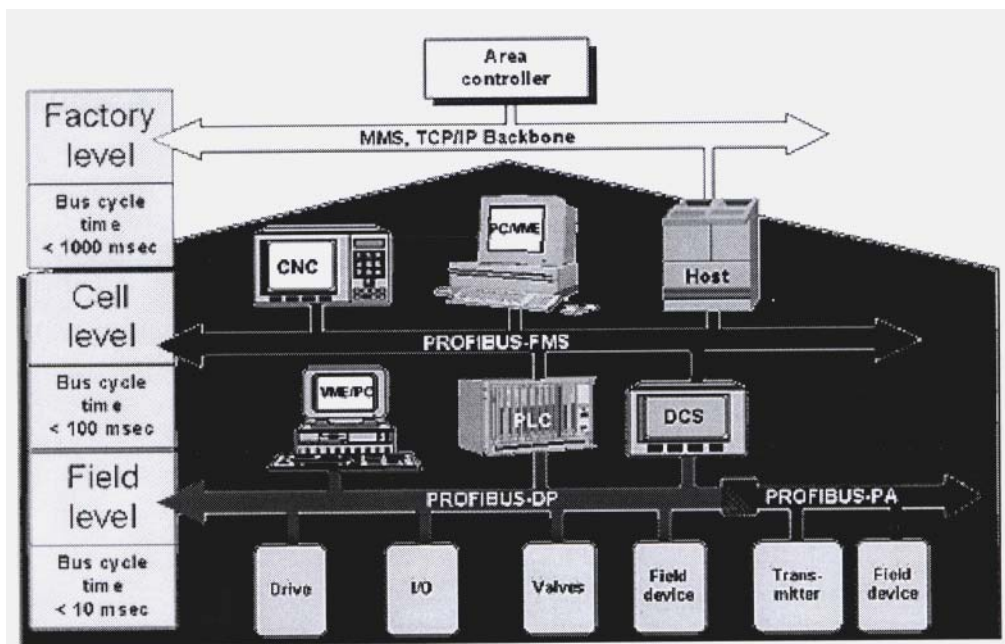
- Λόγω της τμηματικής μορφής του είναι εύκολο και γρήγορο στην εγκατάσταση. Οι κόμβοι προστίθενται και αφαιρούνται εύκολα με ελάχιστο κόστος. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν συσκευές οποιουδήποτε κατασκευαστή χωρίς προβλήματα συμβατότητας.
- Ισχύς λειτουργίας των κόμβων και δεδομένα μεταδίδονται ταυτόχρονα στο ίδιο εύλεκτο, εύκαμπτο και ευδιάκριτο καλώδιο.
- Ο χρήστης δεν χρειάζεται να προγραμματίσει τους εξαρτημένους σταθμούς ούτε να αναθέσει διευθύνσεις αφού η διαδικασία αυτή είναι καθορισμένη από τον κατασκευαστή και γίνεται αυτόματα.
- Η συντήρηση και η αλλαγή των παραμέτρων του δικτύου πραγματοποιούνται χωρίς να διακόπτεται η λειτουργία του και συνεπώς χωρίς να σταματά η παραγωγική διαδικασία.

Δεν πρέπει όμως να παραβλέπει κανείς και τα παρακάτω μειονεκτήματα:

- Μπορούν να συνδεθούν μόνο 31 εξαρτημένοι σταθμοί ανά γραμμή, είναι όμως δυνατή η σύνδεση πολλών γραμμών AS-I παράλληλα με επιβάρυνση το επιπλέον κόστος των κύριων σταθμών.
- Το επιτρεπόμενο μήκος καλωδίου είναι σχετικά μικρό με μέγιστη τιμή τα 100m. Για μεγαλύτερα μήκη δικτύου απαιτείται η χρήση επαναληπτών.
- Δεν μπορεί να μεταδώσει ψηφιακά δεδομένα πράγμα που γνωρίζανε οι κατασκευαστές αλλά μόνο έτσι θα διαμορφωνόταν το πακέτο AS-I εύκολα και αξιόπιστα.

2.3 Δίκτυο PROFIBUS

Το Profibus είναι ένα δυνατό, ανοικτό και σταθερό δίκτυο για βιομηχανικό αυτοματισμό με ευρεία περιοχή εφαρμογών, όπως σε βιομηχανικές διεργασίες κάθε είδους και σε βιομηχανικά κτίρια διοίκησης (Βλ. σχήμα 2.9). Μέσω του δικτύου Profibus, το οποίο είναι σύμφωνο με το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 50 170, μπορούν να επικοινωνούν μηχανήματα διαφορετικών κατασκευαστών χωρίς να απαιτούνται ιδιαίτερες προσαρμοστικές ρυθμίσεις. Πρόκειται για ένα δίκτυο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετάδοση, υπό υψηλές ταχύτητες, δεδομένων κρίσιμων από πλευράς χρόνου και για ιδιαίτερα σύνθετες επικοινωνιακές εργασίες. Στο σχήμα 2.10 φαίνεται η οικογένεια του Profibus αποτελούμενη από τρεις εκδοχές.



Σχ.2.9. Εφαρμογές PROFIBUS.

2.3.1 PROFIBUS –DP (Distributed Process)

Προτιμάται για υψηλές ταχύτητες και φθηνές συνδέσεις σταθμών. Αυτή η έκδοση του PROFIBUS σχεδιάστηκε κυρίως για επικοινωνία μεταξύ των συστημάτων

αυτοματισμού και των περιφερειακών εισόδων/εξόδων (I/O) στο επίπεδο μηχανής (device level). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντικαθιστά παράλληλες μεταδόσεις σημάτων με 24V ή 0 έως 20mA.

2.3.2 PROFIBUS –PA (Process Automation)

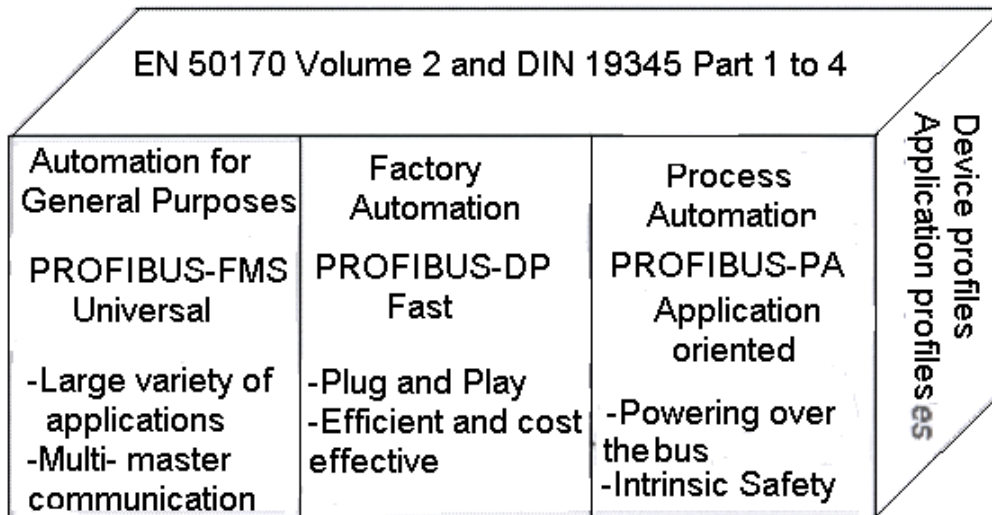
Έχει σχεδιαστεί κυρίως για την αυτοματοποίηση διεργασιών. Επιτρέπει τη σύνδεση αισθητήρων και ενεργοποιητών σε έναν κοινό δίαυλο. Επίσης, επιτρέπει μετάδοση δεδομένων και ισχύος στο δίκτυο χρησιμοποιώντας τεχνολογία διπλού καλωδίου σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο IEC 1158-2.

2.3.3 PROFIBUS –FMS (Fieldbus Message Specification)

Είναι μια γενική λύση για εργασίες επικοινωνίας στο επίπεδο νησίδας (cell level). Οι υπηρεσίες FMS προσφέρουν μια ευρεία περιοχή εφαρμογών στο χρήστη και εξασφαλίζουν μεγάλη ευελιξία.

2.3.4 Βασικά χαρακτηριστικά

Το PROFIBUS καθορίζει τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος δικτύου (fieldbus system) με το οποίο μπορούν αποκεντρωμένοι ψηφιακοί ελεγκτές να ενώνονται από το επίπεδο πεδίου (field level) στο επίπεδο νησίδας (cell level). Στο δίκτυο PROFIBUS υπάρχει διαχωρισμός σε κύριους (master) και εξαρτημένους (slave) σταθμούς. Οι master-slave σταθμοί περιγράφηκαν και στο κεφάλαιο 1.9.1. Οι κύριοι σταθμοί ορίζουν την επικοινωνία δεδομένων στο δίαυλο και μπορούν να στείλουν μηνύματα χωρίς την ανάγκη εξωτερικών αιτήσεων (request) όταν έχουν τα δικαιώματα πρόσβασης στο δίαυλο (κουπόνι). Στο πρωτόκολλο PROFIBUS οι κύριοι σταθμοί καλούνται εναλλακτικά και ενεργοί σταθμοί (active stations). Κατά την επικοινωνία των κύριων σταθμών χρησιμοποιείται η διαδικασία ανταλλαγής κουπονιού. Οι εξαρτημένοι σταθμοί είναι περιφερειακές συσκευές οι οποίες περιλαμβάνουν PLCs, I/O συσκευές, βαλβίδες, οδηγούς και μεταδότες μέτρησης. Δεν έχουν άμεσα πρόσβαση στο δίαυλο παρά μόνο όταν απαιτείται από τον κύριο κόμβο, ενώ μπορεί να λαμβάνει συνεχώς μηνύματα. Ο κύριος σταθμός στέλνει μηνύματα στους εξαρτημένους οι οποίοι αποστέλλουν επιβεβαίωση λήψης ή διαβάζει μηνύματα από αυτούς. Οι εξαρτημένοι σταθμοί στο PROFIBUS αναφέρονται και ως παθητικοί σταθμοί (passive stations). Η υλοποίησή τους είναι σχετικά οικονομική, αφού το πρωτόκολλο χρησιμοποιεί ένα μέρος μόνο του διαύλου.

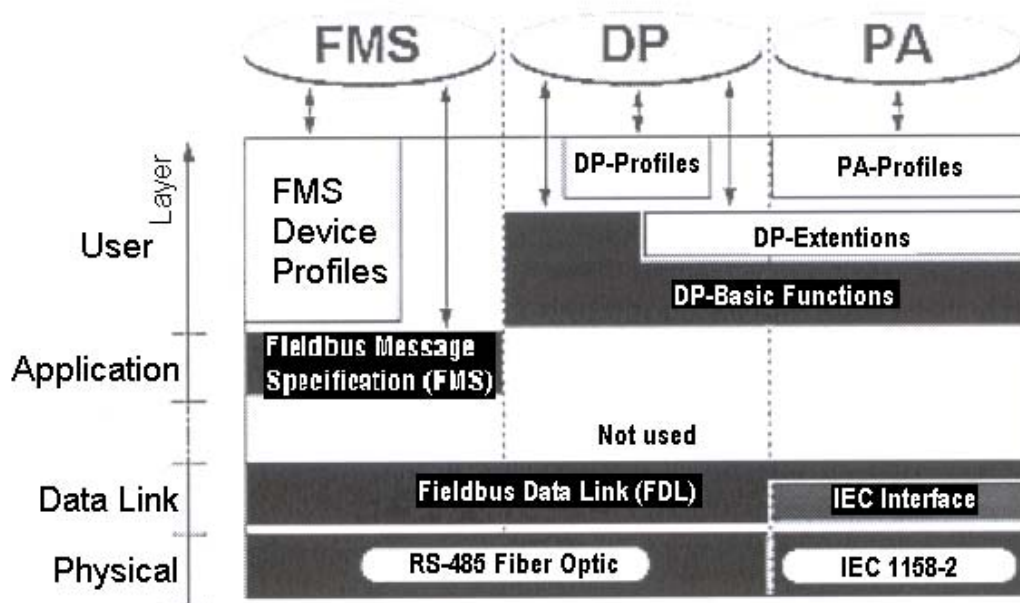


Σχ.2.10. Οικογένεια προϊόντων PROFIBUS.

2.2.5 Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλου

Το PROFIBUS βασίζεται σε αναγνωρισμένα διεθνή πρότυπα. Η αρχιτεκτονική του πρωτοκόλλου είναι προσαρμοσμένη στο μοντέλο αναφοράς OSI σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 7498. Σε αυτό το μοντέλο κάθε επίπεδο υλοποιεί συγκεκριμένες διεργασίες. Το Επίπεδο 1 (φυσικό επίπεδο) καθορίζει τα φυσικά χαρακτηριστικά της μετάδοσης. Το Επίπεδο 2 (σύνδεσης δεδομένων) προσδιορίζει το πρωτόκολλο πρόσβασης στο δίαυλο. Το Επίπεδο 7 (εφαρμογών) καθορίζει τις λειτουργίες των εφαρμογών του τελικού χρήστη. Η αρχιτεκτονική αυτή φαίνεται στο σχήμα 2.11. Το PROFIBUS -DP χρησιμοποιεί τα επίπεδα 1 και 2 καθώς και το user interface ενώ τα επίπεδα 3 έως 7 μένουν απροσδιόριστα παρέχοντας έτσι γρήγορη και αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων. Οι λειτουργίες των εφαρμογών οι οποίες είναι διαθέσιμες τόσο στο χρήστη όσο και στο σύστημα καθώς επίσης και η συμπεριφορά των διαφόρων PROFIBUS-DP συσκευών καθορίζονται στο επίπεδο του user interface. Η μετάδοση γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο RS 485 ή με τεχνολογία οπτικών ινών.

Στο PROFIBUS -FMS καθορίζονται τα επίπεδα 1,2 και 7. Το επίπεδο εφαρμογών αποτελείται από το FMS (Fieldbus Message Specification) και το LLI (Lower Layer Interface). Το FMS περιέχει το πρωτόκολλο εφαρμογών και παρέχει στον χρήστη έναν μεγάλο αριθμό από υπηρεσίες επικοινωνιών. Το LLI υλοποιεί τις διάφορες συσχετίσεις επικοινωνιών και προσδίδει στο FMS πρόσβαση στο επίπεδο 2 ανεξάρτητη των διαφόρων συσκευών. Το επίπεδο 2 (FDL, Fieldbus Data Link) ελέγχει την πρόσβαση στον δίαυλο και παρέχει ασφάλεια στα δεδομένα. Και στο PROFIBUS -FMS έχουμε δυνατότητα επιλογής μετάδοσης μεταξύ RS 485 και οπτικών ινών.



Σχ.2.11. Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλου του PROFIBUS.

Το PROFIBUS-PA χρησιμοποιεί το εκτεταμένο πρωτόκολλο PROFIBUS-DP για τη μετάδοση δεδομένων. Επιπρόσθετα χρησιμοποιείται το PA προφίλ, το οποίο καθορίζει την συμπεριφορά των συσκευών του πεδίου (field devices). Σύμφωνα με το πρότυπο EC 1158-2 η μέθοδος μετάδοσης επιτρέπει εσωτερικό έλεγχο ασφάλειας καθώς επίσης και την δυνατότητα οι συσκευές πεδίου να παίρνουν ισχύ μέσω του διαύλου. Να σημειωθεί ότι το PROFIBUS-DP και το PROFIBUS-FMS χρησιμοποιούν τον ίδιο τρόπο μετάδοσης και έτσι μπορούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα στο ίδιο καλώδιο.

2.2.6 Τεχνολογία μετάδοσης

Το πεδίο εφαρμογών του συστήματος διαύλου καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την επιλογή της τεχνολογίας μετάδοσης. Επιπρόσθετα με τις γενικότερες απαιτήσεις (ασφάλεια μετάδοσης, καλυπτόμενη απόσταση ή μετάδοση υψηλής ταχύτητας) και άλλοι ηλεκτρομηχανικοί παράγοντες μπορούν να παίζουν σημαντικό ρόλο. Όταν περιλαμβάνονται εφαρμογές για αυτοματισμό διεργασιών δεδομένα και ισχύς πρέπει να μεταδίδονται από ένα κοινό καλώδιο. Επειδή είναι αδύνατο να ικανοποιούνται όλες οι απαιτήσεις με μία μόνο τεχνολογία μετάδοσης, το PROFIBUS παρέχει τρεις εκδοχές:

- Μετάδοση RS 485 για DP/FMS

- Μετάδοση IEC 1158 -2 για PA
- Μετάδοση με οπτικές ίνες

Μετάδοση RS 485 για PROFIBUS–DP/FMS

Η μετάδοση RS 485 χρησιμοποιείται ευρύτερα στο PROFIBUS, ενώ αναφέρεται επίσης και ως H2. Το πεδίο εφαρμογών της περιλαμβάνει όλες τις περιπτώσεις στις οποίες απαιτούνται μετάδοση υψηλής ταχύτητας και απλή και φθηνή εγκατάσταση. Η τεχνολογία μετάδοσης RS 485 είναι εύκολη στο χειρισμό ενώ η εγκατάσταση των καλωδίων συνεστραμμένου ζεύγους δεν χρειάζεται ειδικές γνώσεις. Παράλληλα, η δομή του διαύλου επιτρέπει την πρόσθεση ή απεγκατάσταση σταθμών με διαδικασίες οι οποίες δεν επηρεάζουν το όλο σύστημα. Περαιτέρω επεκτάσεις του δικτύου δεν επηρεάζουν τους είδη εγκατεστημένους σταθμούς. Η ταχύτητα μετάδοσης είναι επιλέξιμη μεταξύ 9.6 Kbits/sec και 12 Mbits/sec.

Όσον αφορά την εγκατάσταση και εφαρμογή του RS 485, όλες οι συσκευές με μέγιστο αριθμό 32, (κύριοι και εξαρτημένοι) συνδέονται σε μορφή διαύλου (γραμμής). Ο δίαυλος καταλήγει σε ενεργές τερματικές αντιστάσεις (active terminator). Σε περίπτωση που έχουμε περισσότερους από 32 σταθμούς χρησιμοποιούμε επαναλήπτες για τη συνένωση τμημάτων του δικτύου. Το μέγιστο μήκος καλωδίου εξαρτάται από την ταχύτητα μετάδοσης. Οι αντίστοιχες τιμές για καλώδια τύπου A φαίνονται στον πίνακα 2.1.

Ταχύτητα μετάδοσης (Kbits/sec)	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	12000
Απόσταση	1200m	1200m	1200m	1000m	400m	200m	100m

Πιν.2.1. Αποστάσεις βασισμένες στην ταχύτητα μετάδοσης για καλώδια τύπου A.

Μετάδοση με IEC 1158 -2 για το PA

Η μετάδοση σύμφωνα με το πρότυπο IEC 1158 -2 ικανοποιεί τις απαιτήσεις των χημικών και πετροχημικών βιομηχανιών. Παρέχει εσωτερική ασφάλεια και επιτρέπει στις συσκευές πεδίου να τροφοδοτούνται με ισχύ μέσω του διαύλου. Η τεχνολογία αυτή αποτελεί ουσιαστικά ένα bit-σύγχρονο πρωτόκολλο με συνεχή, ελεύθερη ρεύματος, μετάδοση. Η IEC 1158-2 τεχνολογία χρησιμοποιείται κατ'εξοχήν από το PROFIBUS-PA και η μετάδοση στηρίζεται στις παρακάτω αρχές:

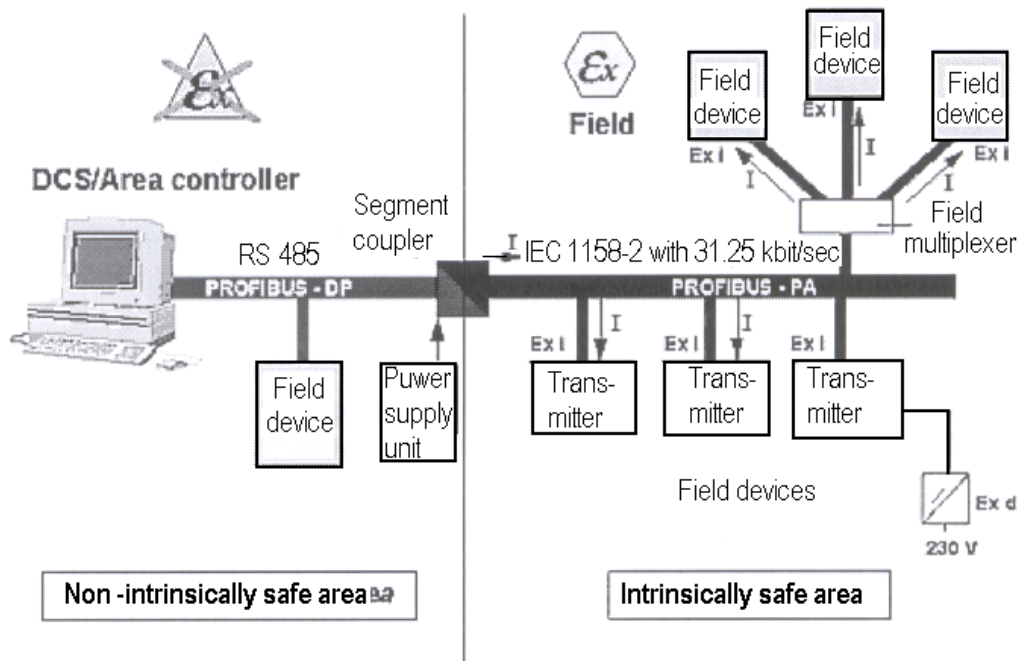
- κάθε περιοχή έχει μια μόνο πηγή τροφοδοσίας
- όταν ένας σταθμός μεταδίδει αποφεύγεται η εισαγωγή τροφοδοσίας στο δίαυλο
- κάθε συσκευή πεδίου καταναλώνει μία συγκεκριμένη τιμή ισχύος σε σταθερή κατάσταση (steady state)
- οι τερματικές αντιστάσεις τοποθετούνται και στα δύο άκρα του διαύλου

Για την διασύνδεση διαφόρων τμημάτων RS 485 με το IEC 1158-2 χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές, οι ζεύκτες. Τα χαρακτηριστικά του IEC 1158-2 φαίνονται στον Πιν.2.2.

Μετάδοση δεδομένων	Ψηφιακό, bit-synch, κωδικ. Manchester
Ταχύτητα μετάδοσης	31.25 Kbits/sec, (Voltage mode)
Ασφάλεια δεδομένων	Preamble, έλεγχος λαθών
Καλώδιο	Συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίου
Απομακρυσμένη τροφοδοσία	Προαιρετικό, μέσω γραμμών δεδομένων
Τύπος προστασίας	Επιλογή εσωτερικής / εξωτερικής ασφάλειας
Τοπολογία	Γραμμής και διαύλου ή συνδυασμός
Αριθμός σταθμών	Έως 32 ανά τμήμα, συνολικός μέγιστος 126
Επαναλήπτης	Δυνατότητα επέκτασης έως 4 επαναλήπτες

Πιν.2.2. Χαρακτηριστικά του προτύπου IEC 1158–2.

Για την τοπολογία του δικτύου PROFIBUS-PA χρησιμοποιούνται τόσο η γραμμική δομή όσο και η δομή δέντρου καθώς και συνδυασμοί αυτών. (Βλ. σχ. 2.12). Η δομή γραμμής είναι ουσιαστικά σύνδεση των διαφόρων τερματικών σταθμών κατά μήκος του διαύλου, ενώ η δομή δέντρου μπορεί να συγκριθεί με την κλασική τεχνική εγκατάστασης των συσκευών πεδίου. Συνήθως, στην πράξη για την βελτιστοποίηση του αποτελέσματος χρησιμοποιείται συνδυασμός των δύο δομών. Όσον αφορά τις τερματικές αντιστάσεις, αυτές αποτελούνται από ένα απλό RC σε σειρά κύκλωμα. Όπως και με τον προηγούμενο τύπο δικτύου PROFIBUS, ο μέγιστος αριθμός σταθμών σε μια περιοχή δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 32, ενώ επηρεάζεται από τον τύπο προστασίας και τον βαθμό αξιοπιστίας των δεδομένων που θέλουμε να έχουμε.



Σχ.2.12. Διαμόρφωση σε διεργασίες αυτοματισμού.

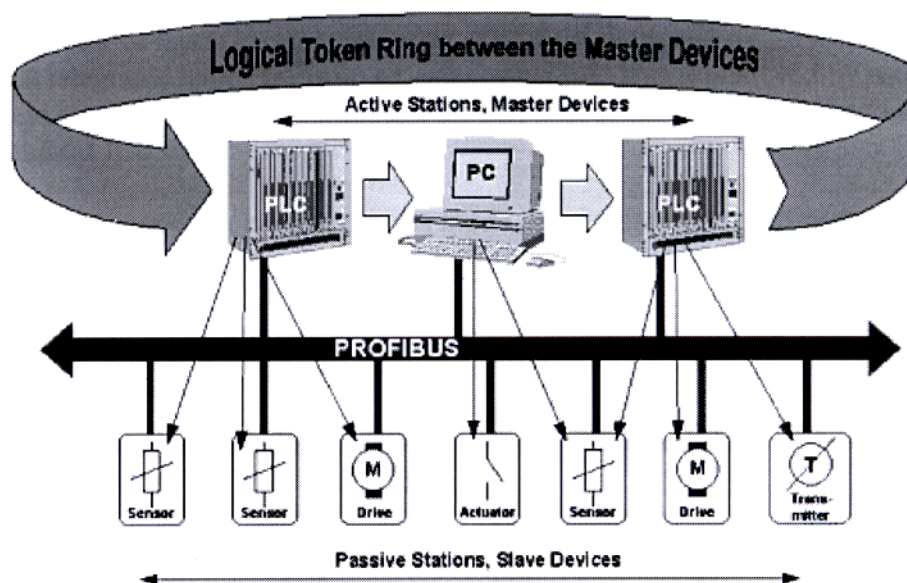
2.2.7 Πρωτόκολλο πρόσβασης στο δίκτυο

Και οι τρεις τύποι δικτύου PROFIBUS (DP, FMS και PA) χρησιμοποιούν το ίδιο πρωτόκολλο πρόσβασης στο δίκτυο. Το πρωτόκολλο αυτό υλοποιείται στο 2ο επίπεδο του προτύπου OSI και μεταξύ άλλων περιλαμβάνει λειτουργίες ασφάλειας δεδομένων και χειρισμό των κανόνων μετάδοσης και των τηλεγραφημάτων.

Το επίπεδο Medium Access Control (MAC) καθορίζει τη διαδικασία η οποία λαμβάνει χώρα όταν ένας σταθμός επιτρέπεται να αποστείλει δεδομένα. Το επίπεδο MAC πρέπει να διασφαλίζει ότι μόνο ένας σταθμός έχει το δικαίωμα να εκπέμπει κάθε φορά. Το πρωτόκολλο PROFIBUS έχει σχεδιαστεί για να εξασφαλίζει δύο πρωταρχικές απαιτήσεις του MAC:

- Κατά την διάρκεια μιας επικοινωνίας δύο σταθμών (master) πρέπει να διασφαλίζεται ότι κάθε ένας εξ αυτών θα έχει αρκετό χρόνο για να εκτελέσει το επικοινωνιακό του έργο εντός ενός ακριβώς καθορισμένου χρονικού διαστήματος.
- Η κυκλική και σε πραγματικό χρόνο μετάδοση δεδομένων πρέπει να υλοποιείται όσο το δυνατόν πιο απλά και πιο γρήγορα κατά την επικοινωνία ενός σύνθετου προγραμματιζόμενου ελεγκτή (PLC) με τις I/O συσκευές (slaves).

Για αυτόν τον λόγο το πρωτόκολλο PROFIBUS περιλαμβάνει τη διαδικασία μεταγωγής κουπονιού το οποίο χρησιμοποιείται από κύριους σταθμούς (master) για την μεταξύ τους επικοινωνία και τη διαδικασία κυρίου-εξαρτημένου (master-slave) η οποία χρησιμοποιείται από κύριους σταθμούς για επικοινωνία με τις απλές I/O συσκευές. (Σχ.2.13)



Σχ.2.13. Και οι τρεις εκδόσεις του δικτύου PROFIBUS χρησιμοποιούν ένα ενιαίο πρωτόκολλο προσπέλασης στο διάυλο.

Η διαδικασία περάσματος κουπονιού εγγυάται ότι το δικαίωμα πρόσβασης στο διάυλο (κουπόνι) παρέχεται σε κάθε ένα σταθμό (master) για προκαθορισμένη χρονική διάρκεια. Το κουπόνι, ένα ειδικό πλαίσιο δεδομένων για παροχή δικαιωμάτων πρόσβασης, περιφέρεται περιμετρικά του λογικού δακτυλίου με μια προκαθορισμένη μέγιστη ταχύτητα περιστροφής.

Η διαδικασία master-slave επιτρέπει στον κύριο σταθμό (ενεργός) να παρέχει δικαιώματα εκπομπής μηνύματος σε εξαρτημένους σταθμούς (παθητικούς). Έτσι, μπορούμε να υλοποιήσουμε διαμορφώσεις του συστήματος όπως διαμόρφωση αποκλειστικά master-slave, αποκλειστικά master-master και συνδυασμό αυτών.

2.2.8 Χαρακτηριστικά του PROFIBUS-DP

Το PROFIBUS σχεδιάστηκε για επικοινωνία σε υψηλές ταχύτητες στο χαμηλότερο επίπεδο, το επίπεδο μηχανής (device level). Στο επίπεδο αυτό η επικοινωνία μεταξύ κεντρικών ελεγκτών (π.χ PLCs/PCs) και καταναμημένων

Τεχνολογία μετάδοσης	<ul style="list-style-type: none"> • RS-485, συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων ή οπτικές ίνες • Ταχύτητες μετάδοσης από 9.6Kbit/sec έως 12Mbits/sec
Προσπέλαση μέσου	<ul style="list-style-type: none"> • Διαδικασία πέρασμα κουπονιού μεταξύ κύριων σταθμών και διαδικασία κύριου-εξαρτημένου για εξαρτημένους σταθμούς • Δυνατότητα για ένα κύριο σταθμό ή πολλαπλούς κύριους σταθμούς • Μέγιστος αριθμός κύριων και εξαρτημένων σταθμών σ' ένα δίαυλο 126
Επικοινωνία	<ul style="list-style-type: none"> • Σημείο προς σημείο ή πολλαπλής εκπομπής Κυρίου-εξαρτημένου κυκλική μετάδοση δεδομένων του χρήστη και ασύγχρονη επικοινωνία κυρίου-κυρίου
Τρόποι λειτουργίας	<ul style="list-style-type: none"> • Λειτουργία: Κυκλική μετάδοση δεδομένων εισόδου και εξόδου • Καθαρισμός: Τα δεδομένα εισόδου διαβάζονται, τα δεδομένα εξόδου κρατούνται σε κατάσταση ασφαλείας • Στάση: Μόνο μεταξύ κύριων σταθμών είναι δυνατή η μετάδοση δεδομένων
Συγχρονισμός	<ul style="list-style-type: none"> • Εντολές ελέγχου επιτρέπουν συγχρονισμό των εισόδων και εξόδων • Κατάσταση Συγχρονισμός: Οι έξοδοι συγχρονίζονται • Κατάσταση Αναμονή: Οι εισοδοί συγχρονίζονται
Λειτουργικότητα	<ul style="list-style-type: none"> • Κυκλική επικοινωνία δεδομένων του χρήστη μεταξύ κυρίων και εξαρτημένων σταθμών • Δυναμική ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση των επιμέρους εξαρτημένων σταθμών • Έλεγχος της αρχικοποίησης των εξαρτημένων σταθμών • Ισχυρές διαγνωστικές λειτουργίες, τρία ιεραρχικά επίπεδα διαγνωστικών μηνυμάτων • Συγχρονισμός των εισόδων και/ή των εξόδων • Ανάθεση διευθύνσεων στους εξαρτημένους σταθμούς μέσω του διαύλου • Μέγιστος αριθμός bytes δεδομένων εισόδου και εξόδου για κάθε εξαρτημένο σταθμό 246
Ασφάλεια και λειτουργίες προστασίας	<ul style="list-style-type: none"> • Όλα τα μηνύματα μεταδίδονται με απόσταση Hamming HD=4 • Χρονομετρητής Watchdog στον εξαρτημένο σταθμό • Προστασία προσπέλασης των εισόδων και εξόδων των εξαρτημένων σταθμών • Παρακολούθηση της μετάδοσης των δεδομένων του χρήστη με μετρητή παρακολούθησης που διαμορφώνεται στον κύριο σταθμό
Τύποι συσκευών	<ul style="list-style-type: none"> • Class-2 κύριος σταθμός: συσκευές για προγραμματισμό αρχικοποίηση και διάγνωση • Class-1 κύριος σταθμός: κεντρικοί προγραμματιζόμενοι ελεγκτές όπως PLCs, PCs, κ.λ.π • Εξαρτημένος σταθμός: συσκευή με ψηφιακές ή αναλογικές εισόδους-εξόδους, οδηγούς, βαλβίδες, κ.λ.π

Πιν.2.3. Βασικές λειτουργίες του PROFIBUS–DP.

συσκευών πεδίου (I/O, οδηγών, βαλβίδων κ.λ.π.) γίνεται μέσω μιας σειριακής σύνδεσης υψηλής ταχύτητας. Το μεγαλύτερο μέρος της επικοινωνίας με αυτές τις συσκευές γίνεται με την κυκλική μέθοδο. Οι διαδικασίες που απαιτούνται για αυτό το είδος επικοινωνίας καθορίζονται από τις βασικές συναρτήσεις του PROFIBUS-DP σε συμφωνία με το πρότυπο EN 50170. Πέρα από την εκτέλεση των κυκλικών διαδικασιών, απαιτούνται και λειτουργίες ασύγχρονης επικοινωνίας για έξυπνες συσκευές πεδίου ώστε να επιτρέπεται η διαμόρφωση, ο έλεγχος και η διάγνωση λαθών όπως και ο χειρισμός σημάτων συναγερμού.

2.2.9 Βασικές λειτουργίες του PROFIBUS-DP

Ο κεντρικός ελεγκτής (κύριος σταθμός) διαβάζει κυκλικά την εισερχόμενη πληροφορία από τους εξαρτημένους σταθμούς και γράφει κυκλικά την εξερχόμενη πληροφορία στους εξαρτημένους σταθμούς. Ο χρόνος κύκλου του διαύλου πρέπει να είναι μικρότερος από τον χρόνο κύκλου του προγράμματος του κεντρικού PLC που για τις περισσότερες εφαρμογές είναι περίπου 10 msec. Το PROFIBUS-DP πέρα από την κυκλική μετάδοση δεδομένων του χρήστη, παρέχει ισχυρές λειτουργίες για διάγνωση λαθών και διαμόρφωση του συστήματος. Λειτουργίες παρακολούθησης επιβλέπουν την επικοινωνία των δεδομένων και στις δύο πλευρές, του κυρίου και του εξαρτημένου σταθμού. Στον πίνακα 2.3 φαίνονται συνοπτικά οι βασικές λειτουργίες του PROFIBUS-DP.

Η υψηλή απόδοση στην διακίνηση των δεδομένων δεν είναι το μοναδικό κριτήριο για την επιτυχημένη χρησιμοποίηση ενός συστήματος διαύλου. Πρέπει επίσης να παρουσιάζει απλότητα εγκατάστασης και υποστήριξης, καλές διαγνωστικές ικανότητες και τεχνολογία μετάδοσης χωρίς λάθη. Το PROFIBUS-DP αντιπροσωπεύει τον άριστο συνδυασμό αυτών των χαρακτηριστικών.

- Το PROFIBUS-DP απαιτεί μόνο 1msec περίπου για την μετάδοση 512 bits δεδομένων εισόδου και 512 bits δεδομένων εξόδου σε 32 σταθμούς.
- Στο PROFIBUS-DP οι διαγνωστικές του λειτουργίες παρέχουν γρήγορο εντοπισμό των βλαβών. Τα διαγνωστικά μηνύματα μεταδίδονται στον δίαυλο και συλλέγονται από τον κύριο σταθμό. Τα μηνύματα αυτά χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:
 - **Διαγνωστικά μηνύματα σχετικά με τον σταθμό.** Αυτά τα μηνύματα έχουν σχέση με την γενική κατάσταση λειτουργίας της όλης συσκευής (π.χ. υπερθέρμανση ή χαμηλή τάση).
 - **Διαγνωστικά μηνύματα σχετικά με τις μονάδες εισόδων/εξόδων.** Αυτά τα μηνύματα αναγνωρίζουν την εμφάνιση βλάβης σε μία συγκεκριμένη περιοχή I/O (π.χ. σε μία 8-bit μονάδα εξόδων) ενός σταθμού.

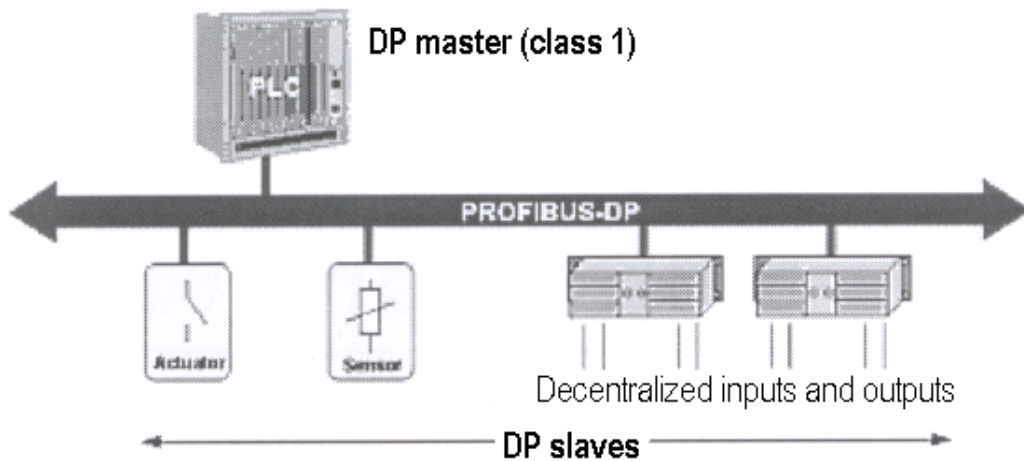
- **Διαγνωστικά μηνύματα σχετικά με το κανάλι.** Αυτά τα μηνύματα δείχνουν σφάλματα σε ένα συγκεκριμένο I/O bit (π.χ. βραχυκύκλωμα στο bit εξόδου 7).

Το PROFIBUS-DP επιτρέπει τη διαμόρφωση συστημάτων με ένα απλό κύριο σταθμό (Mono-master) ή πολλαπλούς κύριους σταθμούς (Multi-master). Σε ένα δίαυλο μπορούν να συνδεθούν μέχρι 126 συσκευές (κύριες ή εξαρτημένες). Η περιγραφή της διαμόρφωσης του συστήματος συνίσταται από τον αριθμό των σταθμών, την αντιστοίχιση των διευθύνσεων μεταξύ σταθμών και I/O, τη διαμόρφωση I/O δεδομένων, τη διαμόρφωση των διαγνωστικών μηνυμάτων και των παραμέτρων του διαύλου. Κάθε PROFIBUS-DP σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει τρεις διαφορετικούς τύπους συσκευών:

- **DP-κύριος σταθμός τύπου 1 (DP Master Class 1 ή DPM1):** Ο DPM1 κύριος σταθμός είναι ένας κεντρικός ελεγκτής ο οποίος ανταλλάσσει πληροφορίες με εξαρτημένους σταθμούς που είναι απομακρυσμένοι μέσα σε καθορισμένο κύκλο μηνυμάτων. Τυπικοί κύριοι σταθμοί μπορεί να είναι προγραμματιζόμενοι ελεγκτές (PLCs) και PCs ή VME συστήματα.
- **DP-κύριος σταθμός τύπου 2 (DP Master Class 2 ή DPM2):** Οι DPM2 κύριοι σταθμοί είναι προγραμματιστές, συσκευές διαμόρφωσης ή ταμπλό ελέγχου χειριστή. Χρησιμοποιούνται κατά την εγκατάσταση του εξοπλισμού για διαμόρφωση του DP συστήματος ή για χειρισμούς και παρακολούθηση.
- **DP-εξαρτημένος σταθμός (DP Slave):** Αυτή η συσκευή είναι περιφερειακή (I/O συσκευές, οδηγοί, HMI, βαλβίδες, κ.λ.π.), μαζεύει πληροφορία εισόδου και στέλνει πληροφορία εξόδου στον ελεγκτή. Υπάρχουν και συσκευές που παρέχουν μόνο δεδομένα εισόδου ή εξόδου.

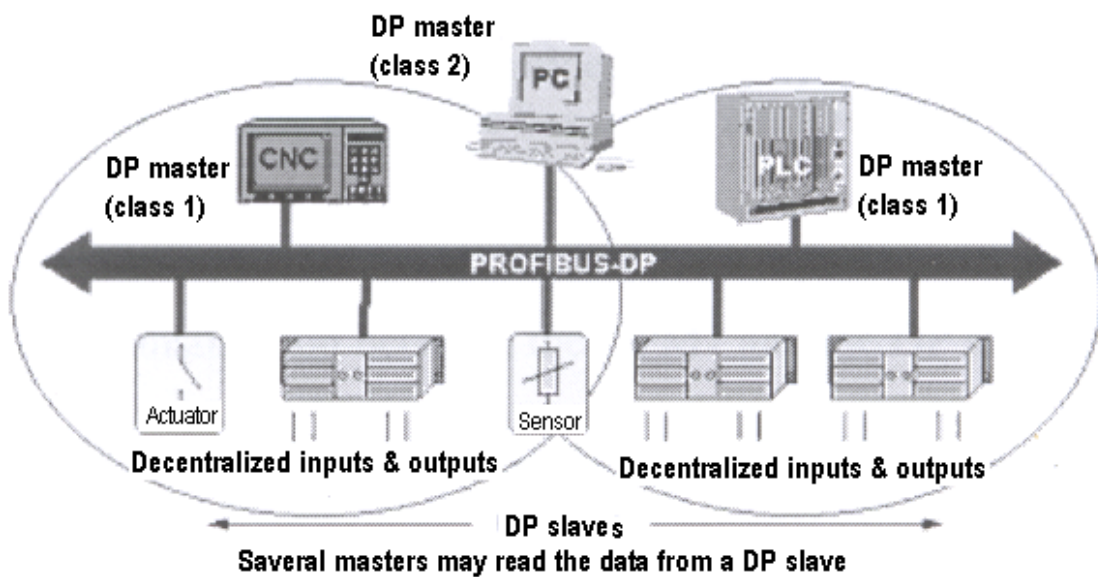
Το σύνολο της πληροφορίας εισόδου και εξόδου εξαρτάται από τον τύπο της συσκευής. Το μέγιστο που επιτρέπεται είναι 246 bytes για πληροφορία εισόδου και 246 bytes για πληροφορία εξόδου. Στα απλού κύριου σταθμού (mono-master) συστήματα, μόνο ένας κύριος σταθμός είναι ενεργός στο δίαυλο κατά την διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος. Το σχήμα 2.14 δείχνει τη διαμόρφωση ενός mono-master συστήματος. Ο προγραμματιζόμενος ελεγκτής είναι το κεντρικό στοιχείο ελέγχου. Οι κατανεμημένες DP-εξαρτημένες συσκευές συνδέονται μέσω του διαύλου με το PLC. Τα mono-master συστήματα επιτυγχάνουν τον μικρότερο κύκλο χρόνου του διαύλου.

Στα συστήματα πολλαπλών κυρίων σταθμών (multi-master) διάφοροι κύριοι σταθμοί συνδέονται στον δίαυλο. Αυτοί οι σταθμοί είναι είτε ανεξάρτητα υποσυστήματα το καθένα από τα οποία αποτελείται από έναν κύριο (DPM1)



Σχ.2.14. PROFIBUS-DP mono-master σύστημα.

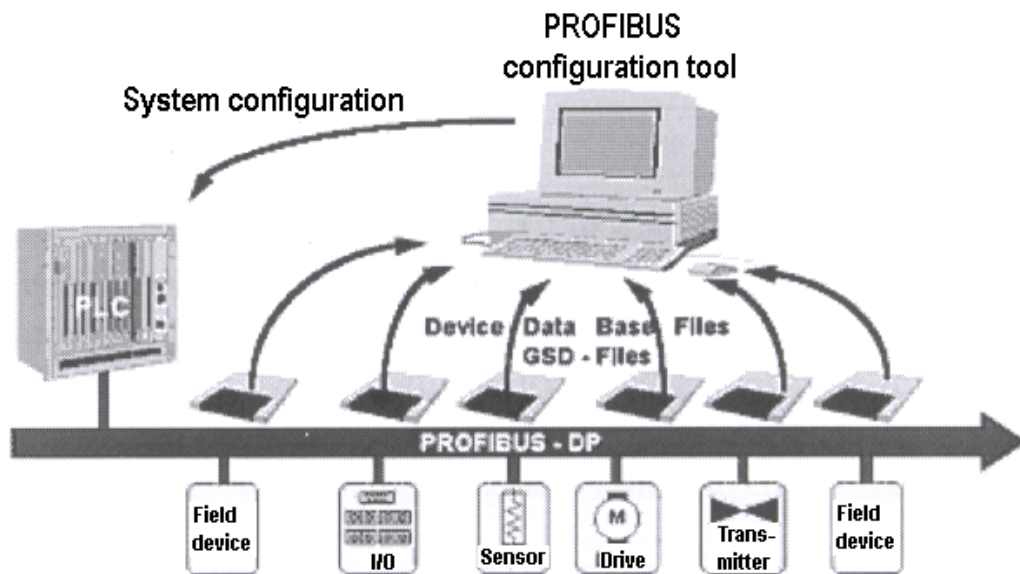
σταθμό και τους καθορισμένους σε αυτόν εξαρτημένους σταθμούς, είτε επιπρόσθετες συσκευές διαμόρφωσης και διάγνωσης. (Βλέπε σχήμα 2.15). Τα δεδομένα εισόδου και εξόδου των DP-Slaves μπορούν να διαβαστούν από όλους του DP κύριους σταθμούς. Όμως μόνο ένας DP κύριος (ο DPM1 ο οποίος προσδιορίστηκε κατά την διαμόρφωση) μπορεί να γράφει στα δεδομένα εξόδου. Τα πολλαπλών κυρίων συστήματα παράγουν ένα μεγαλύτερο κύκλο χρόνου του διαύλου από τα συστήματα με έναν απλό κύριο σταθμό.



Σχ.2.15. PROFIBUS-DP multi-master σύστημα.

2.2.10 Αρχεία δεδομένων των συσκευών

Οι συσκευές των δικτύων PROFIBUS έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά απόδοσης. Τα χαρακτηριστικά διαφέρουν ανάλογα με την διαθέσιμη λειτουργικότητα (π.χ αριθμό των σημάτων I/O και των διαγνωστικών μηνυμάτων) ή ανάλογα με τις παραμέτρους λειτουργίας του διαύλου όπως συχνότητα μετάδοσης ή χρόνος παρακολούθησης. Αυτές οι παράμετροι διαφέρουν για κάθε τύπο συσκευής και για κάθε κατασκευαστή. Συνήθως, οι παράμετροι αναφέρονται στο εγχειρίδιο χρήσης της συσκευής. Προκειμένου να επιτυγχάνεται “Plug and Play” διαμόρφωση του δικτύου PROFIBUS, οι χαρακτηριστικές αυτές ιδιότητες της κάθε συσκευής καθορίζονται με ηλεκτρονική μορφή σε ένα αρχείο που καλείται βάση δεδομένων συσκευών (Devise Database File–General Specification Data files (GSD)). Τα GSD αρχεία επεκτείνουν την ανοικτή επικοινωνία μέχρι το επίπεδο του χειριστή ελέγχου της διεργασίας. Χρησιμοποιώντας εργαλεία διαμόρφωσης βασισμένα σε αρχεία GSD, είναι δυνατή η ολοκλήρωση συσκευών από διαφορετικούς κατασκευαστές στο ίδιο δίκτυο με απλό τρόπο και φιλικό στο χρήστη όπως φαίνεται στο Σχ. 2.16.



Σχ.2.16. Οι βάσεις δεδομένων των συσκευών επιτρέπουν ανοιχτή διαμόρφωση.

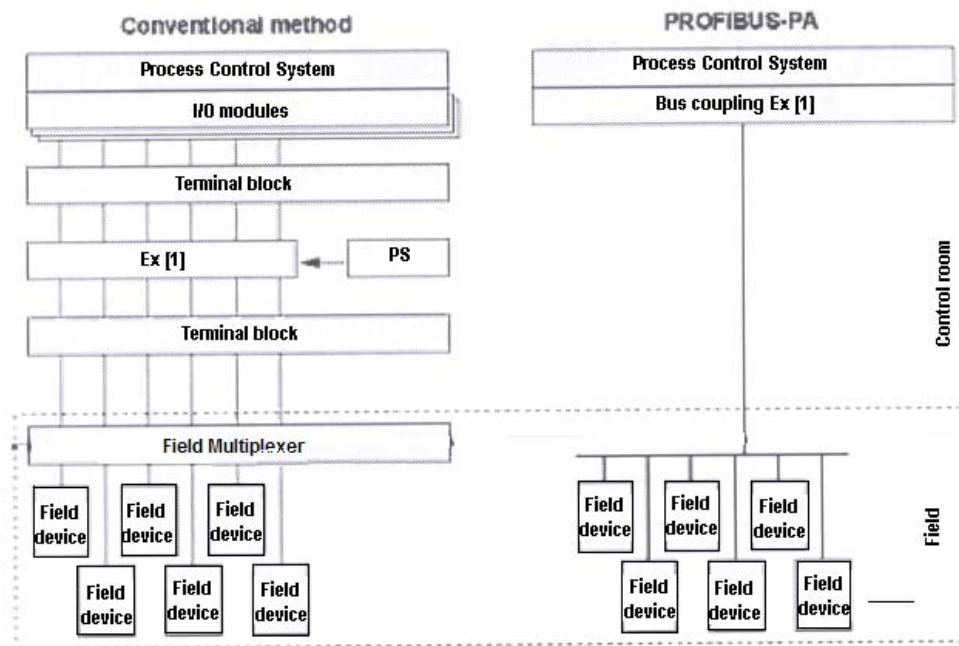
Τα GSD αρχεία παρέχουν μία καθαρή και πλήρη περιγραφή των χαρακτηριστικών μιας συσκευής και με μία προκαθορισμένη μορφή. Τα αρχεία αυτά δημιουργούνται από τον κατασκευαστή ξεχωριστά για κάθε τύπο συσκευής και είναι διαθέσιμα στον χρήστη με την μορφή ενός φύλλου παραμέτρων και ενός αρχείου που περιέχει αυτές σε ηλεκτρονική μορφή. Η μορφή των αρχείων αυτών

που καθορίζεται με ακρίβεια, επιτρέπει στο εργαλείο αρχικοποίησης του συστήματος την απλή ανάγνωση των παραμέτρων οποιασδήποτε PROFIBUS-DP συσκευής και την αυτόματη χρήση αυτής της πληροφορίας στην διαμόρφωση του διαύλου. Έτσι, κερδίζεται ο χρόνος που θα χρειαζόταν για τον προσδιορισμό όλων των παραμέτρων από τα εγχειρίδια χρήσης. Κατά την διάρκεια της διαμόρφωσης του συστήματος, το εργαλείο αρχικοποίησης εκτελεί αυτόματα ελέγχους για λάθη στις εισόδους και την αξιοπιστία των δεδομένων που εισέρχονται σε συνδυασμό με το συνολικό σύστημα.

2.2.11 Τεχνικά χαρακτηριστικά του PROFIBUS-PA

Το PROFIBUS-PA είναι η λύση που προτείνεται για τον έλεγχο της αυτοματοποίησης μιας διαδικασίας. Το PA συνδέει συστήματα αυτοματισμού και ελέγχου διαδικασίας με τις συσκευές πεδίου όπως μετρητές πίεσης, θερμοκρασίας και στάθμης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν υποκατάστατο της αναλογικής τεχνολογίας 4-20 mA. Προσφέρει οικονομία περισσότερο από 40% του κόστους σχεδίασης, καλωδίωσης και συντήρησης όπως και μια σημαντική βελτίωση στην λειτουργικότητα και την ασφάλεια. Στο Σχ. 2.17 φαίνονται οι διαφορές μεταξύ ενός συμβατικού 4-20 mA συστήματος και ενός συστήματος βασισμένου στο PROFIBUS-PA. Οι καλωδιώσεις από το πεδίο στον πολυπλέκτη παραμένουν σχεδόν οι ίδιες. Αν όμως τα σημεία μέτρησης είναι κατανεμημένα σε μεγάλη έκταση, το PROFIBUS-PA απαιτεί σημαντικά λιγότερες καλωδιώσεις. Με την χρήση της συμβατικής μεθόδου κάθε μεμονωμένη γραμμή σήματος πρέπει να συνδεθεί στην μονάδα I/O του συστήματος ελέγχου της διαδικασίας. Επίσης, για κάθε συσκευή απαιτείται μία ξεχωριστή πηγή τροφοδοσίας (ακόμη μπορεί να χρειαστεί επιπλέον ειδική τροφοδοσία σε περιοχές με αυξημένο κίνδυνο έκρηξης). Αντίθετα, όταν χρησιμοποιείται το PROFIBUS-PA μόνο ένα ζεύγος καλωδίων χρειάζεται για να μεταδοθεί όλη η πληροφορία και η τροφοδοσία στις συσκευές. Αυτό δεν ελαχιστοποιεί μόνο το κόστος καλωδίωσης αλλά μικραίνει και τον αριθμό των απαραίτητων μονάδων I/O στο σύστημα ελέγχου της διαδικασίας.

Το PROFIBUS-PA επιτρέπει την μέτρηση, τον έλεγχο και την ρύθμιση μέσω ενός απλού ζεύγους καλωδίων όπως και την τροφοδοσία των συσκευών μέσω του ίδιου καλωδίου που χρησιμοποιείται για την μετάδοση, ακόμα και σε περιοχές απόλυτης ασφάλειας. Επίσης, επιτρέπει τη συντήρηση και τη σύνδεση/αποσύνδεση των σταθμών εν λειτουργία χωρίς να επηρεάζονται οι υπόλοιποι σταθμοί. Το PROFIBUS-PA σχεδιάστηκε σε στενή συνεργασία με χρήστες στις βιομηχανίες διεργασιών και ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των εφαρμογών αυτών. Τα πρώτα συστήματα παραγωγής που χρησιμοποιούν την PROFIBUS-PA τεχνολογία υλοποιήθηκαν επιτυχώς στο τέλος του 1996.



Σχ.2.17. Σύγκριση τεχνικών μετάδοσης.

2.2.12 Τεχνικά χαρακτηριστικά του PROFIBUS-FMS

Στο επίπεδο νησίδα, για το οποίο σχεδιάστηκε το PROFIBUS-FMS, οι προγραμματιζόμενοι ελεγκτές (PLCs και PCs) επικοινωνούν κυρίως μεταξύ τους. Σε αυτό το πεδίο εφαρμογής ο υψηλός βαθμός λειτουργικότητας είναι πιο σημαντικός από την γρήγορη αντίδραση του συστήματος. Το επίπεδο εφαρμογής κατά OSI του PROFIBUS-FMS παρέχει τις υπηρεσίες επικοινωνίας οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον χρήστη. Αυτές οι υπηρεσίες επιτρέπουν την προσπέλαση μεταβλητών, την μετάδοση προγραμμάτων όπως και τον έλεγχο της λειτουργίας τους και την μετάδοση γεγονότων. Το επίπεδο εφαρμογής του PROFIBUS -FMS αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα:

- Το FMS (Fieldbus Message Specification) το οποίο περιγράφει τα επικοινωνιακά αντικείμενα και τις υπηρεσίες.
- Το LLI (Lower Layer Interface) το οποίο χρησιμοποιείται για να συνδέει τις υπηρεσίες του FMS με το επίπεδο 2.

Ο μεγάλος αριθμός των υπηρεσιών εφαρμογής του PROFIBUS-FMS το καθιστά ικανό να υποστηρίζει μια μεγάλη ποικιλία επικοινωνιακών απαιτήσεων που γίνονται από διάφορες συσκευές. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του PROFIBUS είναι η συνδυασμένη λειτουργία των PROFIBUS-DP και

PROFIBUS-FMS. Και τα δύο πρωτόκολλα μπορούν να λειτουργούν στην ίδια συσκευή ταυτόχρονα, αφού χρησιμοποιούν την ίδια τεχνολογία μετάδοσης και τα ίδια πρωτόκολλα προσπέλασης μέσου.

Παρακάτω φαίνονται συνοπτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά του PROFIBUS:

-Πρότυπο: PROFIBUS σύμφωνα με το EN 50 170 volume 2

-Τοπολογία:

- Ηλεκτρικό δίκτυο: δίαυλος, αστέρας
- Οπτικό δίκτυο: δίαυλος, αστέρας, δακτύλιος
- Ασύρματη σύνδεση: σημείο προς σημείο (Point-to-Point)
σημείο προς πολλαπλά σημεία (Point-to-Multipoint)

-Μέσο μετάδοσης:

- Ηλεκτρικό δίκτυο: προστατευμένο συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων
- Οπτικό δίκτυο: οπτικές ίνες
- Ασύρματη σύνδεση: υπέρυθρη

-Μέγιστο μήκος:

- Ηλεκτρικό δίκτυο: περίπου 9.6Km
- Οπτικό δίκτυο: max 90Km
- Ασύρματη σύνδεση: max 15m

-Ταχύτητα μετάδοσης: 9.6 Kbit/s έως 12 Mbit/s (ρυθμιζόμενη)

-Αριθμός χρηστών: max 127

-Μέθοδος προσπέλασης: πέρασμα κουπονιού και διαδικασία κύριου-εξαρτημένου σταθμού

-Πρωτόκολλα: PROFIBUS -DP
PG/OP επικοινωνία
S7 επικοινωνία
S5 συμβατή επικοινωνία
PROFIBUS -FMS

Στον πίνακα 2.4 φαίνονται τα προϊόντα της σειράς SIMATIC της γερμανικής εταιρίας SIEMENS σε σχέση με δικτυακές και επικοινωνιακές παραμέτρους. Το αν θα χρησιμοποιηθεί για επικοινωνία δεδομένων Multipoint Interface (MPI), PROFIBUS ή Industrial Ethernet εξαρτάται από τις απαιτήσεις του δικτύου που θέλουμε να εγκαταστήσουμε. Το MPI είναι για επικοινωνία ανάμεσα σε CPUs, PCs και TDs/OPs. Η SIEMENS μέσω της σειράς SIMATIC NET προτείνει για το κατώτερο επίπεδο της ιεραρχίας, δηλαδή την βιομηχανική διαδικασία, το PROFIBUS-DP και το AS-Interface το οποίο εξετάσαμε στο κεφάλαιο 2.2. Για ανταλλαγή σημάτων σε ανώτερα επίπεδα της ιεραρχίας χρησιμοποιεί το IIB που είναι διεθνές πρότυπο για εγκαταστάσεις κτηρίων σύμφωνα με το EN 50090

ANSI EIA 776 και είναι βασικό για τον αυτοματισμό τους.

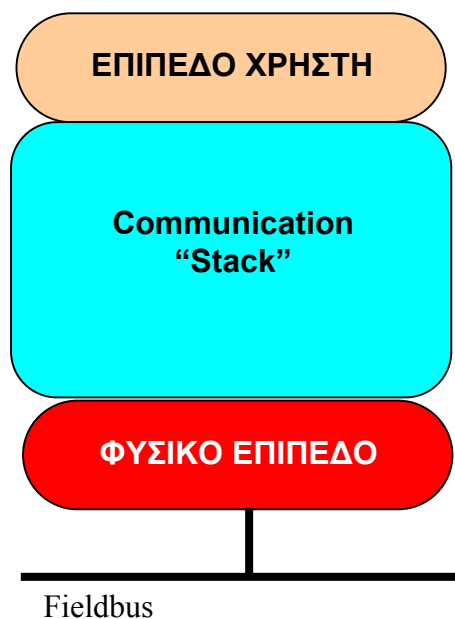
	Multi-Point-Interface	PROFIBUS	Ethernet
Κατάλληλα συστήματα	SIMATIC S7/M7/C7 SIMATIC PG/PC SIMATIC HMI SIMATIC WinAC	SIMATIC S7/M7/C7 SIMATIC PG/PC SIMATIC HMI SIMATIC S5 SIMATIC505 SIMATIC WinAC	SIMATIC S7/M7/C7 SIMATIC PG/PC SIMATIC HMI SIMATIC S5 SIMATIC505 SIMATIC WinAC SIMATIC PCS7
Αριθμός κόμβων • τυπικά • μέγιστο	2 έως 10 32	2 έως 16 126	2 έως 100 πάνω από 1000
Τυπικό μήκος πλαισίου	64 Bytes	120 Bytes	250 Bytes
Μήκος δικτύου • LAN • WAN	ηλεκτρικό έως 100m —	ηλεκτρικό έως 9.6Km οπτικό έως 90 Km —	ηλεκτρικό έως 1.5Km οπτικό έως 200Km με TCP/IP
Τοπολογία	διαύλου	διαύλου, αστέρα, δακτυλίου	διαύλου, αστέρα, δακτυλίου
Προγραμματισμός • π.χ παράμετροι διαύλου	ρύθμιση χρήστη	ρύθμιση χρήστη	δεν απαιτεί ρύθμιση
Διαθέσιμες λειτουργίες επικοινωνίας • PG/OP επικοινωνία • S7- βασική επικοινωνία • S7- επικοινωνία • S5 - συμβατή επικοινωνία • πρότυπη επικοινωνία	√ √ √ — —	√ — √ √ √ (FMS)	√ — √ √ √ (MAP, IT, Socket)
Χρήση επεξεργαστών επικοινωνίας	—	√	√

Πίν. 2.4. Δεδομένα της SIEMENS για την πράξη.

2.4 Δίκτυο FOUNDATION FIELDBUS

Το FOUNDATION FIELDBUS είναι ένα ψηφιακό, σειριακό, αμφίδρομο δίκτυο επικοινωνίας που αναπτύχθηκε σύμφωνα με το πρότυπο ISA SP50 (Instrument Society of America), ενώ τηρεί παράλληλα και τις προδιαγραφές του διεθνούς πρότυπου IEC 1158. Χρησιμοποιείται για επικοινωνία μεταξύ των συσκευών του επιπέδου μηχανής και του συστήματος ελέγχου. Το πρωτόκολλο αυτό ικανοποιεί τις απαιτήσεις για εσωτερική ασφάλεια και χρήση σε επικίνδυνες βιομηχανικές περιοχές, σε ασταθείς διεργασίες και γενικά σε περιβάλλον με δυσκολία ρύθμισης. Προσφέρει συγκεκριμένο συγχρονισμό του ελέγχου και της επικοινωνίας για ακριβή και περιοδική εκτέλεση των λειτουργιών ελέγχου χωρίς νεκρό χρόνο.

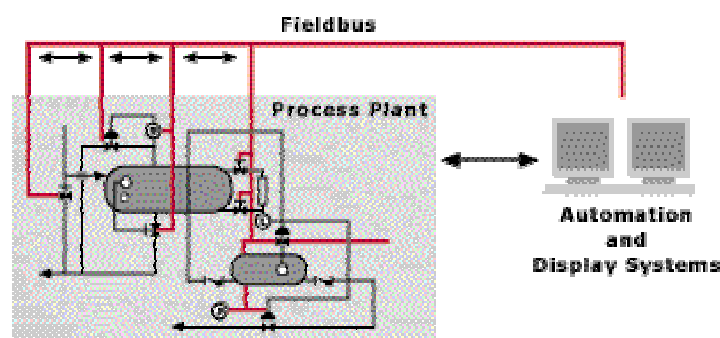
Οι προδιαγραφές του F. Fieldbus βασίζονται στο μοντέλο ISO/OSI. Το δίκτυο αποτελείται από τρία βασικά επίπεδα, το φυσικό επίπεδο, το επίπεδο επικοινωνίας (communication "stack") και το επίπεδο του χρήστη όπως φαίνεται στο Σχ.2.18.



Σχ.2.18. Επίπεδα του FOUNDATION Fieldbus.

Το φυσικό επίπεδο αντιστοιχεί στο 1ο επίπεδο του μοντέλου OSI, το οποίο συγκεντρώνει τα μηνύματα από τα υψηλότερα επίπεδα και τα μετατρέπει σε σήματα στο φυσικό μέσο μετάδοσης. Το επίπεδο επικοινωνίας αντιστοιχεί στα επίπεδα 2 έως 7 του μοντέλου OSI. Το επίπεδο 7 (επίπεδο εφαρμογής) αποκρυπτογραφεί εντολές του επιπέδου χρήστη. Το επίπεδο 2 (σύνδεση δεδομένων) ελέγχει τη μετάδοση των μηνυμάτων μέσα στο δίκτυο μέσω του φυσικού επιπέδου. Το ίδιο επίπεδο διευθύνει ακόμη την προσπέλαση στο δίκτυο μέσω ενός ντετερμινιστικού κεντρικοποιημένου διαχειριστή του διαύλου (Link Active Scheduler-LAS). Ο διαχειριστής αυτός του διαύλου χρησιμοποιείται για να προγραμματίζει την μετάδοση των ντετερμινιστικών μηνυμάτων και να αναγνωρίζει την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των συσκευών.

Η αρχιτεκτονική του δικτύου F. Fieldbus εξασφαλίζει σθεναρό και σύγχρονο έλεγχο ενώ παράλληλα υποστηρίζει ασύγχρονη επικοινωνία των δεδομένων για χρήση σε λειτουργίες διάγνωσης, αναφοράς, συντήρησης και ανίχνευσης βλαβών. Η συντήρηση του δικτύου μπορεί να γίνει (on-line) χωρίς την διακοπή της επικοινωνίας. Επίσης, η ικανότητα σύνδεσης δεδομένων του F. Fieldbus υποστηρίζει μία προηγμένη μέθοδο ελέγχου πρόσβασης, όπως και υπηρεσίες για όλα τα νεότερα μοντέλα ανταλλαγής δεδομένων, όπως π.χ. πελάτη/εξυπηρετητή (client/server) ή εκδότη/συνδρομητή (publisher/subscriber). Επιπλέον, υποστηρίζει δικτύωση πολλαπλών τμημάτων μέσω γεφύρωσης και επέκτασης των διευθύνσεων διατηρώντας την ασφαλή μετάδοση δεδομένων. Το F. Fieldbus λειτουργεί ως ένα δίκτυο LAN (Local Area Network) για διασύνδεση των οργάνων μέτρησης και των συσκευών ελέγχου ενός απλού εργοστασίου ή ενός εκτεταμένου συγκροτήματος. Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές αυτοματισμού τόσο σε βιομηχανικές διεργασίες όσο και στην βιομηχανική κατασκευή (βλέπε Σχ.2.19).



Σχ.2.19. Μία εφαρμογή του δικτύου FOUNDATION Fieldbus.

Η τεχνολογία του δικτύου ελέγχεται από το ίδρυμα Fieldbus FOUNDATION, ένας οργανισμός που τον αποτελούν πάνω από 100 μεγάλες εταιρείες

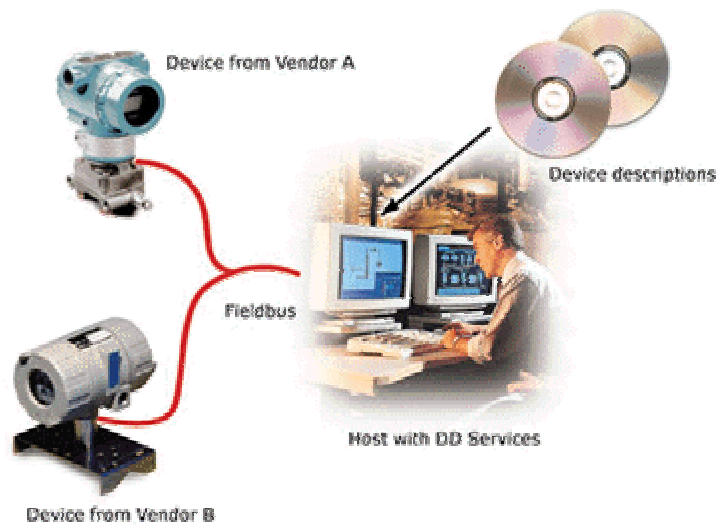
προμηθευτές και τελικοί χρήστες. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του δικτύου, είναι ότι το επίπεδο του χρήστη (User Layer) βασίζεται στη χρήση των “Blocks” και συγκεκριμένα στα FBAP (Function Block Application Process). Αυτή η δυνατότητα εξασφαλίζει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ συσκευών όπου το επίπεδο χρήστη ορίζει ένα FBAP χρησιμοποιώντας RB (Resource Blocks), FB (Function Blocks), TB (Transducer Blocks) και τεχνολογία “περιγραφής συσκευών” και διαχείρισης συστήματος και δικτύου. Τα RB περιγράφουν παραμέτρους που ανήκουν σε ολόκληρη την διεργασία εφαρμογών (π.χ. τον τύπο των συσκευών στο επίπεδο μηχανής). Τα FB συνοψίζουν λειτουργίες ελέγχου (όπως PID ελεγκτές, αναλογικές εισόδους, κ.λ.π.). Τα TB αναπαριστούν έναν διασυνδεδετή προς τους αισθητήρες όπως αισθητήρες θερμοκρασίας, πίεσης και ροής. Τα blocks είναι ενσωματωμένα στις συσκευές του επιπέδου μηχανής που συνδέονται στο δίαυλο προκειμένου να πραγματοποιούνται οι επιθυμητές λειτουργίες της συσκευής και επιπλέον οι συνεργασίες αυτής με άλλες συσκευές. Κάθε block παραμέτρων είναι ένα αντικείμενο που προσδιορίζει τον τρόπο που οι παράμετροι διακινούνται στο δίκτυο.

2.4.1 Τεχνολογία “περιγραφής συσκευών” στο επίπεδο Μηχανής

Η περιγραφή συσκευών DD (Device Description) είναι ένα χαρακτηριστικό στοιχείο της τεχνολογίας του επιπέδου χρήστη που καθιστά δυνατή τη διαλειτουργικότητα. Ο οργανισμός Fieldbus FOUNDATION έχει προτείνει την μέθοδο αυτή για να περιγράψει πρότυπα μπλοκ παραμέτρων συσκευής και προμηθευτή, έτσι ώστε οποιοσδήποτε χρήστης να μπορεί να επικοινωνεί – λειτουργεί με αυτές τις παραμέτρους. Η περιγραφή συσκευής γράφεται σε μία ειδική τυποποιημένη γλώσσα προγραμματισμού την DDL (Device Description Language). Ο πηγαίος κώδικας της DDL μετατρέπεται σε δυαδική περιγραφή συσκευών (DD), η οποία λειτουργεί ως ένας οδηγός (driver) για την συσκευή.

Η δυαδική περιγραφή συσκευής (DD) περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες, ώστε ένα σύστημα ελέγχου να μπορεί να καταλάβει την σημασία των δεδομένων της συσκευής, συμπεριλαμβανομένης της βαθμονόμησης και της διάγνωσης. Ο οργανισμός Fieldbus FOUNDATION παρέχει περιγραφή συσκευής (DD) για όλα τα προτυποποιημένα μπλοκ. Οι προμηθευτές συσκευών προετοιμάζουν τυπικά ένα ‘συμπληρωματικό’ DD το οποίο προσθέτει επιπλέον λειτουργικότητα, με εύκολο τρόπο, στο είδη υπάρχον DD. Ο οργανισμός παρέχει και βιβλιοθήκες λογισμικού που λέγονται υπηρεσίες DD (Device Description Services), οι οποίες μπορούν να διαβάζουν τα δυαδικά DD. Κάθε κεντρικός σταθμός ελέγχου (host) χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες βιβλιοθήκης, μπορεί να συνεργαστεί με κάποια FOUNDATION συσκευή αρκεί να έχει το DD της

συσκευής. Στο Σχ. 2.20 βλέπουμε την τεχνολογία DD να επιτρέπει την λειτουργία συσκευών διαφόρων κατασκευαστών πάνω στο ίδιο δίκτυο.



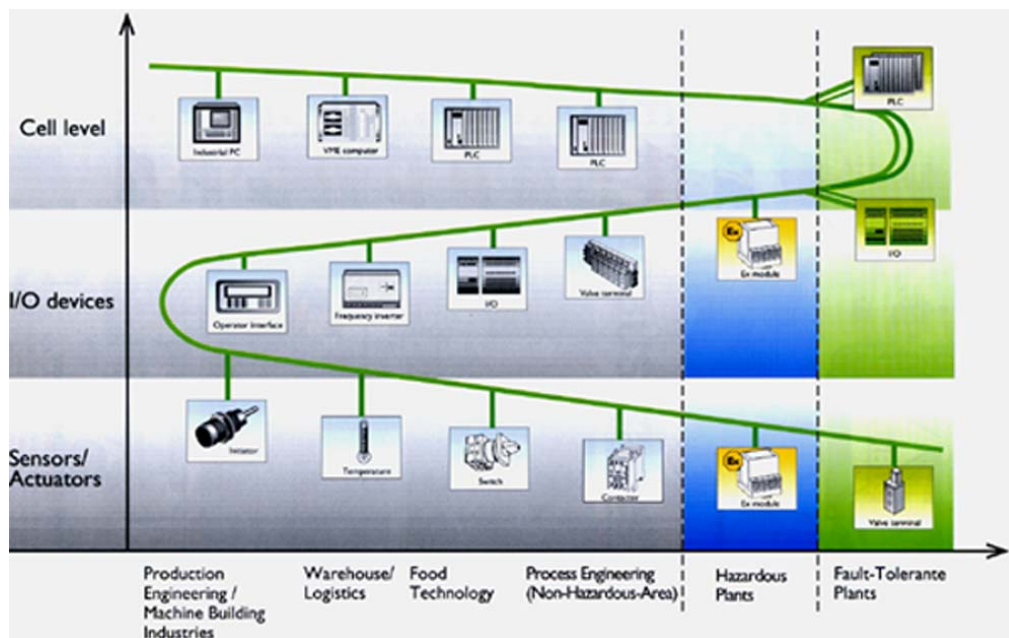
Σχ.2.20. Μέσω της βιβλιοθήκης υπηρεσιών γίνεται η αναγνώριση των περιγραφών συσκευών DD.

Συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του F. Fieldbus είναι:

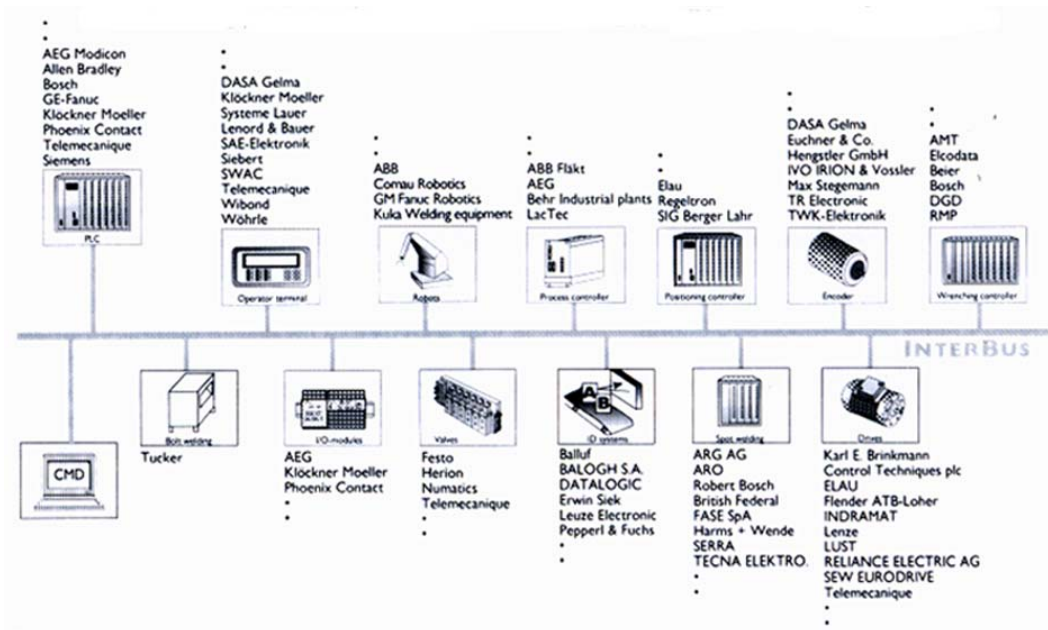
- Προέλευση:** από τον συνεταιρισμό Fieldbus FOUNDATION, Αμερική 1995
- Πρότυπο:** σύμφωνα με το πρότυπο ISA SP50 και IEC TC65
- Τοπολογία:** αστέρα ή διαύλου
- Μέσο μετάδοσης:** συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίου και οπτικές ίνες
- Μέγιστο μήκος:** 1900 m για ταχύτητα 31.25 Kbps
- Ταχύτητα μετάδοσης:** 31.25 Kbps, 1 Mbps, 2.5 Mbps
- Αριθμός χρηστών (κόμβων):** 240 ανά τμήμα, 65,000 τμήματα
- Αριθμός συσκευών:** 2-32 ανά κόμβο
- Μέθοδος προσπέλασης:** πελάτης /εξυπηρετητής, εκδότης/ συνδρομητής
- Έλεγχος λαθών:** 16-bit κυκλικός κώδικας CRC
- Μέγιστο μήκος δεδομένων:** 128 bytes

2.5 Δίκτυο INTERBUS

Το INTERBUS είναι άλλη μία τεχνολογία δικτύου, κατάλληλη για βιομηχανικές εφαρμογές, που αναπτύχθηκε το 1984 από την γερμανική εταιρία Phoenix Contact και είναι σύμφωνο με τα πρότυπα DIN E 19258 και EN 50254. Είναι ένα σύστημα δικτύου για επικοινωνία αισθητήρων και ενεργοποιητών, το οποίο λόγω των τεχνικών χαρακτηριστικών του είναι ιδιαίτερα κατάλληλο σε βιομηχανικό επίπεδο όπου μπορεί να εξαπλώνεται από το επίπεδο ελέγχου προς τα κάτω έως και το τελευταίο οριακό διακόπτη (βλ. Σχ. 2.21). Υποστηρίζεται από πολλούς κατασκευαστές συσκευών που παράγουν προϊόντα σύγχρονης τεχνολογίας και έτσι δεν περιορίζει τον χρήστη στην αγορά εξαρτημάτων και συσκευών από έναν μόνο κατασκευαστή. Παρέχει πλήρη ευελιξία για την επιλογή του καταλληλότερου για την κάθε περίπτωση εξοπλισμού από διάφορους οίκους (βλ. Σχ. 2.22).

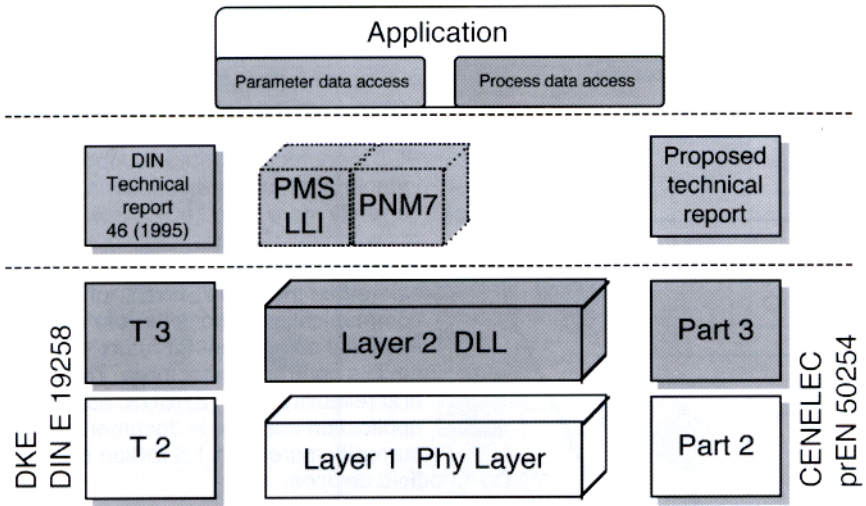


Σχ.2.21. Εξάπλωση του δικτύου INTERBUS στα διάφορα επίπεδα της ιεραρχίας.



Σχ.2.22. Το δίκτυο INTERBUS δεν περιορίζει τον χρήστη στην αγορά εξαρτημάτων από έναν μόνο κατασκευαστή.

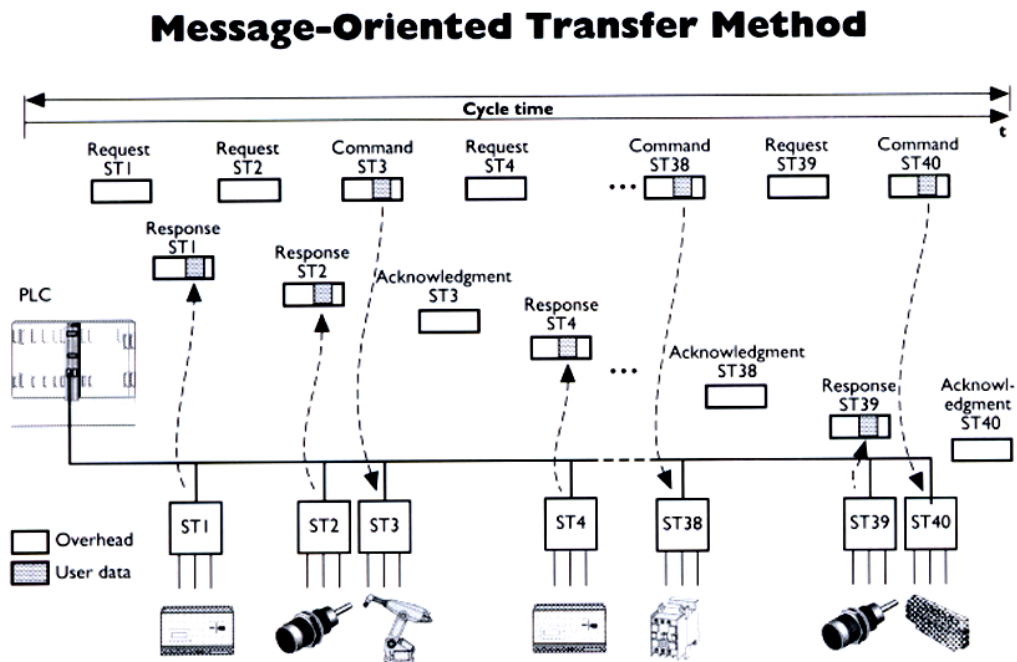
Στο σχήμα 2.23 φαίνεται η δομή του πρωτοκόλλου του INTERBUS. Το πρότυπο DIN E19258 είναι σύμφωνο με την γερμανική επιτροπή DKE (Deutsche Elektrotechnische Kommission: German Electrotechnical Commission), η οποία το υπέβαλε αργότερα στη CENELEC για τυποποίηση σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Έτσι καθορίστηκε το πρότυπο EN 50254 που αντικατέστησε το DIN E 19258.



Σχ.2.23. Δομή του πρωτοκόλλου INTERBUS.

2.5.1 Μέθοδοι μετάδοσης δεδομένων

Στα σχήματα 2.24 και 2.25 βλέπουμε δύο βασικές μεθόδους μετάδοσης δεδομένων. Η μέθοδος του σχήματος 2.24 είναι ιδανική για τη μη κυκλική μεταφορά σύνθετων δεδομένων από και προς τις "έξυπνες" συσκευές. Η μέθοδος αυτή του προσανατολισμένου μηνύματος (Message-Oriented), είναι χρονοβόρα για μεταφορά μικρής πληροφορίας στο επίπεδο των αισθητήρων/ ενεργοποιητών. Η δεύτερη μέθοδος (Σχ.2.25), που λέγεται πρωτόκολλο συνολικού πλαισίου (summation- frame protocol), είναι κατάλληλη για κυκλική μεταφορά των απλών σημάτων εισόδων-εξόδων που μεταβάλλονται διαρκώς. Αυτό που γίνεται είναι ένας συνδυασμός των δεδομένων όλων των αισθητήρων και ενεργοποιητών ενός δικτύου σε ένα μήνυμα. Το μήνυμα αυτό στέλνεται ταυτόχρονα σε όλες τις συσκευές.

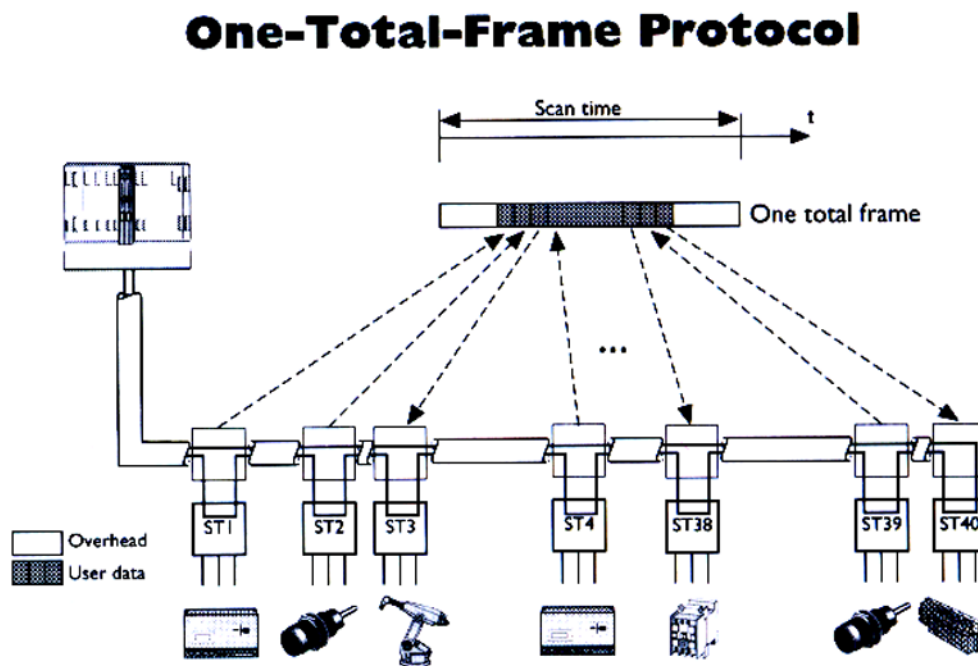


Σχ.2.24. Μέθοδος προσανατολισμένου μηνύματος.

Η σύγκριση αυτών των μεθόδων μεταφοράς δείχνει ότι καμία από αυτές δεν ικανοποιεί πραγματικά τη βασική απαίτηση για ένα καθολικό δίκτυο που θα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις τόσο για κυκλική μετάδοση απλών σημάτων εισόδου/εξόδου όσο και για μη κυκλική μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων. Το δίκτυο INTERBUS λύνει το πρόβλημα αυτό συνδυάζοντας τα θετικά χαρακτηριστικά και των δύο μεθόδων.

2.5.2 Η τεχνολογία του INTERBUS

Το INTERBUS χρησιμοποιεί τη διαδικασία κύριου/εξαρτημένου σταθμού για πρόσβαση στο δίκτυο, με την οποία ο κύριος σταθμός του δικτύου ενεργεί ταυτόχρονα και ως διασυνδετής προς το ανώτερο επίπεδο ελέγχου ή επικοινωνίας. Η τοπολογία του δικτύου είναι ένα σύστημα δακτυλίου, δηλαδή όλες οι συσκευές είναι συνδεδεμένες σε μια διαδρομή μετάδοσης κλειστού βρόχου. Στο βασικό δακτύλιο, που ξεκινά από τον κύριο σταθμό, μπορούν να συνδεθούν υποσυστήματα δακτυλίου σχηματίζοντας έτσι το συνολικό δικτυακό σύστημα. Η τοπολογία φαίνεται στο Σχ.2.26.

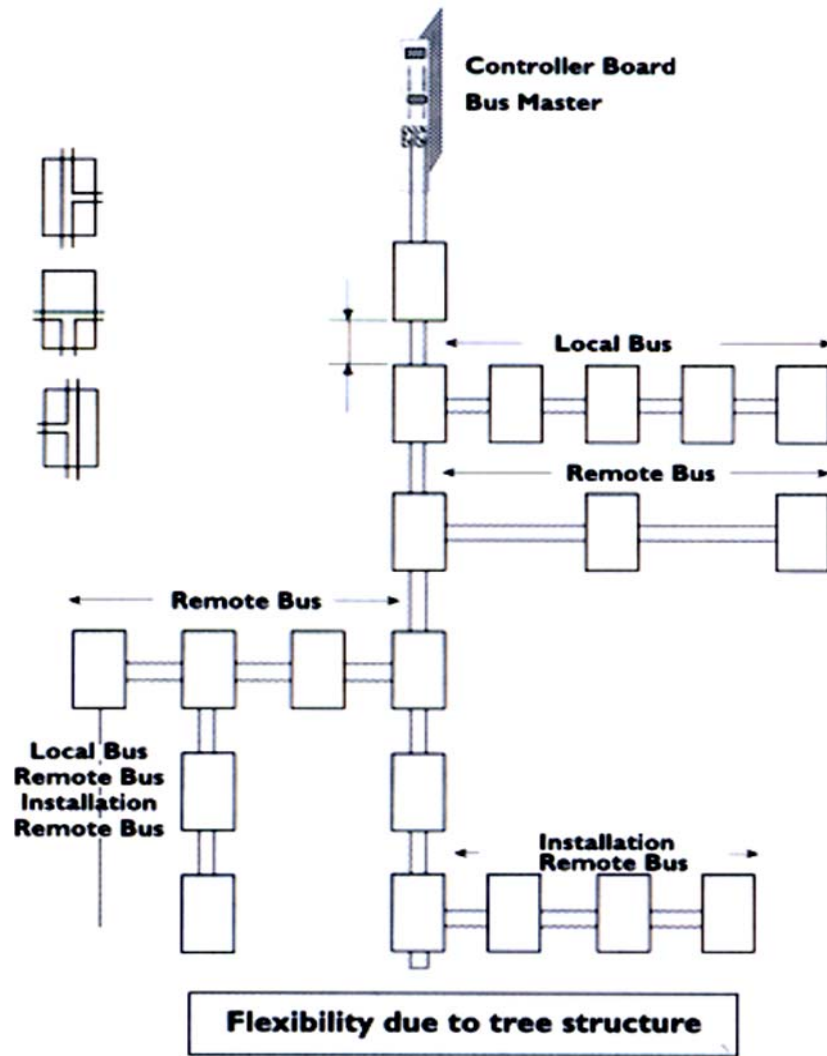


Σχ.2.25. Μέθοδος πρωτοκόλλου συνολικού πλαισίου.

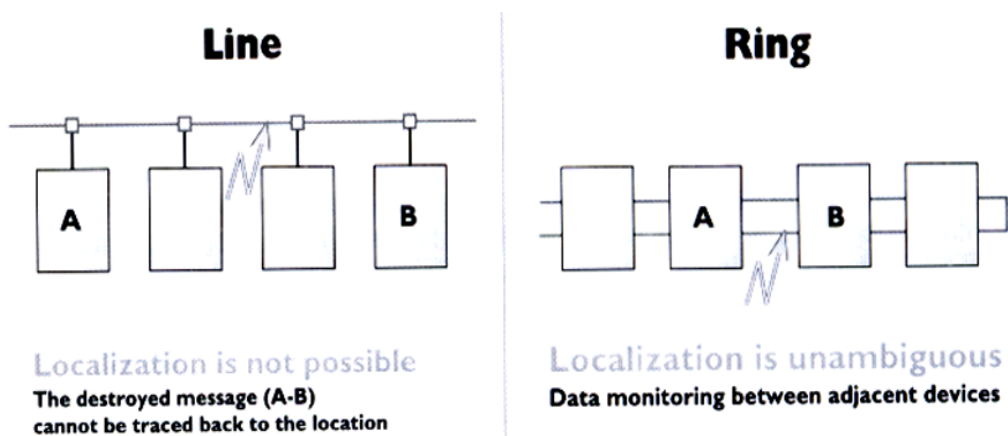
Οι συνδέσεις πραγματοποιούνται με την χρήση ειδικών για αυτό το σκοπό τερματικών μονάδων (bus terminal modules). Ένα υποσύστημα μπορεί να είναι τοπικού χαρακτήρα, γνωστό και ως τοπικό δίκτυο, το οποίο χρησιμοποιείται για να δημιουργεί συγκροτήματα τοπικών εισόδων/ εξόδων. Μπορεί, όμως, να είναι και ένα σύστημα που ενώνει απομακρυσμένες συσκευές. Ένα χαρακτηριστικό διαφοροποίησης του συστήματος INTERBUS από άλλα συστήματα δακτυλίου είναι ότι τα δεδομένα μπορούν να κινούνται αμφίδρομα στο ίδιο καλώδιο, το οποίο ενώνεται με όλες τις συσκευές. Το φυσικό επίπεδο του δικτύου INTERBUS βασίζεται στο πρότυπο RS-485 το οποίο είναι ένας διασυνδετής διαφορικής τάσης που χρησιμοποιεί συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων για τη μετάδοση σημάτων.

Το INTERBUS, λόγω της δομής δακτυλίου που έχει και της γείωσης που πρέπει να διαθέτει, απαιτεί καλώδιο πέντε αγωγών μεταξύ δύο συσκευών. Δύο συσκευές που βρίσκονται σε απόσταση 400 m μπορούν να επικοινωνήσουν με RS-485 σημείο προς σημείο μετάδοση και ταχύτητα 500 Kbps. Με ενσωματωμένη τη δυνατότητα επαναλήπτη σε κάθε συσκευή, το δίκτυο INTERBUS μπορεί να φθάσει και σε αποστάσεις των 13 Km. Ο μέγιστος αριθμός των συσκευών INTERBUS, για ευκολία στην λειτουργία, περιορίζεται στις 512.

Η σημείο-προς-σημείο δόμηση του συστήματος INTERBUS και η διαίρεσή του σε κύρια και δευτερεύοντα συστήματα δακτυλίου το κάνουν κατάλληλο για εγκατάσταση εντελώς διαφορετικών τεχνολογιών μετάδοσης και ιδιαίτερα για την τεχνολογία των οπτικών ινών. Ο διάυλος είναι εξοπλισμένος έτσι ώστε οποιοδήποτε τμήμα του να μπορεί να μετατραπεί από την τεχνολογία χαλκού στην αντίστοιχη οπτικών ινών, ή υπέρυθρης μετάδοσης δεδομένων ή οποιαδήποτε άλλη μέθοδο. Η δομή δακτυλίου δίνει στο σύστημα δύο σημαντικά προτερήματα. Πρώτον, και σε αντίθεση με τη δομή διαύλου, επιτρέπει ταυτόχρονη αποστολή και λήψη δεδομένων (full duplex). Δεύτερον, χρησιμοποιώντας σύστημα δακτυλίου μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά η ικανότητα της αυτοδιάγνωσης του συστήματος. Σε συστήματα τύπου διαύλου, όπου οι συσκευές είναι παθητικά συνδεδεμένες στο διάυλο, είναι αδύνατο να προσδιοριστεί το σημείο στο οποίο υπάρχει κάποιο σφάλμα με την αυτόματη λειτουργία διάγνωσης του δικτύου. Αντίθετα, ένα σύστημα δακτυλίου με ενεργά συζευγμένες συσκευές παρέχει τμηματοποίηση όλου του συγκροτήματος σε υποσυστήματα που είναι ηλεκτρικά ανεξάρτητα (βλ. Σχ. 2.27). Έτσι, σε περίπτωση σφάλματος μιας συσκευής, π.χ. βραχυκυκλώματος ή αποσύνδεσης μιας γραμμής διαύλου, η επικοινωνία διακόπτεται μόνο από το σημείο του σφάλματος και πέρα. Οι λειτουργίες διαχείρισης του δικτύου παρέχουν ακριβή προσδιορισμό της θέσης του σφάλματος έτσι ώστε ο τεχνικός να γνωρίζει το σημείο που απαιτεί επέμβαση. Οι ενεργές συσκευές του δικτύου INTERBUS, οι οποίες παρακολουθούν κάθε διαδρομή μετάδοσης, παρέχουν σαφή προσδιορισμό της θέσης που γίνεται κάποιο λάθος. Αυτός ο προσδιορισμός της θέσης είναι το κρίσιμο σημείο για την ελαχιστοποίηση των περιπτώσεων που σταματάει το σύστημα. Όμως, πριν ακόμη σταματήσει το σύστημα, το δίκτυο κάνει προληπτικές ανιχνεύσεις λαθών για στατιστική αξιολόγηση της κατάστασης μετάδοσης του συστήματος. Μία τέτοια αξιολόγηση της συχνότητας εμφάνισης λαθών, επιτρέπει για παράδειγμα την πρόωρη ανίχνευση καταστάσεων που οδηγούν σε λάθη και έτσι την πρόληψη ώστε να μην σταματήσει η παραγωγή. Γενικά, το δίκτυο INTERBUS ξεχωρίζει για τις μοναδικές διαγνωστικές του ιδιότητες.



Σχ.2.26. Τοπολογία του δικτύου INTERBUS.

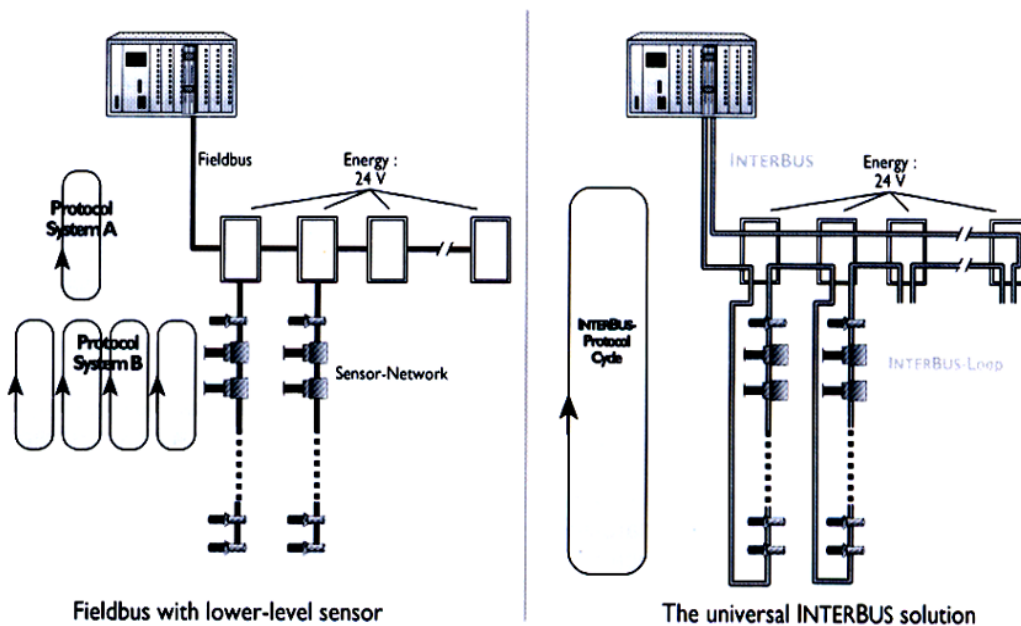


Σχ.2.27. Το σύστημα δακτυλίου επιτρέπει εύκολη ανίχνευση και διόρθωση λαθών.

2.5.3 Δακτύλιοι του INTERBUS

Η επέκταση σε ένα δίκτυο INTERBUS γίνεται εύκολα χωρίς να επηρεάζεται η απόδοσή του. Δεν απαιτείται να συμπληρωθεί από άλλο σύστημα δικτύου με καινούριο πρωτόκολλο (Σχ.2.28), αλλά επεκτείνεται απλά χωρίς να διακόπτεται το σύστημα με την τεχνική μετάδοσης του δακτυλίου. Οι δακτύλιοι ενώνουν σε βρόχο τους μεμονωμένους αισθητήρες, ενεργοποιητές και οδηγητές με ένα

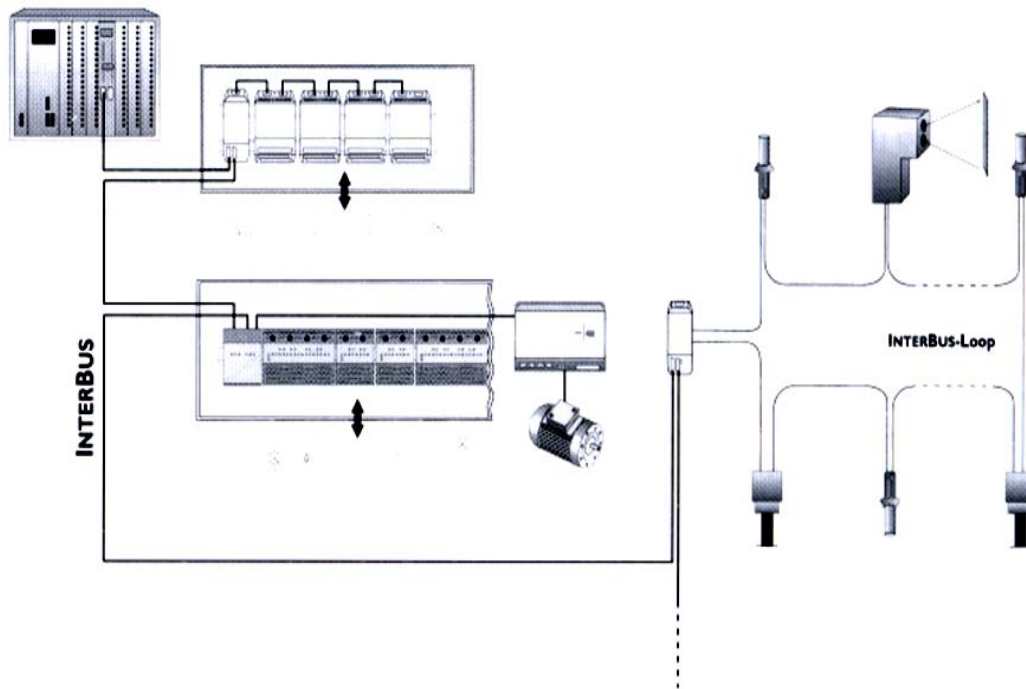
Concepts for the I/O-Signal Transfer



Σχ.2.28 Ιδέες για μετάδοση σημάτων εισόδου / εξόδου.

απλό δισύρματο καλώδιο (Σχ 2.29). Στο φυσικό επίπεδο μεταφέρονται ταυτόχρονα η πληροφορία και η παροχή ισχύος των 24V μέσω ενός καλωδίου δύο αγωγών μέχρι και σε 64 αισθητήρες. Οι δακτύλιοι του INTERBUS είναι τόσο απρόσβλητοι από παρεμβολές, ώστε μπορούν να λειτουργούν σε βιομηχανικό περιβάλλον αλάνθαστα χωρίς θωράκιση. Ένα ειδικό τερματικό δικτύου παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης σε απομακρυσμένο INTERBUS δίαυλο, ενώ δακτύλιοι INTERBUS μαζί με άλλα προϊόντα του INTERBUS μπορούν να συνδέονται σε μία κοινή γραμμή. Αν, για παράδειγμα, πρέπει να ενσωματωθούν περισσότεροι από 64 αισθητήρες/ενεργοποιητές, τότε ο χρήστης απλά προσθέτει ένα νέο ειδικό τερματικό. Ο χρήστης δεν χρειάζεται να πάρει επιπλέον μέτρα, όπως την εγκατάσταση ειδικών μονάδων τροφοδοσίας. Σε αντίθεση με τον κορμό του δικτύου τα δεδομένα στον δακτύλιο δεν είναι δυνατό να στέλνονται και να

παραλαμβάνονται συγχρόνως από ένα καλώδιο.



Σχ.2.29. Δακτύλιοι του INTERBUS ενώνονται σε τμήματα.

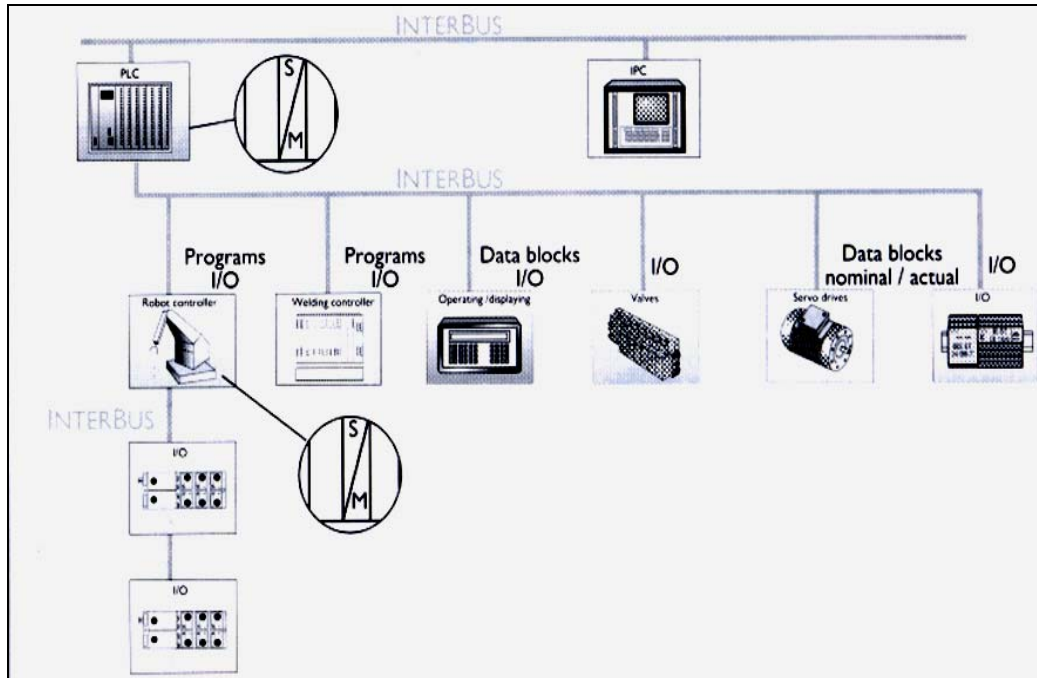
Οι συσκευές που συνδέονται σε ένα δακτύλιο μπορούν να απέχουν έως και 10 m, ενώ ο δακτύλιος φθάνει σε μήκος τα 100 m. Λαμβάνοντας υπόψη τις δυνατές αποστάσεις μετάδοσης του δικτύου, ο χρήστης δύναται να καλύψει κάθε επιπλέον εφαρμογή που μπορεί να προκύψει. Οι δακτύλιοι μπορούν να συνδέουν είτε μεμονωμένες συσκευές απευθείας στο σύστημα είτε το καλώδιό τους να διατρέχει διάφορες συσκευές εντός ενός βιομηχανικού πίνακα και να διασυνδέει ρελέ, διακόπτες, συσκευές ελέγχου, λαμπτήρες σήμανσης κ.α., αρκεί αυτά να είναι εξοπλισμένα με ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC) δακτυλίου.

Η επέκταση ενός ήδη υπάρχοντος δικτύου INTERBUS γίνεται χωρίς πρόβλημα, αφού οι συσκευές που συνδέονται με τη βοήθεια του δακτυλίου έχουν όλες τις λειτουργίες που έχουν και οι συσκευές που συνδέονται στον κορμό και άρα όλα τα πλεονεκτήματα του συστήματος. Το γεγονός ότι η σύνδεση ενός δακτυλίου σε ένα σύστημα INTERBUS δεν απαιτεί αλλαγή στο πρωτόκολλο δεν επιφέρει πολυδάπανες αλλαγές, και η σάρωση των δεδομένων συγχρονίζεται τέλεια από το ένα ως το άλλο άκρο του συστήματος.

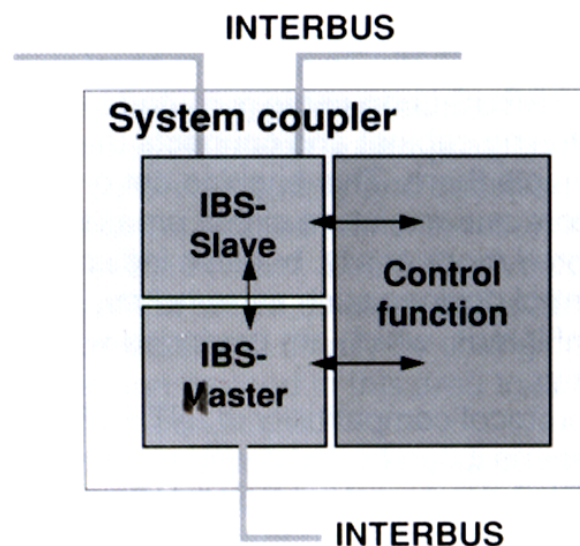
2.5.4 Σημεία σύζευξης του συστήματος

Ένα παράδειγμα χρήσης του δικτύου INTERBUS είναι η εφαρμογή σε αυτοκινητοβιομηχανία που συνοπτικά δείχνει το Σχ.2.30. Όλες οι εργασίες

επικοινωνούν μέσω του δικτύου, το οποίο έχει χωριστεί σε τμήματα που επικοινωνούν μεταξύ τους με ζεύκτες (System Couplers). Στο Σχ. 2.31 βλέπουμε το εσωτερικό ενός ζεύκτη, ενώ στο Σχ. 2.32 φαίνεται η τοπολογία ενός συστήματος με ζεύκτη.



Σχ.2.30. Εφαρμογή του INTERBUS σε αυτοκινητοβιομηχανία.

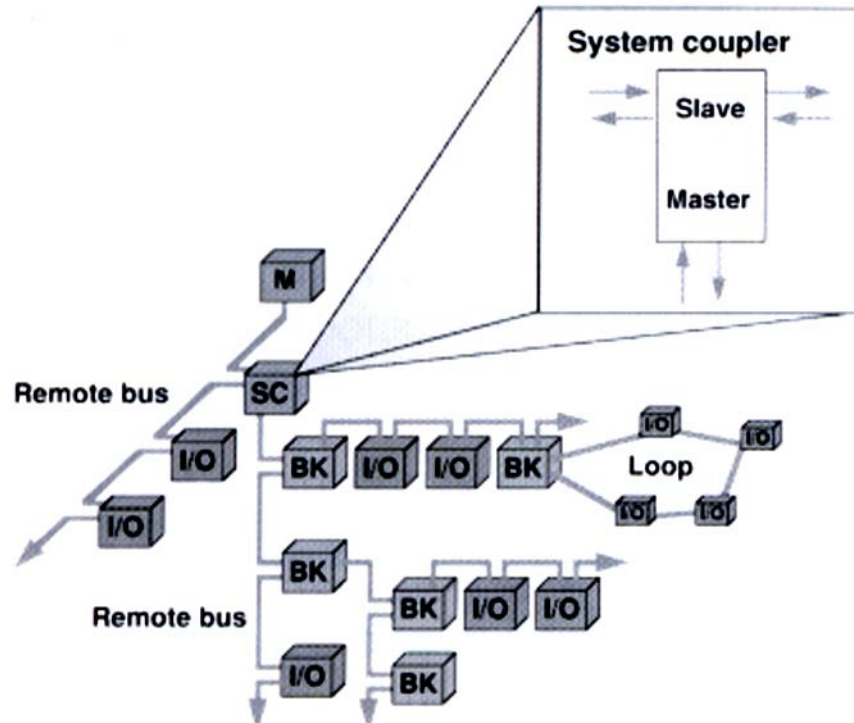


Σχ.2.31. Ζεύκτης τμημάτων.

Οι ζεύκτες συστήματος παρέχουν ταυτόχρονα λειτουργίες κύριου και εξαρτημένου σταθμού στο δίκτυο αλλά και λειτουργίες ελέγχου. Με το τρόπο αυτό μπορούν να ανταλλάσσονται δεδομένα μεταξύ δύο τμημάτων του δικτύου, αποφεύγοντας το σύστημα ελέγχου.

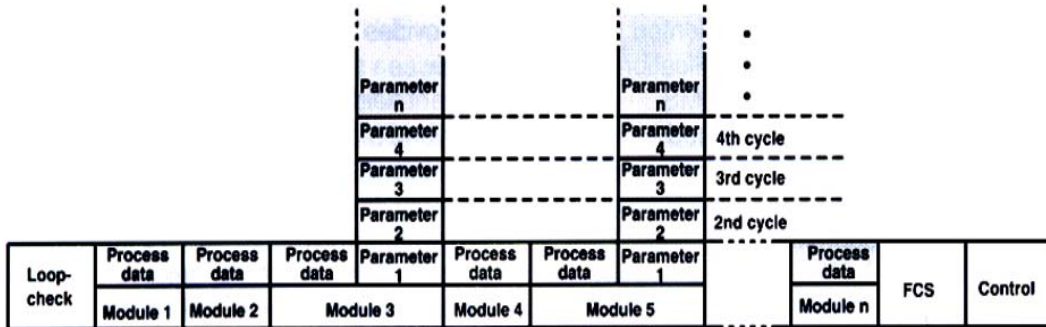
2.5.5 Το πρωτόκολλο μετάδοσης του INTERBUS

Το πρωτόκολλο INTERBUS είναι δομημένο σε τρία επίπεδα σύμφωνα με το μοντέλο ISO/OSI. Τα επίπεδα είναι το 1^ο, το 2^ο και το 7^ο, φυσικό, σύνδεσης δεδομένων και εφαρμογής αντίστοιχα. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων του δικτύου INTERBUS είναι η ντετερμινιστικότητα, δηλαδή ότι το χρονικό διάστημα εντός του οποίου γίνεται η κυκλική μετάδοση των δεδομένων μεταξύ των απομακρυσμένων συσκευών είναι συγκεκριμένο. Το INTERBUS βασίζεται σε μια διαδικασία μετάδοσης άνευ συγκρούσεων που προσδιορίζεται από την τεχνική άθροισης χρόνων και ανήκει στην κατηγορία τεχνικών μετάδοσης TDMA (Time Division Multiple Access). Αυτό σημαίνει ότι σε κάθε συσκευή κατανέμεται ένας χρόνος ανάλογα με την λειτουργία της, έτσι ώστε να υπολογίζεται εύκολα ο συνολικός χρόνος μετάδοσης ως άθροισμα όλων των επιμέρους χρόνων.



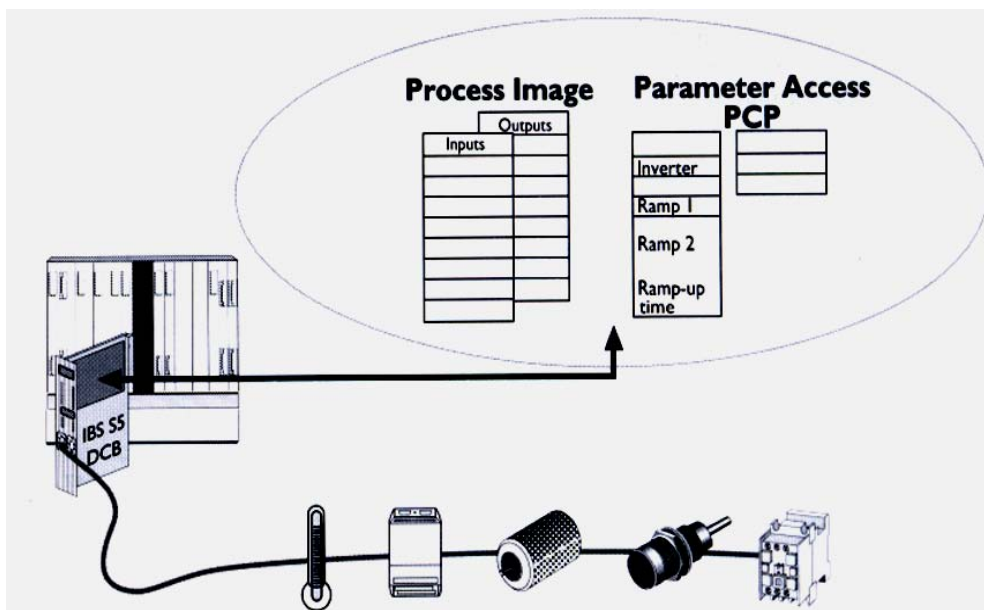
Σχ.2.32. Τοπολογία συστήματος με ζεύκτες.

Η παραπάνω διαδικασία μετάδοσης πραγματοποιείται στο INTERBUS με τη μορφή μιας δομής καταχωρητή. Κάθε συσκευή του INTERBUS συνδέεται στο δακτύλιο δια μέσου ενός καταχωρητή, το μήκος του οποίου καθορίζεται από το πλήθος των δεδομένων διεργασίας της συσκευής. Ενώνοντας όλες τις συσκευές μαζί, δημιουργείται ένας δακτύλιος, το μήκος και η δομή του οποίου αντιστοιχεί ακριβώς στο συνολικό πλαίσιο μηνύματος (βλ. Σχ. 2.33).



Σχ.2.33. Πρωτόκολλο μεταφοράς του INTERBUS.

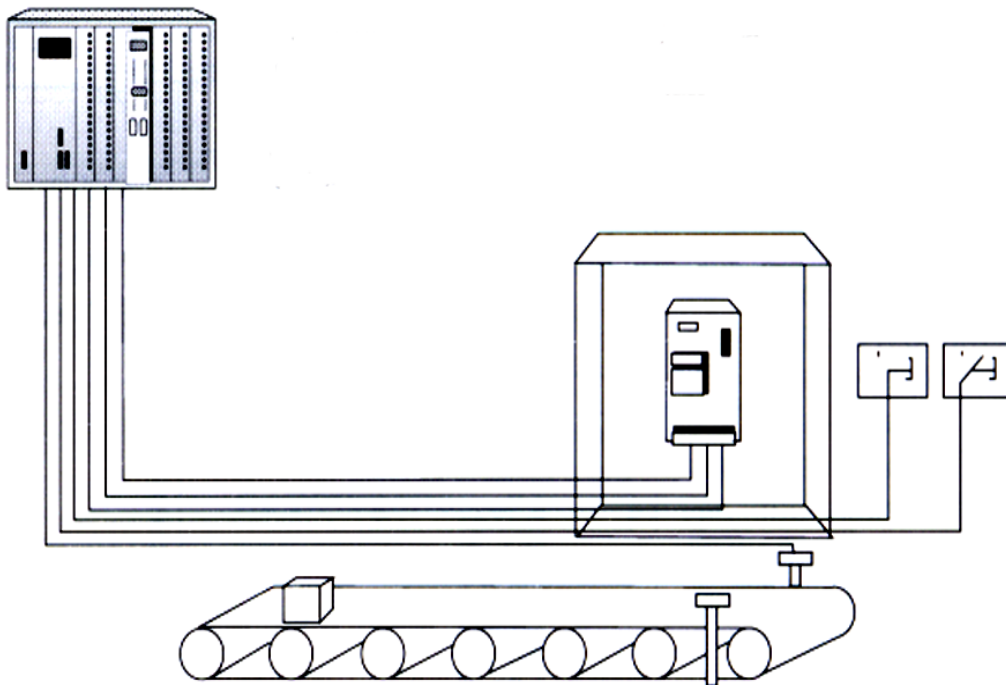
Το πρωτόκολλο και η τοπολογία ενός συστήματος INTERBUS είναι τέτοια που επιτρέπουν την κυκλική μεταφορά σημάτων εισόδων/εξόδων καθώς και την έκτακτη μεταφορά μηνυμάτων. Από την άλλη πλευρά ικανοποιούν τις απαιτήσεις ενός ενιαίου πεδίου βιομηχανικών αισθητήρων και ενεργοποιητών. Αυτές είναι προαπαιτήσεις για την πραγματοποίηση ενός ενιαίου δικτύου σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον.



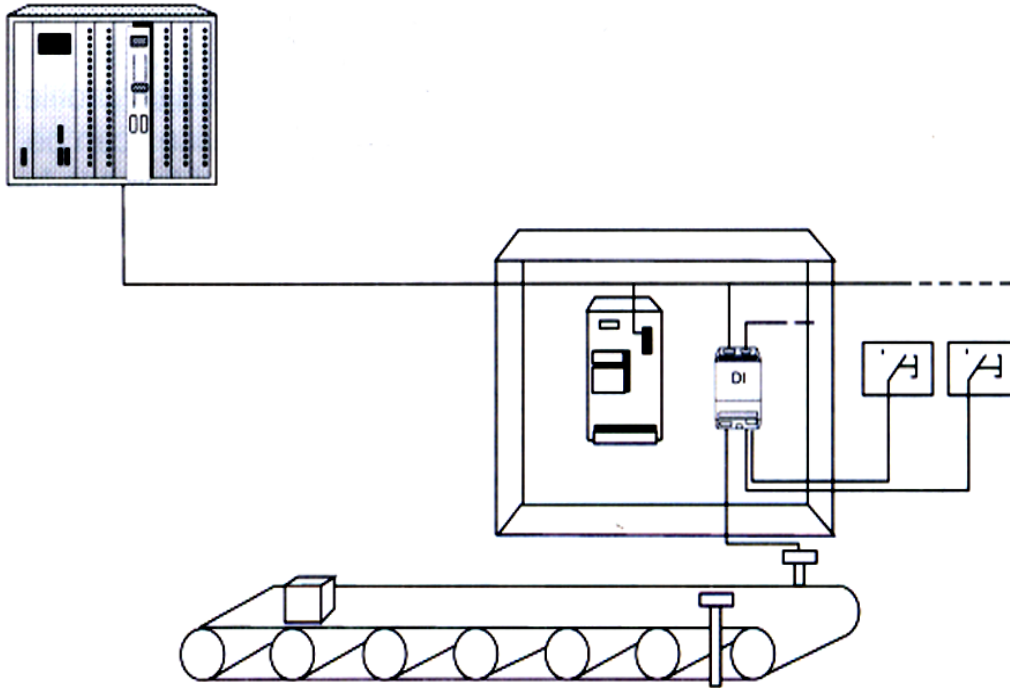
Σχ.2.34. Ολοκλήρωση στο πρόγραμμα ελέγχου.

2.5.6 Διευκολύνσεις ενός χρήστη του δικτύου INTERBUS

Σημαντικό για έναν χρήστη είναι η εύκολη πρόσβαση στα δεδομένα του δικτύου. Για την εξυπηρέτηση του χρήστη, το INTERBUS έχει χωρίσει και τις εφαρμογές διασύνδεσης σύμφωνα με τους δύο τύπους δεδομένων (βλ. σχήμα 2.34). Το δίκτυο αυτό ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις ενός χρήστη για απλή και διαφανή απεικόνιση των δεδομένων της διεργασίας. Ένα κυκλικό πρόγραμμα στον κύριο σταθμό του δικτύου, ενημερώνει συνέχεια τον χρήστη για τα δεδομένα της διεργασίας με τη μορφή ενός πίνακα απεικόνισης των I/O. Με αυτή την απ' ευθείας πρόσβαση στη μνήμη κερδίζεται χρόνος, ώστε να μην επηρεάζεται ο πραγματικός χρόνος πρόσβασης στα δεδομένα της διεργασίας που χαρακτηρίζει το πρωτόκολλο. Κατά την προσπέλαση των δεδομένων ο χρήστης του INTERBUS δεν θα καταλάβει διαφορά μεταξύ της σειριακής καλωδίωσης και της συνηθισμένης παράλληλης. Παρακάτω, στα σχήματα 2.35 και 2.36, φαίνεται μία βιομηχανική εφαρμογή με PLC, πρώτα με την παραδοσιακή παράλληλη σύνδεση και έπειτα με την σειριακή καλωδίωση του δικτύου INTERBUS. Βλέπουμε ότι το πρόγραμμα του PLC είναι ακριβώς το ίδιο, αλλά έχει απλοποιηθεί η πολύπλοκη καλωδίωση. Οι υπηρεσίες επικοινωνίας ενεργοποιούνται αυτόματα από το σύστημα.



Σχ.2.35. Προγραμματισμός PLC με παράλληλη καλωδίωση.



Σχ.2.36. Προγραμματισμός PLC με σειριακή καλωδίωση δικτύου INTERBUS.

Τα χαρακτηριστικά του δικτύου INTERBUS φαίνονται συγκεντρωτικά παρακάτω:

- Προέλευση:** από την εταιρία Phoenix Contact, 1984.
- Πρότυπο:** σύμφωνα με το DIN 19258 και το EN 50254.
- Τοπολογία:** εξωτερική δομή δένδρου με εσωτερικά σχηματισμένους δακτυλίους.
- Μέσο μετάδοσης:** συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίου, οπτικές ίνες.
- Μέγιστο μήκος:** 400 m ανά τμήμα και 12.8 Km συνολικά.
- Ταχύτητα μετάδοσης:** 500 kbit/s μεταφορά διπλής κατεύθυνσης.
- Αριθμός χρηστών:** 256 κόμβοι.
- Μέθοδος προσπέλασης:** κυρίου/εξαρτημένου σταθμού με συνολικό πλαίσιο.
- Έλεγχος λαθών:** με κώδικα CRC.
- Μέγιστο μήκος δεδομένων:** 512 bytes δεδομένων ανά κόμβο, απεριόριστες μεταδόσεις τμημάτων.

