



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΛΑΡΙΣΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

« Βιομηχανικά δίκτυα με το πρότυπο PROFIBUS »

**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΣΩΜΑΡΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**

**ΛΑΡΙΣΑ 2011**

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή  
Λάρισα, ..../..../2011

## **ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ**

- 1.
- 2.
- 3.

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας, στο τμήμα Τεχνολογίας Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών.

Στόχος αυτής της πτυχιακής είναι η μελέτη του δικτύου PROFIBUS όπως αυτό εφαρμόζεται στα βιομηχανικά δίκτυα σήμερα.

Θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Σωμαρά Χρήστο, ο οποίος με βοήθησε ώστε να ολοκληρωθεί αυτή η εργασία.

Τον ευχαριστώ πολύ για όλα όσα μου δίδαξε, για το επιστημονικό υλικό που μου προσέφερε, τις συμβουλές του, την συμπαράστασή του και τις ώρες που μου αφιέρωσε.

## **Σ Χ Η Μ Α Τ Α**

Σχ. 1 Το δίκτυο PROFIBUS στο εργοστασιακό περιβάλλον

Σχ. 2 Η Αρχιτεκτονική Πρωτοκόλλου του PROFIBUS

Σχ. 3 Οι Εκδόσεις του PROFIBUS

Σχ. 4 Καλωδίωση και τερματισμός του PROFIBUS-DP και του PROFIBUS-FMS.

Σχ. 5 Τυπική διαμόρφωση συστήματος για αυτοματοποίηση

Διαδικασιών

Σχ. 7 Κύκλος χρόνου ενός mono-master PROFIBUS-DP συστήματος Συνθήκες μέτρησης: Κάθε slave έχει 2 bytes δεδομένων εισόδου και 2 bytes δεδομένων εξόδου.

Ο ελάχιστος χρόνος διαλείμματος (min slave interval time) είναι  $200 \text{ μεβ} \text{ TSDI} = 37 \text{ bit times TSDR} = 11 \text{ bit times}$

Σχ. 8 Σύστημα PROFIBUS-DP με χρήση ενός μόνο κύριου σταθμού (mono-master system)

## **Π Ι Ν Α Κ Ε Σ**

Πιν.1. Τα Βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας μετάδοσης RS-485.

Πιν.2. Αποστάσεις βασισμένες στην ταχύτητα μετάδοσης με χρήση

Πιν.3. Χαρακτηριστικά γνωρίσματα του προτύπου IEC 1158-2

Πιν.4. Προδιαγραφές καλωδίου αναφοράς κατά IEC 1158-2

Πιν.5. Καθορισμένες τιμές μονάδων τροφοδοσίας ( τιμές λειτουργίας)

Πιν.6. Μήκη γραμμών για μετάδοση κατά IEC 1158-2

Πιν.7. Υπηρεσίες του επιπέδου ασφάλειας δεδομένων (επίπεδο 2)

Πιν.8. Σύνοψη των λειτουργιών master-master στο DP

Πιν.9. Παράμετροι του FF τύπου 'analog input' (AI)

# Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

## **1. ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ PROFIBUS**

### **1.1 Γενικά**

### **1.2. Το Φυσικό Μέσο - Τεχνολογίες Μετάδοσης**

#### **1.2.1 RS 485 Μετάδοση για DP-FMS**

#### **1.2.2 Μετάδοση κατά IEC 1158-2 για το PA**

#### **1.2.3 Μετάδοση με Οπτικές Ινες**

### **1.3. Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων του PROFIBUS**

### **1.4. PROFIBUS-DP**

#### **1.4.1 Βασικές Λειτουργίες του PROFIBUS-DP**

##### **1.4.1.1 Βασικά χαρακτηριστικά**

##### **1.4.1.2 Διαμόρφωση συστήματος και τύποι συσκευών**

##### **1.4.1.3 Συμπεριφορά του συστήματος**

##### **1.4.1.4 Κυκλική μετάδοση δεδομένων μεταξύ DPM1 και εξαρτημένων DP συσκευών**

##### **1.4.1.5 Κυκλική μετάδοση δεδομένων μεταξύ DPM1 και των συσκευών διαμόρφωσης**

##### **1.4.1.6 Καταστάσεις Synch και Freeze**

##### **1.4.1.7 Μηχανισμοί Προστασίας**

#### **1.4.2 Ελεγκταμένες Λειτουργίες του DP**

##### **1.4.2.1 Ελεγκταμένη επικοινωνία δεδομένων μεταξύ του DPM1 και των DP εξαρτημένων σταθμών**

##### **1.4.2.2 Ελεγκταμένη μετάδοση δεδομένων μεταξύ DPM2 και εξαρτημένων σταθμών**

### **1.4.3 Τα Αρχεία Δεδομένων Συσκευών**

#### **1.4.3.1 Αριθμός Αναγνώρισης**

## **1.5. PROFIBUS-PA**

### **1.5.1 Το Πρωτόκολλο μετάδοσης του PROFIBUS-PA**

### **1.5.2 Προφίλ συσκευών μετάδοσης για το PROFIBUS-PA**

## **1.6. PROFIBUS-FMS**

### **1.6.1 Επίπεδο Εφαρμογής του PROFIBUS-FMS**

### **1.6.2 Επικοινωνιακό Μοντέλο του PROFIBUS-FMS**

### **1.6.3 Επικοινωνιακά Αντικείμενα επικοινωνίας και Λεξικό Αντικειμένων (OD)**

### **1.6.4 Υπηρεσίες του PROFIBUS-FMS**

### **1.6.5 Lower Layer Interface (LLI) Διασύνδεση χαμηλότερου επιπέδου**

#### **1.6.5.1 Κυκλική και Ακυκλική μετάδοση δεδομένων**

#### **1.6.5.2 Λίστα επικοινωνιακών σχέσεων επικοινωνίας (CRL)**

### **1.6.6 Network Management (Διαχείριση Δικτύου)**

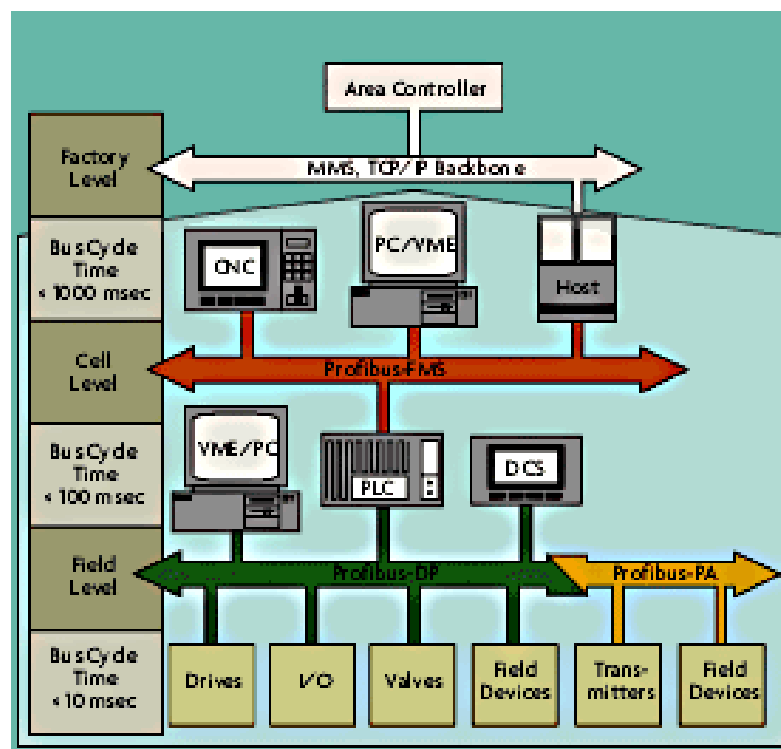
### **1.6.7 Συνδυασμένη λειτουργία των PROFIBUS-DP και PROFIBUS-FMS**

### **1.6.8 Profiles του PROFIBUS-FMS**

# 1. ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ PROFIBUS

## 1.1 Γενικά

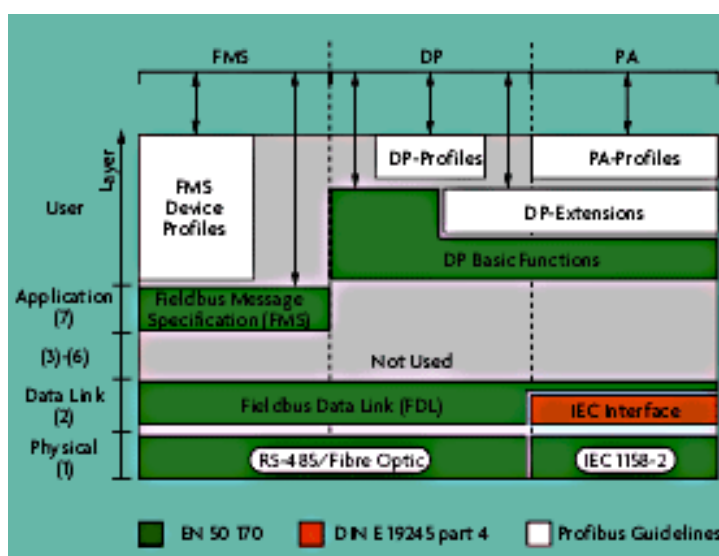
Το δίκτυο PROFIBUS (PROCESS FIELD BUS) αποτελεί το γερμανικό πρότυπο δικτύων πεδίου (DIN 19245 1,2) και έχει υιοθετηθεί ως μέρος του αντίστοιχου Ευρωπαϊκού προτύπου (EN50170) για τις βιομηχανικές επικοινωνίες. Στο πρότυπο αυτό περιγράφονται τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός σειριακού δικτύου το οποίο διασυνδέει κατανεμημένους σταθμούς στο χαμηλότερο επίπεδο, δηλ. το επίπεδο μονάδων πεδίου μέχρι και το κατασκευαστικό επίπεδο (shop floor) ή επίπεδο κυττάρου (cell), όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Το σύστημα περιέχει τόσο κύριους ή κεντρικούς (master) όσο και εξαρτημένους σταθμούς (slaves).



Σχ. 1 Το δίκτυο PROFIBUS στο εργοστασιακό περιβάλλον

Ένας κεντρικός σταθμός είναι ικανός να ελέγχει το κανάλι μετάδοσης, π.χ. να μεταδίδει μηνύματα χωρίς αίτηση, όταν έχει το δικαίωμα (token). Οι κύριοι ονομάζονται και ενεργοί σταθμοί και μπορεί να είναι PLC's, CNC's και ελεγκτές -κυττάρου. Ένας εξαρτημένος (ή δευτερεύων) σταθμός είναι συνήθως μια απλή συσκευή, π.χ. αισθητές, ενεργοποιητές, και δεν έχει δικαίωμα χρήσης του καναλιού παρά μόνο όταν απαντά ή επιβεβαιώνει μηνύματα που προέρχονται από κάποιον κύριο σταθμό. Ονομάζονται, επίσης, και παθητικοί σταθμοί και υλοποιούν ένα μέρος μόνο του πρωτοκόλλου.

Το δίκτυο PROFIBUS βασίζεται σε αναγνωρισμένα διεθνή πρότυπα. Η αρχιτεκτονική του πρωτοκόλλου είναι προσανατολισμένη στο μοντέλο αναφοράς OSI (Open System Interconnection) και σε συμφωνία με το διεθνές πρότυπο SO 7498. Σε αυτό το μοντέλο κάθε επίπεδο μετάδοσης διαχειρίζεται επακριβώς καθορισμένες εργασίες. Γενικά, το επίπεδο 1 (φυσικό επίπεδο) καθορίζει τα χαρακτηριστικά της φυσικής μετάδοσης, το επίπεδο 2 (επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων) καθορίζει το πρωτόκολλο προσπέλασης του δικτύου (bus access) και το επίπεδο 7 (επίπεδο εφαρμογής) καθορίζει τις λειτουργίες της εφαρμογής. Η αρχιτεκτονική του πρωτοκόλλου PROFIBUS φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Σχ. 2 Η Αρχιτεκτονική Πρωτοκόλλου του PROFIBUS



Η έκδοση **PROFIBUS-DP** χρησιμοποιεί τα επίπεδα 1 και 2 και την διεπαφή χρήστη (user interface). Τα επίπεδα 3 έως 7 δεν καθορίζονται. Το Direct Data Link Mapper (DDLMM) παρέχει στη διεπαφή χρήστη εύκολη πρόσβαση στο επίπεδο 2. Οι συναρτήσεις εφαρμογής που είναι διαθέσιμες στον χρήστη, όπως επίσης η συμπεριφορά του συστήματος και των διαφόρων τύπων συσκευών του PROFIBUS-DP προδιαγράφονται στη διεπαφή χρήστη. Η μετάδοση μπορεί να γίνει με την τεχνολογία RS-485 ή με οπτικές ίνες.

Στο **PROFIBUS-FMS** καθορίζονται τα επίπεδα 1, 2 και 7. Το επίπεδο εφαρμογής αποτελείται από το FMS (Fieldbus Message Specification, Προδιαγραφή Μηνυμάτων Δικτύου Πεδίου) και το LLI (Lower Layer Interface, Διεπαφή Κατώτερου Επιπέδου). Το FMS περιλαμβάνει το πρωτόκολλο της εφαρμογής και παρέχει στον χρήστη ένα ευρύ πεδίο δυναμικών υπηρεσιών επικοινωνίας. Το LLI εφαρμόζει τις ποικίλες επικοινωνιακές σχέσεις και παρέχει στο FMS πρόσβαση στο επίπεδο 2, η οποία είναι ανεξάρτητη της συσκευής πεδίου. Το επίπεδο 2 (FDL, Fieldbus Data Link, Διασύνδεση Δεδομένων Δικτύου Πεδίου) πραγματοποιεί τον έλεγχο πρόσβασης στο επικοινωνιακό μέσο και εξασφαλίζει την προστασία των δεδομένων. Για την μετάδοση είναι διαθέσιμες οι τεχνολογίες μετάδοσης RS-485 και οπτικών ινών.

Το **PROFIBUS-PA** χρησιμοποιεί το επεκτεταμένο PROFIBUS-DP πρωτόκολλο για μετάδοση δεδομένων. Επιπρόσθετα χρησιμοποιείται το PA profile, το οποίο καθορίζει την συμπεριφορά των συσκευών πεδίου. Η τεχνολογία της μετάδοσης είναι σύμφωνη με το πρότυπο IEC 1158-2 και επιτρέπει ενδογενή ασφάλεια (intrinsic safety) και επίσης δίνει την δυνατότητα τροφοδοσίας των συσκευών πεδίου από το επικοινωνιακό μέσο. Οι συσκευές για PROFIBUS-PA μπορούν να ενσωματωθούν εύκολα σε δίκτυα PROFIBUS-DP με την χρήση συζευκτών ή διασυνδεδετών τμημάτων δικτύου.



**Σχ. 3 Οι Εκδόσεις του PROFIBUS**

Οι εκδόσεις PROFIBUS-DP και PROFIBUS-FMS χρησιμοποιούν την ίδια τεχνολογία μετάδοσης και ένα ενιαίο πρωτόκολλο πρόσβασης στο μέσο. Έτσι και οι δύο εκδόσεις μπορούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα στο ίδιο καλώδιο μετάδοσης

### **1.2. Το Φυσικό Μέσο - Τεχνολογίες Μετάδοσης**

Το εύρος των εφαρμογών ενός δικτύου πεδίου καθορίζεται κυρίως από την επιλογή της τεχνολογίας μετάδοσης. Εκτός από τις γενικές απαιτήσεις (ασφάλεια μετάδοσης δεδομένων, απόσταση που πρέπει να καλυφτεί, ταχύτητα μετάδοσης κλπ.), απλοί και φτηνοί ηλεκτρομηχανικοί παράγοντες είναι επίσης μείζονος σημασίας. Όταν εμπλέκονται και εφαρμογές αυτοματισμού διαδικασιών (process automation), τότε τα δεδομένα και η τροφοδοσία πρέπει να μεταδίδονται από ένα κοινό καλώδιο.

Λόγω του ότι δεν είναι δυνατό να ικανοποιούνται όλες οι απαιτήσεις με την χρήση μιας και μόνο τεχνολογίας μετάδοσης, το PROFIBUS προσφέρει τις εξής τρεις εναλλακτικές λύσεις:

- RS 485 μετάδοση για DP-FMS
- IEC 1158-2 Μετάδοση για PA
- Οπτικές Ίνες (FO)

Οι λύσεις αυτές παρουσιάζονται στη συνέχεια.

### 1.2.1 RS 485 Μετάδοση για DP-FMS

Η τεχνολογία μετάδοσης RS-485 είναι και η πιο διαδεδομένη στο σύστημα PROFIBUS. Αυτή η τεχνολογία συνήθως αναφέρεται ως H2. Το εύρος εφαρμογών της καλύπτει όλες εκείνες τις περιοχές όπου απαιτούνται μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης και απλή, φτηνή εγκατάσταση. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιεί ένα συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων με γείωση.

Η τεχνολογία μετάδοσης RS-485 είναι πολύ εύκολη στον χειρισμό και την χρήση της. Η εγκατάσταση του καλωδίου δεν απαιτεί ιδιαίτερες γνώσεις. Η αρχιτεκτονική του μέσου μετάδοσης επιτρέπει την προσθαφαίρεση σταθμών ή βήμα με βήμα εγκατάσταση του συστήματος χωρίς τον επηρεασμό άλλων υπαρχόντων σταθμών. Μελλοντικές επεκτάσεις του συστήματος δεν επηρεάζουν τους σταθμούς που ήδη βρίσκονται σε λειτουργία.

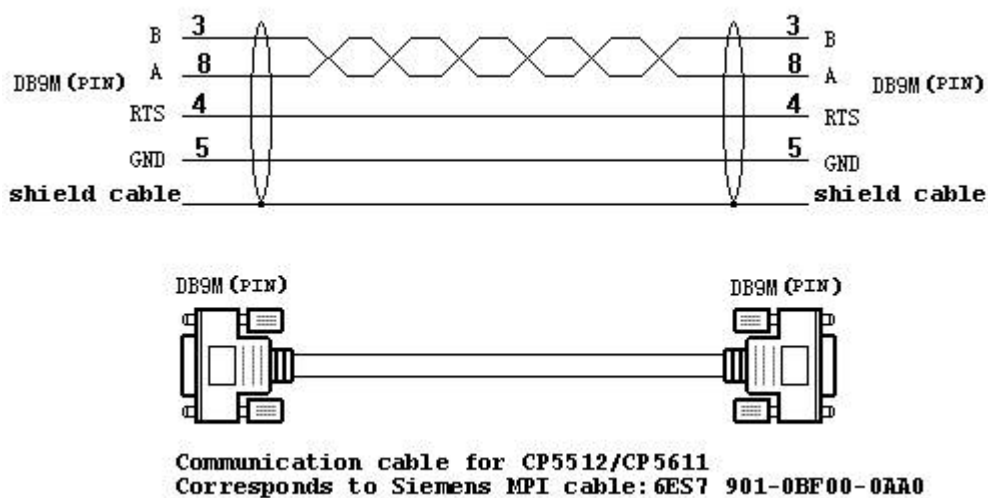
Οι ταχύτητες μετάδοσης κυμαίνονται μεταξύ 9.6 kbit/sec και 12 Mbit/sec. Μία μοναδική ταχύτητα μετάδοσης επιλέγεται για όλους τους σταθμούς κατά την διάρκεια αρχικοποίησης του συστήματος.

Τα στοιχεία αυτής της τεχνολογίας μετάδοσης φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πιν.1. Τα Βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας μετάδοσης RS-485.**

<b>Τοπολογία Δικτύου</b>	Γραμμικό Δίκτυο, με τερματισμένες γραμμές και στις δυο άκρες. Stub Lines επιτρέπονται μόνο για ταχύτητες μικρότερες του 1.5 Mbit/sec.
<b>Μέσο</b>	Γειωμένο, συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίου. Η γείωση μπορεί να παραλειφθεί αν το επιτρέπουν οι συνθήκες περιβάλλοντος (EMC).
<b>Αριθμός σταθμών</b>	32 σταθμοί σε κάθε τομέα (segment) χωρίς επαναλήπτες (repeaters), μέχρι 127 σταθμοί με την χρήση επαναληπτών.
<b>Σύνδεση</b>	Προτιμώμενη: 9-pin D sub plug connector

Όλες οι συσκευές βρίσκονται συνδεδεμένες σε μία δομή διαύλου. Μπορούν να είναι συνδεδεμένοι μέχρι 32 σταθμοί (κύριου ή εξαρτημένοι) στο ίδιο τμήμα δικτύου. Το μέσο τερματίζεται με ενεργό στοιχείο (τερματιστή) στην αρχή και στο τέλος του κάθε τμήματος, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Για την εξασφάλιση λειτουργίας χωρίς λάθη και οι δύο τερματισμοί πρέπει να τροφοδοτούνται πάντοτε. Πολλοί κατασκευαστές έχουν σχεδιάσει έναν τερματιστή με διακόπτες για τις συσκευές τους ή τις επαφές τους. Όταν χρησιμοποιούνται περισσότεροι από 32 σταθμοί επιβάλλεται η χρήση επαναληπτών (ενισχυτών γραμμής) για την σύνδεση των μεμονωμένων τομέων του δικτύου.



**Σχ. 4 Καλωδίωση και τερματισμός του PROFIBUS-DP και του PROFIBUS-FMS.**

Το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος καλωδίου εξαρτάται από την ταχύτητα μετάδοσης, όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα. Το καθορισμένο μήκος καλωδίου μπορεί να αυξηθεί με την χρήση επαναληπτών. Όμως, δεν συνίσταται η χρήση περισσότερων των τριών επαναληπτών στην σειρά.

**Πιν.2. Αποστάσεις βασισμένες στην ταχύτητα μετάδοσης με χρήση καλωδίου τύπου A**

<b>Baud Rate</b>	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	12000
<b>Απόσταση / Τμήμα Δικτύου</b>	1200m	1200m	1200m	1000m	400m	200m	100m

Οι προδιαγραφές για το μήκος του καλωδίου στον πίνακα βασίζονται σε καλώδιο τύπου A με τις παρακάτω παραμέτρους:

- Σύνθετη αντίσταση: 135 έως 165 Ohms
- Χωρητικότητα: < 30 pf/m
- Αντίσταση Βρόχου: 110 Ohms/km
- Διατομή Καλωδίου: 0.64 mm
- Επιφάνεια αγωγού: > 0.34 mm<sup>2</sup>

Η χρήση του 9 pin D sub-connector προτιμάται για PROFIBUS δίκτυα που χρησιμοποιούν την τεχνολογία μετάδοσης RS-485. Η αντιστοιχία των ακροδεκτών του συνδετήρα και η καλωδίωση φαίνονται στο προηγούμενο σχήμα.

Όταν συνδέονται οι σταθμοί πρέπει οι γραμμές δεδομένων να μην είναι συνεστραμμένες. Η χρήση γειωμένων γραμμών είναι απόλυτα απαραίτητη για να υπάρξει υψηλή 'ανοσία' του συστήματος σε περιβάλλοντα με υψηλές ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες (πχ αυτοκινητοβιομηχανίες). Η γείωση χρησιμοποιείται για να βελτιωθεί η ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC). Το καλώδιο της γείωσης και, αν υπάρχει, το μεταλλικό έλασμα αυτής θα πρέπει να συνδέονται στην προστατευτική γείωση και στις δύο πλευρές του δικτύου και με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, ώστε να καλύπτουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη περιοχή. Επιπρόσθετα συνιστάται οι γραμμές να βρίσκονται μακριά από άλλα καλώδια υψηλής τάσης.

Τα stub lines θα πρέπει να αποφεύγονται σε ταχύτητες μετάδοσης μεγαλύτερες των 500 kbit/sec. Οι διαθέσιμες πρίζες στην αγορά επιτρέπουν το καλώδιο εισερχόμενων δεδομένων και αυτό των εξερχόμενων δεδομένων να συνδέεται απευθείας στην πρίζα.

Αυτό σημαίνει ότι δεν χρειάζεται η χρήση stub lines και ότι η πρίζα μπορεί να συνδέεται και να αποσυνδέεται οποτεδήποτε χωρίς να διακόπτεται η επικοινωνία με τους άλλους σταθμούς.

### **1.2.2 Μετάδοση κατά IEC 1158-2 για το PA**

Η τεχνολογία μετάδοσης σύμφωνα με το πρότυπο 1158-2 ικανοποιεί τις απαιτήσεις που θέτουν κυρίως οι χημικές και πετροχημικές βιομηχανίες. Επιτρέπει ουσιαστική ενδογενή ασφάλεια και επιτρέπει στις συσκευές του πεδίου να τροφοδοτούνται από τον δίαυλο μετάδοσης. Η τεχνολογία αυτή συνίσταται από ένα σύγχρονο πρωτόκολλο (bit-synchronous) με συνεχή μετάδοση ρεύματος (current-free transmission), η οποία συχνά αναφέρεται ως H1. Το πρότυπο IEC 1158-2 χρησιμοποιείται στο PROFIBUS-PA.

Η μετάδοση βασίζεται στις ακόλουθες αρχές:

- Κάθε τμήμα έχει μόνο μία πηγή ενέργειας, το τροφοδοτικό.
- Όταν ένας σταθμός μεταδίδει δεν υπάρχει τάση στο δίαυλο.
- Κάθε συσκευή του δικτύου καταναλώνει μία σταθερή ποσότητα ρεύματος στη σταθερή κατάσταση λειτουργίας.
- Οι συσκευές του δικτύου λειτουργούν ως παθητικές καταναλώσεις ρεύματος (passive current sinks).
- Υπάρχει παθητικός τερματισμός της γραμμής και στα δύο άκρα του διαύλου.
- Επιτρέπονται οι τοπολογίες διαύλου, δέντρου και αστέρα.
- Για την αύξηση της αξιοπιστίας μπορούν να σχεδιαστούν πλεονάζοντα τμήματα διαύλου.

Για την διαμόρφωση θεωρείται ότι ένα βασικό ελάχιστο ρεύμα 10mA είναι απαραίτητο για την τροφοδοσία του κάθε σταθμού. Τα σήματα επικοινωνίας παράγονται από τον σταθμό που μεταδίδει με διαμόρφωση του σήματος σε ένα εύρος +/-9 mA έως το βασικό ρεύμα.

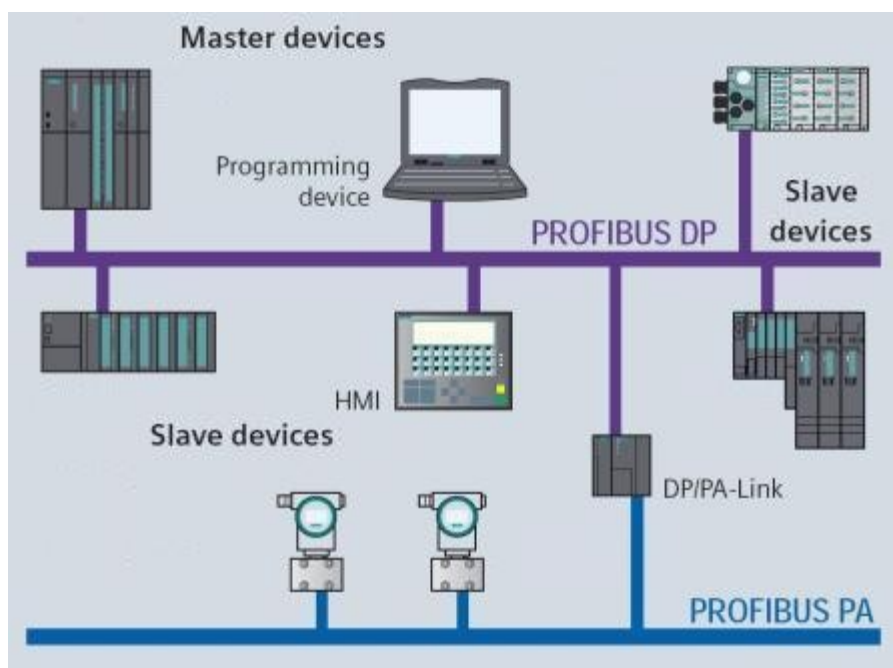
**Πιν.3. Χαρακτηριστικά γνωρίσματα του προτύπου IEC 1158-2**

<b>Μετάδοση Δεδομένων</b>	Ψηφιακή, bit-synchronous, με χρήση του κώδικα Manchester
<b>Ταχύτητες Μετάδοσης</b>	31.25 Kbit/sec, Voltage Mode
<b>Ασφάλεια δεδομένων</b>	Preamble, ακολουθία αρχής και τέλους ελεύθερη λαθών.
<b>Καλώδιο</b>	Ζεύγος συνεστραμμένων καλωδίων με ή χωρίς θωράκιση
<b>Απομακρυσμένη Τροφοδοσία</b>	Προαιρετικά μέσω γραμμών δεδομένων
<b>Τύπος Προστασίας Έκρηξης</b>	Δύο τρόποι λειτουργίας, με ή χωρίς ενδογενή ασφάλεια (intrinsically safe)
<b>Τοπολογία</b>	Διαύλου και δέντρου ή συνδυασμός
<b>Αριθμός σταθμών</b>	Μέχρι 32 σταθμοί ανά τμήμα δικτύου, 126 σταθμοί το πολύ
<b>Επαναλήπτες</b>	Επέκταση δικτύου με χρήση έως 4 επαναληπτών

Συνήθως στο δωμάτιο ελέγχου ου εργοστασίου βρίσκονται το σύστημα ελέγχου της παραγωγής (process control system), το σύστημα ελέγχου (operator system), οι συσκευές παρακολούθησης της διαδικασίας (monitoring devices) και οι διασυνδετές τομέων (segment couplers) που υλοποιούν την διασύνδεση των τμημάτων του δικτύου που λειτουργούν υπό το IEC 1158-2 με τους τομείς που χρησιμοποιούν την μετάδοση κατά RS-485. Οι συσκευές αυτές μετατρέπουν τα σήματα RS-485 που λαμβάνουν σε σήματα συμβατά με το IEC 1158-2. Επίσης παρέχουν το ρεύμα για την απομακρυσμένη τροφοδοσία των συσκευών του δικτύου. Το τροφοδοτικό περιορίζει το ρεύμα και την τάση στα επίπεδα που ορίζει το IEC 1158-2 στο τμήμα που το χρησιμοποιεί.

Το PROFIBUS-PA προσφέρεται για δεντρικές ή γραμμικές (διαύλου) τοπολογίες δικτύων ή για συνδυασμό τους. Η γραμμική δομή επιτρέπει συνδέσεις κατά μήκος του καλωδίου του δικτύου κατά τον ίδιο τρόπο με αυτό της εγκατάστασης των τροφοδοτικών. Το καλώδιο του πεδίου μπορεί να διέρχεται μέσω των συσκευών του δικτύου. Επίσης είναι επιτρεπτές διακλαδώσεις για σύνδεση μιας ή περισσοτέρων συσκευών. Η δεντρική δομή μπορεί να συγκριθεί με την κλασσική τεχνική εγκατάσταση δικτύου.

Το πολύ-πύρινο κύριο καλώδιο αντικαθίσταται από το ζεύγος ανεστραμμένων καλωδίων. Ο διανομέας πεδίου εξακολουθεί να χρησιμοποιείται για σύνδεση των συσκευών αλλά και για να φιλοξενεί την τερματική αντίσταση. Όταν χρησιμοποιείται η δεντρική δομή, όλες οι συσκευές του πεδίου που είναι συνδεδεμένες στο ίδιο τμήμα καλωδιώνονται παράλληλα με τον διανομέα του πεδίου.



**Σχ. 5** Τυπική διαμόρφωση συστήματος για αυτοματοποίηση διαδικασιών



Οι συνδυασμοί των δύο τοπολογιών (γραμμικής και δεντρικής) επιτρέπει βελτιστοποίηση του μήκους του διαύλου και προσαρμογή στις υπάρχουσες απαιτήσεις του συστήματος. Πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ένας μέγιστος αριθμός επιτρεπτών stub lines. Ως μέσο μετάδοσης χρησιμοποιείται ένα ζεύγος συνεστραμμένων καλωδίων με ή χωρίς θωράκιση. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα καλώδια με μεγαλύτερο εύρος αγωγιμότητας.

**Πιν.4. Προδιαγραφές καλωδίου αναφοράς κατά IEC 1158-2**

<b>Σχεδιασμός Καλωδίου</b>	Θωρακισμένο ζεύγος συνεστραμμένων καλωδίων
<b>Επιφάνεια Αγωγού</b>	0.8mm <sup>2</sup> (AWG18)
<b>Αντίσταση Βρόχου</b>	44 Ohms/km
<b>Εμπέδηση στα 31.25 kHz</b>	100 Ohms ±20%
<b>Εξασθένηση στα 31kHz</b>	3dB/kb
<b>Χωρητική Ασυμμετρία</b>	2nF/km

Και οι δύο άκρες του κεντρικού καλωδίου του διαύλου είναι εφοδιασμένες με ένα παθητικό τερματικό στοιχείο που αποτελείται από ένα RC συνδυασμό με  $R = 100\Omega$  και  $C = 1 \text{ mF}$ . Αν ένας σταθμός συνδεθεί με ανεστραμμένους τους πόλους, αυτό δεν έχει καμία επίδραση στην λειτουργία του διαύλου. Συνίσταται να εξοπλίζονται οι συσκευές με κύκλωμα αυτόματης αναγνώρισης της πολικότητας. Έτσι αυτές θα λειτουργούν σωστά χωρίς να επηρεάζονται από την αντιστοιχία των πόλων εισόδου με τα σήματα δεδομένων.

Ο αριθμός των σταθμών που μπορούν να συνδεθούν σε ένα τμήμα περιορίζεται στους 32. Αυτός ο αριθμός περιορίζεται ακόμα περισσότερο από το είδος (επίπεδο) προστασίας από έκρηξη που θα επιλεγεί καθώς και από την τροφοδοσία μέσω του διαύλου δεδομένων. Όταν λειτουργούν δίκτυα με ενδογενή ασφάλεια τόσο η μέγιστη παρεχόμενη τάση όσο και το μέγιστο παρεχόμενο ρεύμα καθορίζονται από αυστηρά καθορισμένα όρια. Ακόμα και όταν δεν είναι αναγκαίο το επίπεδο ενδογενούς ασφάλειας η ισχύς της απομακρυσμένης μονάδας τροφοδοσίας είναι περιορισμένη.

**Πιν.5. Καθορισμένες τιμές μονάδων τροφοδοσίας ( τιμές λειτουργίας)**

Είδος	Περιοχή εφαρμογής	Τροφοδοσία Τάσης	Μέγιστη παροχή ρεύματος	Μέγιστη Ισχύς	Τοπικός αριθμός σταθμών
I	EEχ ia/ib IC	13,5 V	110 mA	1.8 W	8
II	EEχ ib IC	13,5 V	110 mA	1.8 W	8
III	EEχibllB	13,5 V	250 mA	4.2 W	22
IV	Not intrinsically safe	24 V	500 mA	12W	32

\* Αυτές οι τιμές βασίζονται σε μια τυπική κατανάλωση ρεύματος 10mA ανά σταθμό.

Αν η συσκευή καταναλώνει περισσότερο από 10mA τότε μειώνεται ανάλογα και ο αριθμός των συσκευών που μπορούν να συνδεθούν

Ένας απλός τρόπος για τον υπολογισμό του μέγιστου μήκους του διαύλου είναι να υπολογιστούν οι απαιτήσεις σε ρεύμα, μετά να επιλεγεί μια μονάδα τροφοδοσίας σύμφωνα με τον προηγούμενο πίνακα, και στη συνέχεια να βρεθεί το μήκος της γραμμής για το συγκεκριμένο καλώδιο με την χρήση του επόμενου πίνακα. Το απαιτούμενο ρεύμα απορρέει από το άθροισμα των βασικών καταναλώσεων ρεύματος των συσκευών, της συσκευής ελέγχου χειρός, του διασυνδετή για τον κύριο σταθμό του διαύλου, των επαναληπτών αν χρησιμοποιούνται και το κατώφλι ρεύματος για το FDE (Fault Disconnect Equipment). Αυτό το ρεύμα μπορεί να υπολογιστεί για κάθε συσκευή που είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο και είναι η διαφορά μεταξύ του μεγίστου βασικού ρεύματος κατά την διάρκεια της σωστής λειτουργίας και αυτού κατά την διάρκεια της εσφαλμένης.

**Πιν.6. Μήκη γραμμών για μετάδοση κατά IEC 1158-2**

Τροφοδοτικό		Type I	Type II	Type III	Type IV	Type IV	Type IV
Παροχή τάσης	V	13.5	13.5	13.5	24	24	24
Απαιτήσεις ρεύματος	m A	<=100	<=100	<=250	<=110	<=250	<=500
Μήκος γραμμής για $q=0.8\text{mm}^2$	m	<=900	<=900	<=400	<=1900	<=1300	<=650
Μήκος γραμμής για $q=1.5\text{mm}^2$	m	<=100 0	<=1500	<=500	<=1900	<=1900	<=1900

Η σύνδεση συσκευών που τροφοδοτούνται από το δίκτυο με άλλες που τροφοδοτούνται από εξωτερική πηγή είναι δυνατή σε ένα σύστημα που απαιτεί ενδογενή ασφάλεια αν χρησιμοποιηθεί η κατάλληλη απομόνωση σε συμφωνία με το πρότυπο EN 50 020.

### 1.2.3 Μετάδοση με Οπτικές Ίνες

Αγωγοί οπτικών ινών μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο PROFIBUS για εφαρμογές σε περιβάλλοντα με υψηλές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, αλλά και για να αυξηθεί η μέγιστη απόσταση σε υψηλές ταχύτητες μετάδοσης. Είναι διαθέσιμοι δύο τύποι αγωγών. Φτηνοί οπτικοί αγωγοί από πλαστικό για αποστάσεις = 100m ή οπτικές ίνες από γυαλί που επιτρέπουν δικτυακή σύνδεση σε αποστάσεις έως 100km. Πολλοί προμηθευτές προσφέρουν ειδικές συσκευές διασύνδεσης με ενσωματωμένους μετατροπείς σημάτων RS-485 σε οπτικά σήματα και αντίστροφα. Αυτό παρέχει μια πολύ απλή μέθοδο για εναλλαγή μεταξύ των μεθόδων μετάδοσης RS-485 και αυτής των οπτικών ινών στο ίδιο σύστημα.

### 1.3. Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων του PROFIBUS

Όλες οι εκδόσεις του PROFIBUS (DP, FMS και PA) χρησιμοποιούν ένα ενιαίο

πρωτόκολλο για την προσπέλαση του διαύλου. Αυτό το πρωτόκολλο υλοποιείται στο επίπεδο 2 του μοντέλου αναφοράς OSI. Επίσης σε αυτό συμπεριλαμβάνεται η ασφάλεια των δεδομένων και ο χειρισμός των πρωτοκόλλων μετάδοσης και των πακέτων δεδομένων.

Στο PROFIBUS, το επίπεδο 2 ονομάζεται Fieldbus Data Link (FDL). Το πρωτόκολλο MAC καθορίζει την διαδικασία σύμφωνα με την οποία ένας σταθμός μεταδίδει δεδομένα. Το MAC πρέπει να εξασφαλίσει ότι ένας μόνο σταθμός έχει το δικαίωμα να μεταδώσει δεδομένα την κάθε φορά. Το PROFIBUS πρωτόκολλο έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να καλύπτει δύο βασικές απαιτήσεις για τον MAC:

- Κατά την διάρκεια της επικοινωνίας πολύπλοκων σταθμών αυτοματισμού (κύριοι σταθμοί), πρέπει να εξασφαλιστεί ότι κάθε ένας από αυτούς έχει στην διάθεση του αρκετό χρόνο για να εκτελέσει τα επικοινωνιακά του έργα μέσα σε έναν ακριβώς καθορισμένο χρονικό περιθώριο.
- Η κυκλική μετάδοση πραγματικού χρόνου πρέπει να υλοποιηθεί όσο πιο γρήγορα και απλά γίνεται κατά την επικοινωνία μεταξύ ενός πολύπλοκου προγραμματιζόμενου ελεγκτή και τις απλές συσκευές εισόδου , εξόδου (εξαρτημένοι σταθμοί) που του έχουν ανατεθεί.

Έτσι το πρωτόκολλο προσπέλασης μέσου του PROFIBUS χρησιμοποιεί την διαδικασία επικοινωνίας με ανταλλαγή κουπονιού για την επικοινωνία μεταξύ πολύπλοκων σταθμών (master) και την διαδικασία επικοινωνίας master-slave για την επικοινωνία μεταξύ master σταθμών και απλών συσκευών εισόδου/εξόδου (I/O).

Η διαδικασία μεταβίβασης κουπονιού εγγυάται ότι το δικαίωμα χρήσης του μέσου (κουπόνι) ανατίθεται στον κάθε κύριο σταθμό μέσα σε ένα ακριβώς προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Όπως ήδη είναι γνωστό, το κουπόνι είναι ένα ειδικό πακέτο δεδομένων που χρησιμοποιείται για να περάσουν τα δικαιώματα προσπέλασης του μέσου από ένα κύριο σταθμό στον επόμενο. Η σειρά με την οποία ο κάθε κύριος σταθμός παίρνει το κουπόνι καθορίζεται από ένα λογικό δακτύλιο, ενώ κάθε ένας από αυτούς παίρνει το κουπόνι μία φορά στην διάρκεια ενός κύκλου ο οποίος χρειάζεται για να ολοκληρωθεί έναν προκαθορισμένο μέγιστο χρόνο. Στο PROFIBUS η διαδικασία ανταλλαγής κουπονιού χρησιμοποιείται μόνο κατά την επικοινωνία των κύριων σταθμών.

Η διαδικασία κύριου-εξαρτημένου (master-slave) επιτρέπει στον κύριο (ενεργητικό) σταθμό ο οποίος κατέχει το κουπόνι να προσπελάσει τους παθητικούς σταθμούς που του έχουν ανατεθεί. Ο κύριος στέλνει μηνύματα στους εξαρτημένους ή διαβάζει μηνύματα από αυτούς. Με αυτή την μέθοδο προσπέλασης είναι δυνατό να υλοποιήσουμε τις παρακάτω διατάξεις συστήματος:

- Γνήσιο σύστημα κύριων - εξαρτημένων σταθμών (polling)
- Γνήσιο σύστημα κύριων - κύριων σταθμών (με ανταλλαγή κουπονιού)
- Ένα συνδυασμό των δύο

Το προηγούμενο σχήμα δείχνει ένα δίκτυο PROFIBUS με τρεις ενεργούς σταθμούς (κύριους) και επτά παθητικούς σταθμούς (εξαρτημένους). Οι τρεις κύριοι σταθμοί σχηματίζουν ένα λογικό δακτύλιο κουπονιού. Όταν ένας ενεργητικός σταθμός λάβει το πακέτο του κουπονιού, μπορεί να εκπληρώσει το έργο του ως κύριος για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Κατά την διάρκεια αυτού του χρόνου μπορεί να επικοινωνεί με όλους τους παθητικούς σταθμούς που του έχουν ανατεθεί μέσω της διαδικασίας polling και με όλους τους ενεργητικούς κύριους σταθμούς με την διαδικασία κουπονιού.

Ένας δακτύλιος κουπονιού είναι μια οργανωμένη αλυσίδα ενεργητικών σταθμών που σχηματίζουν ένα λογικό δακτύλιο βασισμένο στις διευθύνσεις τους. Σε αυτό το δακτύλιο το κουπόνι (δικαίωμα προσπέλασης του διαύλου) μεταβιβάζεται από τον ένα κύριο σταθμό στον άλλο σε μια καθορισμένη σειρά (κατά αύξουσα σειρά διευθύνσεων).

Κατά την διάρκεια της αρχικοποίησης του συστήματος, το έργο του επιπέδου MAC του κάθε ενεργητικού σταθμού είναι να εντοπίσει αυτή την λογική ανάθεση και να εγκαταστήσει το κουπόνι στον δακτύλιο. Κατά την διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος, ενεργητικοί σταθμοί που παρουσιάζουν βλάβη ή είναι απενεργοποιημένοι πρέπει να αφαιρούνται από τον δακτύλιο, ενώ καινούργιοι σταθμοί μπορούν να προστίθενται σε αυτόν. Επιπροσθέτως ο έλεγχος προσπέλασης μέσου εξασφαλίζει ότι το κουπόνι μεταβιβάζεται από τον ένα σταθμό στον άλλο κατά αύξουσα σειρά διευθύνσεων. Ο πραγματικός χρόνος στον οποίο ένας σταθμός έχει στην κατοχή του το κουπόνι εξαρτάται από την αρχικοποίηση του χρόνου του κύκλου του κουπονιού (token rotation time). Επίσης ο εντοπισμός των βλαβών στο μέσο μετάδοσης και στον αποδέκτη γραμμής (receiver), όπως επίσης και ο εντοπισμός λαθών στη διεθυνσιοδότηση των σταθμών (π.χ πολλοί σταθμοί με την ίδια διεύθυνση) ή στην μεταβίβαση του κουπονιού (π.χ. πολλαπλά κουπόνια ή απώλεια κουπονιού), είναι στις δικαιοδοσίες και τα χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου MAC του PROFIBUS.

**Πιν.7. Υπηρεσίες του επιπέδου ασφάλειας δεδομένων (επίπεδο 2)**

Υπηρεσίες Λειτουργίας		DP	PA	FMS
<b>SDA</b>	Send Data with Acknowledge (Αποστολή δεδομένων με επιβεβαίωση)			✓
<b>SRD</b>	Send and Request Data with Reply (Αποστολή και αίτηση δεδομένων με απάντηση)	✓	✓	✓
<b>SDN</b>	Send Data with No acknowlwdge (Αποστολή δεδομένων χωρίς επιβεβαίωση)	✓	✓	✓
<b>CSRD</b>	Cyclic Send and Request Data with reply (Κυκλική αποστολή και αίτηση δεδομένων με απάντηση)			✓

Ένα επιπλέον σημαντικό έργο του επιπέδου 2 είναι η ασφάλεια των δεδομένων. Τα πακέτα δεδομένων του επιπέδου 2 του PROFIBUS εξασφαλίζουν υψηλή

ακεραιότητα των δεδομένων. Όλα τα πακέτα έχουν απόσταση Hamming  $HD=4$ . Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ειδικά χαρακτήρες αρχής και τέλους των πακέτων (start and end delimiters), συγχρονισμό τύπου slip-free και ένα bit ισοτιμίας για κάθε οκτάδα bits, όπως καθορίζεται στο διεθνές πρότυπο I EC 870-5-1.

Το επίπεδο 2 του PROFIBUS λειτουργεί σε connectionless mode. Εκτός από την λογική peer-to-peer μετάδοση παρέχει multi-peer μετάδοση (ευρείας εκπομπής -Broadcast- και πολλαπλής εκπομπής -Multicast-).

Μετάδοση ευρείας εκπομπής σημαίνει ότι ένας ενεργός σταθμός στέλνει ένα μήνυμα σε όλους τους άλλους σταθμούς χωρίς να απαιτεί επιβεβαίωση (κύριους και εξαρτημένους). Επίσης, μετάδοση πολλαπλής εκπομπής σημαίνει ότι ένας ενεργός σταθμός στέλνει ένα μήνυμα σε μία προκαθορισμένη ομάδα σταθμών (όχι όλους) χωρίς να απαιτεί επιβεβαίωση (κύριους και εξαρτημένους).

Στα PROFIBUS-FMS, DP και PA χρησιμοποιείται ένα ιδιαίτερο υποσύνολο των υπηρεσιών του επιπέδου 2, που φαίνονται στον προηγούμενο πίνακα.. Οι υπηρεσίες καλούνται από τα υψηλότερα επίπεδα μέσω σημείων προσπέλασης υπηρεσιών (service access points -SAPs-) του επιπέδου 2. Στο PROFIBUS-FMS αυτά τα σημεία προσπέλασης υπηρεσιών χρησιμοποιούνται για να διευθυνσιοδοτούνται οι λογικές σχέσεις επικοινωνίας. Στο PROFIBUS-DP και PA σε κάθε SAP ανατίθεται μια επακριβώς καθορισμένη λειτουργία. Πολλά SAPs μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα για άλλους τους ενεργητικούς και παθητικούς σταθμούς. Διάκριση γίνεται μεταξύ σημείων πηγής (Source SAP , SSAP) και σημείων προορισμού (Destination SAP, DSAP).

#### **1.4. PROFIBUS-DP**

Το PROFIBUS-DP σχεδιάστηκε για επικοινωνία σε υψηλές ταχύτητες στο χαμηλότερο επίπεδο πεδίου (συσκευής), όπου οι κεντρικοί ελεγκτές (πχ PLCs/PCs) επικοινωνούν με τις κατανεμημένες συσκευές πεδίου (I/O, drives, βαλβίδες, κλπ) μέσω μιας σειριακής σύνδεσης υψηλής ταχύτητας. Το μεγαλύτερο μέρος της επικοινωνίας με αυτές τις συσκευές γίνεται με την κυκλικό τρόπο. Οι διαδικασίες που απαιτούνται για αυτές τις επικοινωνίες καθορίζονται από τις βασικές διαδικασίες του PROFIBUS-DP σε συμφωνία με το πρότυπο EN 50170. Εκτός από την εκτέλεση αυτών των κυκλικών διαδικασιών, απαιτούνται διαδικασίες ακυκλικής (ασύγχρονης) επικοινωνίας για έξυπνες συσκευές πεδίου, ώστε να επιτρέπεται η αρχικοποίηση, ο έλεγχος και η διάγνωση λαθών και ο χειρισμός σημάτων συναγερμού.



### **1.4.1 Βασικές Λειτουργίες του PROFIBUS-DP**

Στο PROFIBUS-DP, ο κεντρικός ελεγκτής (κύριος σταθμός) διαβάζει κυκλικά την εισερχόμενη πληροφορία και γράφει την εξερχόμενη πληροφορία στους εξαρτημένους σταθμούς. Ο χρόνος κύκλου του διαύλου πρέπει να είναι μικρότερος από τον χρόνο κύκλου του κεντρικού PLC που για περισσότερες εφαρμογές είναι περίπου 10msec. Εκτός από την κυκλική μετάδοση δεδομένων του χρήστη το PROFIBUS-DP παρέχει ισχυρές λειτουργίες για διαγνώσεις βλαβών και αρχικοποίηση του συστήματος. Η επικοινωνία των δεδομένων παρακολουθείται από λειτουργίες επίβλεψης και στην πλευρά του κύριου αλλά και στην πλευρά του εξαρτημένου σταθμού. Στη συνέχεια αναφέρονται οι βασικές λειτουργίες/ υπηρεσίες του PROFIBUS-DP.

#### **Τεχνολογία Μετάδοσης**

- RS-485, συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων ή οπτικές ίνες
- Ταχύτητες μετάδοσης από 9.6kbit/sec έως 12Mbit/sec.

#### **Προσπέλαση του Μέσου**

- Διαδικασία μεταβίβασης κουπονιού μεταξύ κύριων σταθμών και διαδικασία polling για παθητικές συσκευές
- Δυνατότητα για απλό κύριο σταθμό ή/και πολλαπλούς κύριους σταθμούς
- Κύριες και εξαρτημένες συσκευές, μέγιστος αριθμός συσκευών στο δίκτυο: 126

#### **Επικοινωνία**

- Peer-to-Peer (μετάδοση δεδομένων του χρήστη) ή πολλαπλής εκπομπής (εντολές ελέγχου)
- Κυκλική master<sup>^</sup>slave μετάδοση δεδομένων του χρήστη και ακυκλική master-master επικοινωνία.

#### **Τρόποι λειτουργίας**

- Λειτουργία (Operate): Κυκλική μετάδοση δεδομένων εισόδου και εξόδου
- Καθαρισμός (Clear): Τα δεδομένα εισόδου διαβάζονται, και οι έξοδοι

κρατούνται σε μία κατάσταση ασφάλειας.

- Στάση (Stop): Είναι δυνατή η μετάδοση δεδομένων μόνο μεταξύ κύριων σταθμών

### **Συγχρονισμός**

- Εντολές ελέγχου επιτρέπουν συγχρονισμό μεταξύ των εισόδων και των εξόδων
- Συγχρονισμός (Synch Mode): Οι έξοδοι συγχρονίζονται
- Αναμονή (Freeze Mode): Οι εισοδοι συγχρονίζονται

### **Λειτουργικότητα**

- Κυκλική επικοινωνία δεδομένων χρήστη μεταξύ κύριων και εξαρτημένων σταθμών
- Δυναμική ενεργοποίηση και απενεργοποίηση ανεξάρτητων εξαρτημένων σταθμών
- Έλεγχος της αρχικοποίησης των εξαρτημένων σταθμών
- Ισχυρές διαγνωστικές λειτουργίες, τρία ιεραρχημένα επίπεδα διαγνωστικών μηνυμάτων
- Συγχρονισμός των εισόδων και/ή των εξόδων
- Ανάθεση διευθύνσεων στους εξαρτημένων σταθμών μέσω του διαύλου
- Αρχικοποίηση του κύριου σταθμού (DPM1) μέσω του διαύλου
- Μέγιστο 244 bytes δεδομένων εισόδου και εξόδου για κάθε εξαρτημένο σταθμό

### **Ασφάλεια και λειτουργίες προστασίας**

- Όλα τα μηνύματα μεταδίδονται με απόσταση Hamming HD=4
- Watchdog χρονομετρητής στον εξαρτημένο σταθμό
- Προστασία προσπέλασης των εισόδων και εξόδων των slaves
- Παρακολούθηση της μετάδοσης των δεδομένων χρήστη με διαμορφούμενο μετρητή παρακολούθησης στον κύριο σταθμό

## **Τύποι συσκευών**

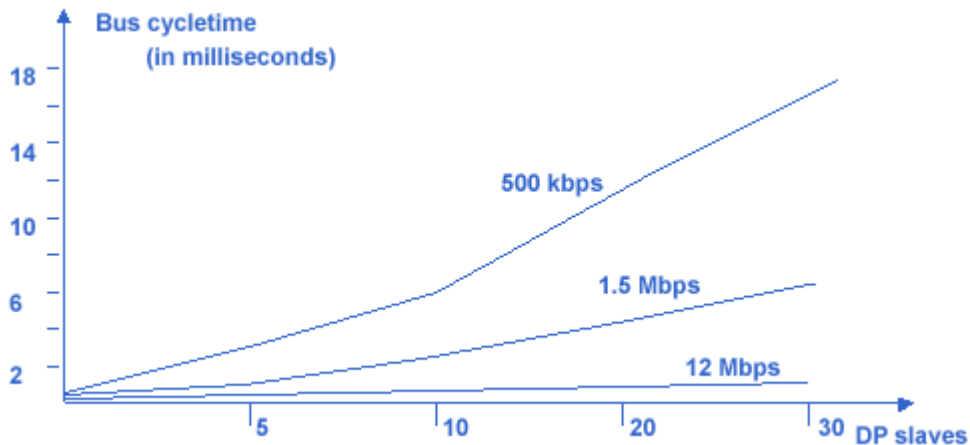
- Κύριος σταθμός τύπου Class-2 DP (DPM2): συσκευές για προγραμματισμό αρχικοποίηση και διάγνωση
- Κύριος σταθμός τύπου Class-1 DP (DPM1): κεντρικοί προγραμματιζόμενοι ελεγκτές όπως PLCs, PCs κλπ
- Εξαρτημένος σταθμός τύπου DP: συσκευή με ψηφιακές ή αναλογικές εισόδους εξόδους, οδηγούς, βαλβίδες κλπ

### **1.4.1.1 Βασικά χαρακτηριστικά**

Η υψηλή απόδοση διακίνησης των δεδομένων δεν αποτελεί, από μόνο του, το μοναδικό κριτήριο για την επιτυχημένη χρησιμοποίηση ενός συστήματος διαύλου. Εξίσου σημαντικά χαρακτηριστικά είναι η απλότητα εγκατάστασης και υποστήριξης, οι καλές διαγνωστικές ικανότητες και η τεχνολογία μετάδοσης που αποκλείει το λάθος (error-free). Το PROFIBUS-DP, σε μεγάλο βαθμό, αντιπροσωπεύει τον βέλτιστο συνδυασμό αυτών των χαρακτηριστικών.

### **Ταχύτητα**

Το PROFIBUS-DP απαιτεί μονάχα περίπου 1msec στην ταχύτητα των 12Mbit/sec για την μετάδοση 512 bits δεδομένων εισόδου και 512 bits δεδομένων εξόδου σε 32 σταθμούς. Το επόμενο σχήμα δείχνει τον τυπικό χρόνο μετάδοσης του PROFIBUS-DP σε συνάρτηση με τον αριθμό των σταθμών και την ταχύτητα της μετάδοσης. Η σημαντική αύξηση της ταχύτητας σε σύγκριση με το PROFIBUS-FMS προκύπτει κυρίως από την χρήση της υπηρεσίας SRD (Send and Receive Data service) του επιπέδου 2 για μετάδοση των δεδομένων εισόδου και εξόδου σε ένα μόνο κύκλο μηνύματος.



**Σχ. 7 Κύκλος χρόνου ενός mono-master PROFIBUS-DP συστήματος**  
**Συνθήκες μέτρησης: Κάθε slave έχει 2 bytes δεδομένων εισόδου και 2 bytes δεδομένων εξόδου.**

**Ο ελάχιστος χρόνος διαλείμματος (min slave interval time) είναι 200 μεβα**

$$\text{TSDI} = 37 \text{ bit times} \quad \text{TSDR} = 11 \text{ bit times}$$

### Διαγνωστικές λειτουργίες

Οι επεκτεταμένες διαγνωστικές λειτουργίες του PROFIBUS-DP ενεργοποιούν τον ταχύ εντοπισμό των βλαβών. Τα διαγνωστικά μηνύματα μεταδίδονται στον δίαυλο και συλλέγονται από τον κύριο σταθμό. Αυτά τα μηνύματα χωρίζονται σε τρία επίπεδα:

- Διαγνωστικά μηνύματα σχετικά με τον σταθμό (station-related diagnostics): Αυτά τα μηνύματα αφορούν την γενική κατάσταση λειτουργίας ολόκληρης της συσκευής (πχ υπερθέρμανση ή χαμηλή τάση).
- Διαγνωστικά μηνύματα σχετικά με την μονάδα μιας συσκευής αποτελούμενης από πολλές μονάδες (module-related diagnostics)

Αυτά τα μηνύματα υποδεικνύουν ότι κάποια βλάβη παρουσιάστηκε σε μία συγκεκριμένη περιοχή E/E (πχ. σε μία 8-bit μονάδα εξόδου) ενός σταθμού

- Διαγνωστικά μηνύματα σχετικά με το κανάλι

Αυτά τα μηνύματα υποδεικνύουν ένα λάθος σε ένα μεμονωμένο I/O bit (βραχυκύκλωμα στο bit εξόδου 7)

#### **1.4.1.2 Διαμόρφωση συστήματος και τύποι συσκευών**

Το PROFIBUS-DP επιτρέπει την υλοποίηση συστημάτων με ένα απλό κύριο σταθμό ή πολλαπλούς κύριους σταθμούς. Έτσι παρέχεται ένας μεγάλος βαθμός ευελιξίας κατά την αρχικοποίηση και διαμόρφωση του συστήματος. Μπορούν να συνδεθούν μέχρι 126 συσκευές (κύριοι ή δευτερεύοντες σταθμοί) σε ένα μόνο δίαυλο. Η περιγραφή της διαμόρφωσης του συστήματος αποτελείται από τον αριθμό των σταθμών, την ανάθεση των διευθύνσεων στους σταθμούς και των διευθύνσεων στις E/E, στην διαμόρφωση των δεδομένων των E/E, στην διαμόρφωση των διαγνωστικών μηνυμάτων και των παραμέτρων που θα χρησιμοποιηθούν στον δίαυλο. Κάθε σύστημα PROFIBUS-DP μπορεί να περιέχει τρεις διαφορετικούς τύπους συσκευών:

##### **DP Master Class 1(DPM1)**

Αυτή η συσκευή είναι ένας κεντρικός ελεγκτής που ανταλλάσσει πληροφορία με αποκεντρωμένους εξαρτημένους σταθμούς μέσα σε ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Προγραμματιζόμενοι ελεγκτές (PLCs) και PC ή VME συστήματα αποτελούν τυπικές συσκευές αυτού του τύπου.

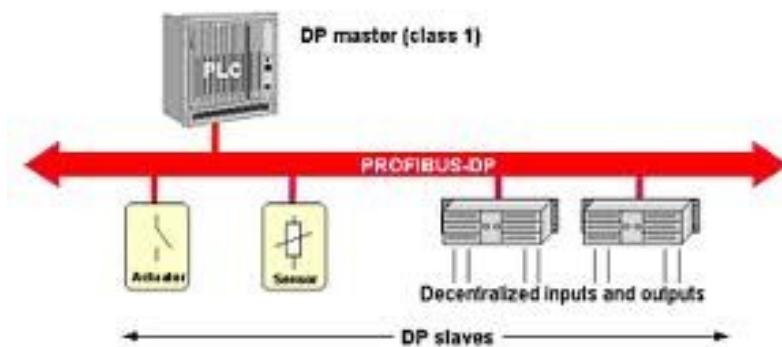
##### **DP Master Class 2 (DPM2)**

Οι συσκευές αυτής της κατηγορίας είναι προγραμματιστές, συσκευές διαμόρφωσης και αρχικοποίησης ή κονσόλες χειριστή. Χρησιμοποιούνται κατά την εγκατάσταση του συστήματος για αρχικοποίηση και διαμόρφωση αυτού, ή για σκοπούς παρακολούθησης της λειτουργίας του.

##### **DP Slave**

Μια συσκευή DP slave είναι μια περιφερειακή συσκευή (I/O, οδηγός, HMI, βαλβίδες κλπ) που συλλέγει πληροφορία εισόδου και στέλνει πληροφορία εξόδου στον ελεγκτή. Υπάρχουν επίσης συσκευές που παρέχουν μόνο δεδομένα εισόδου ή μόνο δεδομένα εξόδου.

Ο όγκος της πληροφορίας εισόδου και εξόδου εξαρτάται από τον τύπο της συσκευής. Επιτρέπεται ένα μέγιστο 244 bytes για πληροφορία εισόδου και 244 bytes για πληροφορία εξόδου.



**Σχ. 8 Σύστημα PROFIBUS-DP με χρήση ενός μόνο κύριου σταθμού (mono-master system)**

Στα συστήματα απλού κύριου σταθμού (mono-master) υπάρχει μόνο ένας κύριος σταθμός στο δίαυλο κατά την διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος. Το προηγούμενο σχήμα δείχνει την διαμόρφωση ενός τέτοιου συστήματος. Ο προγραμματιζόμενος ελεγκτής είναι το κεντρικό στοιχείο ελέγχου. Οι διανεμημένες συσκευές DP-slaves συνδέονται μέσω του διαύλου στον κύριο σταθμό. Τα συστήματα ενός μόνο κύριου σταθμού επιτυγχάνουν τον μικρότερο κύκλο χρόνου του διαύλου (bus cycle time)

Στα συστήματα πολλαπλών κύριων σταθμών πολλοί κύριοι σταθμοί συνδέονται στον δίαυλο. Αυτές οι συσκευές είναι είτε ανεξάρτητα υποσυστήματα το καθένα από τα οποία αποτελείται από ένα κύριο (DPM1) και τους ανατιθέμενους σε αυτόν εξαρτημένους σταθμούς, είτε επιπρόσθετες συσκευές διαμόρφωσης και διάγνωσης. Η απεικόνιση των δεδομένων εισόδου και εξόδου μπορούν να διαβαστούν από όλους τους DP κύριους σταθμούς. Ωστόσο, μόνο ένας DP κύριος (ο DPM1 στον οποίο έχει γίνει η ανάθεση κατά την αρχικοποίηση) μπορεί να έχει πρόσβαση εγγραφής στα δεδομένα εξόδου. Τα συστήματα πολλαπλών κύριων παράγουν ένα μεγαλύτερο κύκλο χρόνου του διαύλου από ότι τα συστήματα με έναν μόνο κύριο σταθμό.

### 1.4.1.3 Συμπεριφορά του συστήματος

Η προδιαγραφή του PROFIBUS-DP περιέχει μια λεπτομερή περιγραφή της συμπεριφοράς του συστήματος για να εξασφαλίσει την ανταλλαξιμότητα των συσκευών. Η συμπεριφορά του συστήματος καθορίζεται αρχικά από την κατάσταση λειτουργίας του DPM1. Ο DPM1 μπορεί να ελέγχεται είτε τοπικά είτε μέσω του διαύλου από μια συσκευή διαμόρφωσης . Υπάρχουν τρεις βασικές καταστάσεις:

- STOP

Σε αυτή την κατάσταση δεν υπάρχει μετάδοση δεδομένων μεταξύ του DPM1 και των DP εξαρτημένων σταθμών

- CLEAR

Σε αυτή την κατάσταση ο DPM1 διαβάζει την πληροφορία εισόδου των DP εξαρτημένων σταθμών και κρατάει τις εξόδους σε μια ασφαλή κατάσταση.

- OPERATE

Σε αυτή την κατάσταση ο DPM1 βρίσκεται στην φάση μετάδοσης δεδομένων. Σε ένα μόνο κύκλο διαβάζονται τα δεδομένα εισόδου του εξαρτημένου και γράφονται σε αυτόν τα δεδομένα εξόδου.

Ο DPM1 στέλνει κυκλικά την κατάσταση του (status) σε όλους τους DP slaves που του έχουν ανατεθεί με χρήση εντολών πολλαπλής εκπομπής σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα.

Η αντίδραση του συστήματος σε ένα λάθος κατά την διάρκεια της φάσης μετάδοσης του DPM1 (πχ βλάβη σε έναν DP εξαρτημένο σταθμό) καθορίζεται από την παράμετρο διαμόρφωσης με την ονομασία '**auto clear**'. Αν η τιμή αυτής της λογικής παραμέτρου είναι TRUE τότε ο DPM1 τοποθετεί τις εξόδους όλων των εξαρτημένων σταθμών που του έχουν ανατεθεί σε μια κατάσταση ασφαλείας στην περίπτωση όπου ένας εξαρτημένος σταθμός δεν είναι πια έτοιμος για μετάδοση δεδομένων. Ακολούθως ο DPM1 αλλάζει την κατάσταση λειτουργίας του σε CLEAR. Αν η τιμή της παραμέτρου είναι FALSE ο DPM1 παραμένει σε κατάσταση λειτουργίας (OPERATE) ακόμα και στην περίπτωση

βλάβης ενός σταθμού και ο χρήστης είναι αυτός που καθορίζει την αντίδραση του συστήματος στο λάθος.

#### **1.4.1.4 Κυκλική μετάδοση δεδομένων μεταξύ DPM1 και εξαρτημένων DP συσκευών**

Η μετάδοση των δεδομένων μεταξύ του DPM1 και των DP εξαρτημένων συσκευών που του έχουν ανατεθεί, εκτελείται αυτόματα από τον DPM1 σε μια καθορισμένη επαναλαμβανόμενη σειρά. Κατά την αρχικοποίηση του συστήματος ο χρήστης καθορίζει την ανάθεση ενός DP εξαρτημένου στον DPM1 καθώς και το ποιοι εξαρτημένοι θα περιληφθούν ή θα εξαιρεθούν της κυκλικής μετάδοσης δεδομένων.

Η μετάδοση των δεδομένων μεταξύ του DPM1 και των DP εξαρτημένων σταθμών χωρίζεται σε τρεις φάσεις.

- παραμετροποίηση
- διαμόρφωση
- μετάδοση δεδομένων

Κατά την παραμετροποίηση και την διαμόρφωση κάθε ο DP εξαρτημένος σταθμός συγκρίνει την υπάρχουσα (πραγματική) διαμόρφωση του και την αναμενόμενη διαμόρφωση που έχει διαμορφωθεί στον DPM1. Μόνο όταν η υπάρχουσα και επιθυμητή διαμόρφωση συμπίπτουν, ο εν λόγω σταθμός (συσκευή) θα συμπεριληφθεί στην φάση μετάδοσης δεδομένων. Έτσι ο τύπος της συσκευής, το μήκος και το είδος της πληροφορίας καθώς και ο αριθμός των εισόδων και των εξόδων πρέπει να ανταποκρίνεται στην πραγματική διαμόρφωση. Αυτοί οι έλεγχοι παρέχουν στον χρήστη με επαρκή ασφάλεια εναντίων των λαθών παραμετροποίησης. Εκτός από την μετάδοση των δεδομένων του χρήστη που εκτελείται αυτόματα από τον DPM1, μπορούν να σταλούν καινούργια δεδομένα παραμετροποίησης στον εξαρτημένο σταθμό μετά από αίτηση του χρήστη.



#### 1.4.1.5 Κυκλική μετάδοση δεδομένων μεταξύ DPM1 και των συσκευών διαμόρφωσης

Επιπροσθέτως των λειτουργιών κύριου - εξαρτημένου σταθμού, είναι διαθέσιμες και λειτουργίες επικοινωνίας κύριου - κύριου σταθμού, όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα. Αυτές οι λειτουργίες δίνουν την δυνατότητα στις συσκευές αρχικοποίησης, διαμόρφωσης και διάγνωσης να αλλάζουν τις παραμέτρους του συστήματος μέσω του διαύλου.

Εκτός από τις συναρτήσεις Upload και Download, η επικοινωνία κυρίου - κυρίου επιτρέπει την δυναμική ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση της επικοινωνίας δεδομένων του χρήστη μεταξύ του DPM1 και μεμονωμένων εξαρτημένων συσκευών. Μπορεί επίσης να αλλάξει και η κατάσταση λειτουργίας του DPM1.

**Πιν.8. Σύνοψη των λειτουργιών master-master στο DP**

Function	Σημαίνει	Τύπος*
<b>Get_Master_Diag</b>	Διάβασε τα δεδομένα διάγνωσης από τον DPM1 ή μια περίληψη της διάγνωσης όλων των εξαρτημένων.	M 0
<b>Download/Upload Group</b>	Download / Upload όλα τα δεδομένα αρχικοποίησης του DPM1 και των ανατιθέμενων σε αυτόν DP εξαρτημένων.	O O
<b>(Start_Seq, Download/Upload, End_Seq)</b>	Ενεργοποιεί τις παραμέτρους του διαύλου ταυτόχρονα για όλες τις DPM1 συσκευές στις οποίες απευθύνεται.	O O
<b>Act_Param</b>	Ενεργοποιεί παραμέτρους ή αλλάζει την κατάσταση λειτουργίας του DPM1 στον οποίο απευθύνεται	O O

\*M = Υποχρεωτικό, O = Προαιρετικό

#### **1.4.1.6 Καταστάσεις Synch και Freeze**

Εκτός από την μετάδοση δεδομένων του χρήστη η οποία εκτελείται αυτόματα από τον DPM1 και είναι εξαρτώμενη από τον σταθμό, ο κύριος μπορεί να στείλει εντολές ελέγχου σε έναν μόνο εξαρτημένο ή σε ομάδα ή σε όλους τους εξαρτημένους ταυτόχρονα. Αυτές οι εντολές ελέγχου μεταδίδονται σαν Multicast εντολές. Επιτρέπουν την χρήση των καταστάσεων sync και freeze (συγχρονισμού και αναμονής), έτσι ώστε να είναι επιτρεπτός ο συγχρονισμός των DP εξαρτημένων σταθμών μέσω γεγονότων (event controlled synchronization).

Οι εξαρτημένοι σταθμοί αρχίζουν την κατάσταση συγχρονισμού όταν λάβουν μια εντολή sync από τον κύριο τους. Τότε οι έξοδοι των εξαρτημένων παγώνουν στην τρέχουσα κατάσταση. Η μετάδοση δεδομένων συνεχίζεται προς τους εξαρτημένους, οι έξοδοι τους όμως δεν αλλάζουν. Τα αποθηκευμένα δεδομένα εξόδου δεν στέλνονται στις εξόδους μέχρι να ληφθεί η επόμενη εντολή sync. Η κατάσταση sync αναιρείται από την εντολή unshc.

Παρόμοια, μια εντολή freeze κάνει τους εξαρτημένους να εισέλθουν στην κατάσταση freeze. Σε αυτή την κατάσταση λειτουργίας η κατάσταση των εισόδων παγώνει στις υπάρχουσες τιμές. Τα δεδομένα εισόδου δεν ενημερώνονται μέχρι ο κύριος να στείλει την επόμενη freeze εντολή. Η κατάσταση λειτουργίας freeze αναιρείται με την εντολή unfreeze.

#### **1.4.1.7 Μηχανισμοί Προστασίας**

Λόγοι ασφάλειας και αξιοπιστίας επιβάλλουν στο να παρέχεται η έκδοση DP με αποτελεσματικές λειτουργίες προστασίας κατά των λαθών κατά την διάρκεια της παραμετροποίησης του συστήματος ή βλαβών των μηχανισμών μετάδοσης. Οι DP κύριοι και εξαρτημένοι σταθμοί παρακολουθούνται ανά τακτά χρονικά διαστήματα για την καλή τους λειτουργία. Το χρονικό αυτό διάστημα ορίζεται κατά την διάρκεια της αρχικοποίησης του συστήματος.

### **Στον DP κύριο σταθμό:**

Κάθε εξαρτημένος σταθμός παρακολουθείται από τον κύριο με την χρήση του Data\_Control\_Timer (μετρητής ελέγχου δεδομένων). Χρησιμοποιείται ένας ξεχωριστός χρονιστής για κάθε ξεχωριστό εξαρτημένο σταθμό. Ο μετρητής λήγει όταν δεν θα διαπιστωθεί σωστή μετάδοση δεδομένων μέσα στο προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Ο χρήστης ενημερώνεται για το πότε συμβαίνει αυτό. Αν έχει ενεργοποιηθεί η αυτόματη αντίδραση σε λάθος (παράμετρος AutoClear = TRUE) τότε ο DPM1 βγαίνει από την κατάσταση λειτουργίας (Operate state), θέτει τις εξόδους όλων των ανατιθέμενων σε αυτόν εξαρτημένων σταθμών σε μια ασφαλή κατάσταση και μετά επιστρέφει στην κατάσταση Clear.

### **Στον DP εξαρτημένο σταθμό:**

Ο εξαρτημένος σταθμός χρησιμοποιεί ένα σύστημα αυτοελέγχου (watchdog) για να εντοπίσει αποτυχίες του master στην γραμμή μετάδοσης. Αν δεν υπάρξει μετάδοση δεδομένων με τον κύριο μέσα σε ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα (που καθορίζεται από το watchdog μέσω παραμέτρων), τότε αυτόματα θέτει τις εξόδους του σε μια ασφαλή κατάσταση.

Επιπροσθέτως, χρειάζεται προστασία στην προσπέλαση των εισόδων ή εξόδων των slaves όταν αυτοί λειτουργούν σε συστήματα πολλαπλών κυρίων σταθμών. Αυτό εξασφαλίζει ότι μπορεί να γίνει απευθείας προσπέλαση μόνο από τον εξουσιοδοτημένο κύριο σταθμό. Για όλους τους υπόλοιπους οι εξαρτημένοι σταθμοί προσφέρουν μια απεικόνιση (εικόνα) των δεδομένων εισόδων και εξόδων τους η οποία μπορεί να διαβαστεί από όλους τους κύριους, ακόμα και αν δεν έχουν δικαιώματα προσπέλασης.

### **1.4.2 Επεκτεταμένες Λειτουργίες του DP**

Οι επεκτεταμένες λειτουργίες του DP επιτρέπουν ακυκλική επικοινωνία (ανάγνωση και εγγραφή) καθώς και επιβεβαίωση διακοπών παράλληλα με την κυκλική επικοινωνία. Επίσης οι παράμετροι και οι τιμές μέτρησης των εξαρτημένων σταθμών μπορούν να προσπελασθούν με χρήση ακυκλικής επικοινωνίας από τους σταθμούς ελέγχου διάγνωσης και λειτουργίας, (class-2 master, DPM2). Με αυτές τις επεκτεταμένες λειτουργίες το PROFIBUS-DP

ικανοποιεί τις απαιτήσεις σύνθετων συσκευών που συχνά πρέπει να παραμετροποιούνται κατά την διάρκεια της λειτουργίας τους. Τυπικά παραδείγματα περιλαμβάνουν συσκευές πεδίου που χρησιμοποιούνται στον αυτόματο έλεγχο, έξυπνους ελεγκτές λειτουργίας και διάγνωσης, και μετατροπείς συχνότητας. Σε σύγκριση με τις τιμές μέτρησης που λαμβάνονται με την κυκλική μετάδοση, αυτές οι παράμετροι σπάνια αλλάζουν. Για αυτό τον λόγο η μετάδοση γίνεται με χαμηλότερη προτεραιότητα παράλληλα στην υψηλής ταχύτητας κυκλική μετάδοση δεδομένων ελέγχου.

#### **1.4.2.1 Ελεκτηταμένη επικοινωνία δεδομένων μεταξύ του DPM1 και των DP εξαρτημένων σταθμών**

Οι λειτουργίες ακυκλικής μετάδοσης μεταξύ του DPM1 και των DP slaves εκτελούνται μέσω του πρόσθετου SAP 51. Με μια αλληλουχία λειτουργιών, ο DPM1 εγκαθιστά μια σύνδεση με τον εξαρτημένο σταθμό. Η σύνδεση αυτή καθορίζεται σαν MSAC\_C1. Η ίδρυση της σύνδεσης μοιάζει πολύ με την ίδρυση της σύνδεσης για κυκλική μετάδοση δεδομένων μεταξύ του DPM1 και των εξαρτημένων. Αφού η σύνδεση καθοριστεί επιτυχώς ο DPM1 μπορεί να εκτελέσει κυκλική μετάδοση μέσω της σύνδεσης MSCYC1 και ακυκλική μετάδοση μέσω της σύνδεσης MSAC\_C1.

#### **Ακυκλική λειτουργία εγγραφής και ανάγνωσης με χρήση των DDLM\_Read και DDLM Write**

Αυτές οι συναρτήσεις χρησιμοποιούνται για την προσπέλαση εγγραφής ή ανάγνωσης ενός οποιουδήποτε επιθυμητού μπλοκ δεδομένων στον εξαρτημένο σταθμό. Μετά την μετάδοση μιας αίτησης Read/Write b κύριος στέλνει συνεχώς στον εξαρτημένο SRD μηνύματα μέχρι να λάβει την απάντηση στο DDLM\_Read/Write.

Η διευθυνσιοδότηση των μπλοκ δεδομένων προϋποθέτει ότι οι DP slaves είναι σχεδιασμένοι σε οντότητες (αυτόνομα κομμάτια) ή μπορούν να δομηθούν εσωτερικά σε λογικές μονάδες (modules). Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται επίσης στις βασικές λειτουργίες του DP για την κυκλική μετάδοση όπου κάθε μονάδα έχει έναν σταθερό αριθμό εισόδων και/ή εξόδων που μεταδίδονται σε μια καθορισμένη θέση στο μήνυμα μετάδοσης δεδομένων. Η διευθυνσιοδότηση βασίζεται σε ετικέτες (πχ είσοδος, έξοδος τύποι δεδομένων κλπ). Όλες αυτές οι ετικέτες μαζί φτιάχνουν την διαμόρφωση

(παραμετροποίηση) του εξαρτημένου σταθμού η οποία επίσης ελέγχεται κατά την διάρκεια της αρχικοποίησης του συστήματος από τον DPM1.

Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται και ως βάση για τις καινούργιες ακυκλικές υπηρεσίες. Όλα τα μπλοκ δεδομένων που είναι ενεργοποιημένα για ανάγνωση ή εγγραφή θεωρούνται ότι ανήκουν σε μονάδες. Αυτά τα μπλοκ μπορούν να διευθυνσιοδοτηθούν με την χρήση ενός αριθμού ομάδας (slot number) και ενός δείκτη περιεχομένων (index). Το slot number διευθυνσιοδοτεί την μονάδα και το index τα μπλοκ που ανήκουν σε αυτή. Κάθε μπλοκ μπορεί να περιέχει μέχρι 256 bytes.

Όταν εμπλέκονται συσκευές - οντότητες (modular) το slot number ανατίθεται στις μονάδες. Ξεκινώντας από το 1 όλες οι μονάδες αριθμούνται σε αύξουσα σειρά. Ο αριθμός 0 (slot = 0) παρέχεται για την ίδια την συσκευή. Πολλαπλές μονάδες σε μία συσκευή αντιμετωπίζονται ως μια συσκευή από λογικές εικονικές μονάδες. Χρησιμοποιείται ο ίδιος τρόπος διευθυνσιοδότησης με χρήση των slot και index.

Με την χρήση του καθορισμένου μήκους στις αίτησης εγγραφής ή ανάγνωσης μπορούν να διαβαστούν ή να εγγραφούν κομμάτια ενός μπλοκ. Αν η προσπέλαση στα δεδομένα του μπλοκ είναι επιτυχής ο DP εξαρτημένος σταθμός απαντάει με μήνυμα που δηλώνει επιτυχή ανάγνωση ή εγγραφή. Αλλιώς στέλνει ένα μήνυμα αποτυχίας στο οποίο καθορίζεται επακριβώς ο λόγος αυτής.

### **Επιβεβαίωση συναγεργμών**

Οι βασικές λειτουργίες του PROFIBUS-DP επιτρέπουν στους εξαρτημένους σταθμούς να στέλνουν αυτόματα πληροφορίες για γεγονότα στον κύριο σταθμό (όταν αυτά συμβούν) με την χρήση ενός διαγνωστικού μηνύματος. Όταν οι τιμές της διάγνωσης είναι αρκετά δυναμική (πολλά διαγνωστικά μηνύματα) είναι απαραίτητο να ρυθμιστεί η ταχύτητα μετάδοσης στην ταχύτητα του PLC. Η καινούργια συνάρτηση DDLM\_Alarm\_Ack παρέχει τον έλεγχο αυτής της ροής μηνυμάτων. Χρησιμοποιείται αποκλειστικά για να επιβεβαιώνει την λήψη μηνυμάτων συναγεργμού από τον DP εξαρτημένο σταθμό.

#### **1.4.2.2 Επεκτεταμένη μετάδοση δεδομένων μεταξύ DPM2 και εξαρτημένων σταθμών**

Οι επεκτάσεις του DP επιτρέπουν σε μια ή περισσότερες συσκευές διάγνωσης ή ελέγχου λειτουργίας (DPM2) να πραγματοποιούν ακυκλικές υπηρεσίες ανάγνωσης ή εγγραφής σε οποιοδήποτε επιθυμητό μπλοκ δεδομένων ενός slave. Η επικοινωνία πραγματοποιείται ως connection-oriented. Η σύνδεση αυτή αποκαλείται MSAC\_C2. Η καινούργια υπηρεσία Jninitate χρησιμοποιείται για την εδραίωση της επικοινωνίας αυτής πριν ξεκινήσει η μετάδοση των δεδομένων. Η επιτυχής εδραίωση της επικοινωνίας επιβεβαιώνεται από τον εξαρτημένο με μια θετική απάντηση (DDLJMninitate.res).

Η σύνδεση μπορεί τώρα να χρησιμοποιηθεί για μετάδοση δεδομένων με χρήση των υπηρεσιών DDLM\_Read και DDLM\_Write. Κατά την διάρκεια της μετάδοσης μπορούν να υπάρξουν διαστήματα διακοπών χωρίς χρονικό περιορισμό. Αν θεωρηθεί αναγκαίο ο κύριος αυτόματα εισάγει μηνύματα παρακολούθησης (Idle\_PDUs) κατά την διάρκεια αυτών των διακοπών. Αυτό παρέχει στην σύνδεση MSAC\_C2 αυτόματη παρακολούθηση του χρόνου διάρκειας της και έλεγχο αυτής. Το διάστημα του χρόνου κατά το οποίο θα στέλνονται αυτά τα μηνύματα καθορίζεται με την υπηρεσία DDLJMninitate κατά την διάρκεια αρχικοποίησης της σύνδεσης. Αν παρατηρηθεί λάθος κατά την επικοινωνία αυτή αυτόματα τερματίζεται και από την μεριά του κύριου και από την μεριά του εξαρτημένου. Η σύνδεση μπορεί να εδραιωθεί από την αρχή ή να χρησιμοποιηθεί από άλλο συμμετοχο. Για τις συνδέσεις αυτές δεσμεύονται τα SAPs 40 έως 80 στον slave και το SAP 50 στον DPM2.

#### **1.4.3 Τα Αρχεία Δεδομένων Συσκευών**

Οι συσκευές του PROFIBUS έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά απόδοσης. Οι ιδιότητες τους διαφέρουν αναφορικά με την διαθέσιμη λειτουργικότητα, (πχ αριθμός των σημάτων E/E και των διαγνωστικών μηνυμάτων) ή ακόμα και οι παράμετροι λειτουργίας τους (παράμετροι διαύλου όπως συχνότητα μετάδοσης, χρόνος παρακολούθησης κλπ). Αυτές οι παράμετροι ισχύουν αποκλειστικά για την κάθε συσκευή και τον κατασκευαστή της, και συνήθως αναφέρονται στο εγχειρίδιο χρήσης της συσκευής. Για να επιτευχθεί απλή διαμόρφωση του PROFIBUS τύπου Plug-and-

Play, οι χαρακτηριστικές αυτές ιδιότητες της κάθε συσκευής καθορίζονται με ηλεκτρονική μορφή σε ένα αρχείο που καλείται βάση δεδομένων συσκευής (Devise Database File, GSD). Τα αρχεία GSD είναι βασισμένα σε ένα πρότυπο και επεκτείνουν την επικοινωνία σε ανοιχτό επίπεδο μέχρι το επίπεδο ελέγχου της λειτουργίας. Η χρήση εργαλείων βασισμένων στα αρχεία GSD κάνει εφικτή την υλοποίηση συστημάτων με συσκευές από διαφορετικούς κατασκευαστές που συνδέονται τελικά στο ίδιο δίκτυο.

Τα GSD αρχεία παρέχουν μια καθαρή και ευκολονόητη περιγραφή των χαρακτηριστικών μιας συσκευής σε μία επακριβώς προκαθορισμένη μορφή. Κατασκευάζονται μεμονωμένα από τον κατασκευαστή της κάθε συσκευής και διατίθενται στον χρήστη με την μορφή ενός φύλλου παραμέτρων και ενός αρχείου που περιέχει αυτές σε ηλεκτρονική μορφή. Το επακριβώς καθορισμένο πρότυπο στο οποίο βασίζονται αυτά τα αρχεία επιτρέπει στο εργαλείο αρχικοποίησης του συστήματος την απλή ανάγνωση των παραμέτρων οποιασδήποτε PROFIBUS-DP συσκευής και την αυτόματη χρήση αυτής της πληροφορίας για την εξαγωγή των παραμέτρων που θα αρχικοποιήσουν το σύστημα. Με αυτόν τον τρόπο κερδίζεται ο χρόνος που θα χρειαζόταν η εξαγωγή και συνδυασμός όλων των παραμέτρων των διαφορετικών συσκευών του συστήματος από τα εγχειρίδια χρήσης. Κατά την διάρκεια της αρχικοποίησης του συστήματος το εργαλείο αρχικοποίησης αυτόματα εκτελεί ελέγχους για λάθη στις εισόδους και την αξιοπιστία των δεδομένων που εισέρχονται σε συνδυασμό με το ολικό σύστημα.

Τα αρχεία GSD χωρίζονται σε τρία μέρη:

- Γενικές προδιαγραφές

Αυτή η ενότητα περιέχει τα ονόματα των κατασκευαστών και των συσκευών, τις εκδόσεις του λογισμικού και υλικού, τις ταχύτητες μετάδοσης που υποστηρίζονται, τους πιθανούς χρόνους κατά τους οποίους γίνεται η παρακολούθηση, και την ανάθεση των σημάτων στην πρίζα του δικτύου.

- Προδιαγραφές σχετικά με τον DP κύριο σταθμό

Αυτή η ενότητα περιέχει όλες τις παραμέτρους που εφαρμόζονται στους κύριους

σταθμούς (πχ. τον μέγιστο αριθμό εξαρτημένων που μπορούν να συνδεθούν ή τις δυνατότητες για download/upload). Η ενότητα αυτή δεν υπάρχει για τις εξαρτημένες συσκευές.

- Προδιαγραφές σχετικά με τους DP εξαρτημένους σταθμούς

Η ενότητα αυτή περιέχει όλα τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τους εξαρτημένους σταθμούς (πχ. τον αριθμό και τον τύπο των εισόδων/εξόδων, τους διαγνωστικούς ελέγχους και πληροφορίες για την αλληλουχία των δεδομένων).

Στις μεμονωμένες ενότητες οι παράμετροι χωρίζονται και καθορίζονται με λέξεις κλειδιά. Γίνεται ένας διαχωρισμός μεταξύ των υποχρεωτικών παραμέτρων (πχ. το όνομα του κατασκευαστή, VendorName) και των προαιρετικών (πχ. Sync\_Mode\_supported). Ο καθορισμός διαφόρων ομάδων παραμέτρων κάνει εύκολη την επιλογή των διαθέσιμων επιλογών. Επίσης μπορούν να εισαχθούν αρχεία εικόνων (bmp) με τα σύμβολα των συσκευών. Το πρότυπο των αρχείων GSD έχει σχεδιαστεί για βελτίωση της ευελιξίας. Περιέχει τόσο λίστες (πχ. οι ταχύτητες μετάδοσης που υποστηρίζονται από την συσκευή) όσο και χώρο για να περιγραφεί η μονάδα που είναι διαθέσιμη σε μια συσκευή που αποτελείται από πολλές μονάδες. Επίσης μπορεί να ανατεθεί απλό κείμενο στα διαγνωστικά μηνύματα.

#### **1.4.3.1 Αριθμός Αναγνώρισης**

Κάθε τύπος DP εξαρτημένος και κάθε κύριος class 1 DP πρέπει να έχει έναν καθορισμένο αριθμό ταυτότητας ή αναγνώρισης (Ident Number). Οι κύριοι απαιτούν αυτόν τον αριθμό για να ενεργοποιηθούν ώστε να αναγνωρίζουν τους τύπους των συσκευών που συνδέονται σε αυτούς χωρίς να δημιουργούν υπερφόρτωση στο δίκτυο. Ο κύριος συγκρίνει τον αριθμό ταυτότητας της συσκευής με αυτόν που του έχει ανατεθεί από το διαγνωστικό εργαλείο κατά την διάρκεια της αρχικοποίησης. Η μετάδοση των δεδομένων δεν ξεκινάει μέχρι να συνδεθούν οι σωστές συσκευές με τις σωστές διευθύνσεις στο δίκτυο. Έτσι παρέχεται ένας μεγάλος βαθμός ασφάλειας ενάντια στα λάθη της αρχικοποίησης.

Οι κατασκευαστές πρέπει να κάνουν αίτηση για να αποκτήσουν ident number οι συσκευές που φτιάχνουν είτε είναι εξαρτημένοι ή κύριοι class-1. Ο οργανισμός PROFIBUS User Organization συντονίζει και μοιράζει αυτούς τους αριθμούς.



## 1.5. PROFIBUS-PA

Το PROFIBUS-PA είναι η λύση που προτείνει το PROFIBUS για τον έλεγχο αυτοματοποίησης διαδικασιών. Το PA συνδέει συστήματα αυτοματισμού και ελέγχου με τις συσκευές πεδίου όπως μετρητές πίεσης, θερμοκρασίας και στάθμης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν υποκατάστατο της τεχνολογίας 4-20mA. Προσφέρει οικονομία περισσότερο από 40% του κόστους σχεδίασης, καλωδίωσης, προσφοράς και συντήρησης και επίσης προσφέρει μια σημαντική βελτίωση στην λειτουργικότητα και την ασφάλεια.

Οι καλωδιώσεις από το πεδίο στον πολυπλέκτη του πεδίου παραμένουν σχεδόν οι ίδιες. Όμως αν τα σημεία μετρήσεως είναι απλωμένα σε μεγάλη έκταση, το PROFIBUS-PA απαιτεί λιγότερες καλωδιώσεις. Με την χρήση της συμβατικής μεθόδου κάθε μεμονωμένη γραμμή σήματος πρέπει να συνδεθεί στην μονάδα I/O του συστήματος.

Επίσης, απαιτείται σε κάθε συσκευή ένα ξεχωριστό καλώδιο τροφοδοσίας (ενώ επιπρόσθετα μπορεί να χρειαστεί ειδικό καλώδιο τροφοδοσίας σε περιοχές με αυξημένο τον κίνδυνο έκρηξης). Αντίθετα, όταν χρησιμοποιείται το PROFIBUS-PA χρειάζεται μόνο ένα ζεύγος καλωδίων για να μεταδοθεί όλη η πληροφορία αλλά και η τροφοδοσία από και στις συσκευές. Αυτό δεν ελαχιστοποιεί μόνο το κόστος καλωδίωσης αλλά μικραίνει και τον αριθμό των απαραίτητων μονάδων I/O στο σύστημα. Ως εκ τούτου, δεν χρειάζονται πλέον απομονωτές και barriers δεδομένου ότι το δίκτυο τροφοδοτείται με ενδογενή ασφαλή τροφοδοσία λειτουργίας από ένα και μόνο τροφοδοτικό.

Το PROFIBUS-PA επιτρέπει την μέτρηση, τον έλεγχο και την ρύθμιση μέσω ενός απλού ζεύγους καλωδίων. Επίσης, επιτρέπει την τροφοδοσία των συσκευών μέσω του ίδιου καλωδίου που χρησιμοποιείται για την μετάδοση ακόμα και σε περιοχές που απαιτούν απόλυτη ασφάλεια. Το PROFIBUS-PA επιτρέπει την συντήρηση και την σύνδεση / αποσύνδεση των σταθμών κατά την διάρκεια της λειτουργίας χωρίς να επηρεάζεται αυτή ή οι υπόλοιποι σταθμοί ακόμα και σε περιοχές με επικινδυνότητα έκρηξης. Το σύστημα σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε σε στενή συνεργασία με χρήστες στην βιομηχανία διαδικασιών (processing industry) και καλύπτει τις απαιτήσεις αυτού του τύπου της βιομηχανίας, δεδομένου ότι προσφέρει:

- Ειδικά προφίλ εφαρμογών για έλεγχο αυτοματισμών και αντικαταστασιμότητα των συσκευών πεδίου που προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές.
- Προσθαφαίρεση σταθμών ακόμα και σε περιοχές υψίστης ασφαλείας χωρίς τον επηρεασμό των υπολοίπων συσκευών ή του συστήματος.
- Διαφανής επικοινωνία μέσω συνδεδετών τομέων (segment couplers) μεταξύ του PROFIBUS-PA και του PROFIBUS-DP.
- Απομακρυσμένη τροφοδοσία και μεταφορά δεδομένων πάνω στο ίδιο καλώδιο βασισμένη στο πρότυπο I EC 1158-2
- Χρήση σε περιοχές όπου ελλοχεύει ο κίνδυνος έκρηξης και χαρακτηρίζονται ως «intrinsically safe» ή «not intrinsically safe».

Τα πρώτα συστήματα παραγωγής που χρησιμοποιούν το PROFIBUS-PA υλοποιήθηκαν επιτυχώς στο τέλος του 1996.

### **1.5.1 Το Πρωτόκολλο μετάδοσης του PROFIBUS-PA**

Το PROFIBUS-PA χρησιμοποιεί τις βασικές υπηρεσίες του PROFIBUS-DP για την μετάδοση μετρήσεων και καταστάσεων, και τις εκτεταμένες υπηρεσίες του PROFIBUS-DP για την παραμετροποίηση και λειτουργία των συσκευών του πεδίου.

Για την μετάδοση χρησιμοποιείται καλώδιο ενός ζεύγους που περιγράφεται από το πρότυπο I EC 1158-2. Η διασύνδεση μεταξύ του πρωτοκόλλου προσπέλασης μέσου (επίπεδο 2) του PROFIBUS και της τεχνολογίας του IEC 1158-2 (επίπεδο 1) περιγράφεται στο πρότυπο EN 50 170 - Amendment 2.

Τα πακέτα μηνυμάτων εφοδιάζονται με πεδία αρχής και τέλους για την μετάδοση στο τμήμα IEC 1158-2, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.

### **1.5.2 Προφίλ συσκευών μετάδοσης για το PROFIBUS-PA**

Το προφίλ (PA profile) των συσκευών για το PROFIBUS-PA εξασφαλίζει την ανταλλαξιμότητα και διαλειτουργικότητα συσκευών από διαφορετικούς

κατασκευαστές, αποτελεί ένα εσωτερικό κομμάτι του προτύπου. Το έργο του PA profile είναι να επιλέξει τις επικοινωνιακές υπηρεσίες που βασικά απαιτούνται για τις συσκευές και να παρέχει όλες τις απαραίτητες περιγραφές για αυτές τις συσκευές ή την συμπεριφορά τους.

Το PA profile αποτελείται από γενικές απαιτήσεις που περιέχουν περιγραφές που εφαρμόζονται σε όλες τις συσκευές καθώς και δεδομένα εξαρτώμενα της συσκευής που περιέχουν πληροφορίες για την αρχικοποίηση ή διαμόρφωση αυτής ή την συμπεριφορά της.

Το PA profile χρησιμοποιεί το μοντέλο του Function Block και το οποίο βασίζεται σε διεθνές μελέτες προτυποποίησης. Σήμερα έχουν καθοριστεί φύλλα δεδομένων συσκευών για όλους τους κοινούς μετρητές και άλλες συσκευές όπως :

- Μετρητές πίεσης, στάθμης, θερμοκρασίας και ροής
- Ψηφιακές E/E
- Αναλογικές E/E
- Βαλβίδες κλπ.

Η συμπεριφορά της συσκευής περιγράφεται με τον καθορισμό πρότυπων μεταβλητών που εξαρτώνται από το είδος της συσκευής.

Κάθε συσκευή πρέπει να παρέχει τις παραμέτρους που καθορίζονται στα PROFIBUS-PA profiles, όπως φαίνεται από το επόμενο πίνακα.

**Πιν.9. Παράμετροι του FF τύπου 'analog input' (AI)**

<b>Παράμετρος</b>	<b>Read</b>	<b>Write</b>	<b>Συνάρτηση</b>
OUT	X		Τρέχουσα τιμή μέτρησης της παραμέτρου της διεργασίας και κατάσταση αυτής
PV_SCALE	X	X	Κλίμακα της παραμέτρου της διεργασίας, των ορίων μέτρησης, κωδικοποίηση των μονάδων και αριθμός δεκαδικών ψηφίων
PV_FTIME	X	X	Χρόνος εμφάνισης του αποτελέσματος της συνάρτησης σε sec
ALARMJHYS	X	X	Υστέρηση των συναρτήσεων συναγερμών ως ποσοστό επί της εκατό των ορίων της μέτρησης
HIJHMJM	X	X	Υψηλότερο όριο συναγερμού: Αν ξεπεραστεί, η κατάσταση των bit alarm και status γίνονται 1
HIJJM	X	X	Ψηλότερο όριο προειδοποίησης: Αν ξεπεραστεί, τα bits warning και status γίνονται 1
LO_LIM	X	X	Κατώτερο όριο προειδοποίησης: Αν ξεπεραστεί ( προς τα κάτω), τα bits warning και status γίνονται 1
LO_LOJ_IM	X	X	Κατώτερο όριο συναγερμού : Αν ξεπεραστεί, (προς τα κάτω) τα bits alarm και status γίνονται 1
HI_HI_ALM	X		Κατάσταση του υψηλότερου ορίου συναγερμού με σφραγίδα χρόνου
HI_ALM	X		Κατάσταση του υψηλότερου ορίου προειδοποίησης με σφραγίδα χρόνου
LO_ALM	X		Κατάσταση του χαμηλότερου ορίου προειδοποίησης με σφραγίδα χρόνου
LO_LO_ALM	X		Κατάσταση του χαμηλότερου ορίου συναγερμού με σφραγίδα χρόνου

## 1.6. PROFIBUS-FMS

Το PROFIBUS-FMS σχεδιάστηκε για επικοινωνίες κυρίως στο επίπεδο στοιχείων (cell level). Σε αυτό το επίπεδο οι προγραμματιζόμενοι ελεγκτές (PLCs, PCs) επικοινωνούν κυρίως μεταξύ τους. Σε αυτή την περιοχή εφαρμογής είναι σπουδαιότερος ένας υψηλός βαθμός λειτουργικότητας αντί της γρήγορης αντίδρασης του συστήματος.

- Μοντέλο αντικειμενοστραφούς client-server
- Υπηρεσίες FMS
  - Δημιουργία και αποσύνδεση λογικών συνδέσεων (Context Management)
  - Εγγραφή και ανάγνωση μεταβλητών (Variable Access)
  - Εγγραφή και ανάγνωση περιοχών μνήμης (Domain Management)
  - Σύνδεση, έναρξη και τερματισμός προγραμμάτων (Program Invocation Management)
  - Μετάδοση μηνυμάτων συμβάντων με υψηλή ή χαμηλή προτεραιότητα (Event Management)
  - Αίτηση καταστάσεως της συσκευής και αναγνώριση αυτής (Support)
  - Υπηρεσίες για διαχείριση της συλλογής αντικειμένων (Management)
- Σχέσεις επικοινωνίας σχετιζόμενες με το δίκτυο πεδίου
  - Συνδέσεις κύριου-κύριου
  - Συνδέσεις κύριου-δευτερεύοντα για κυκλική ή ακυκλική μετάδοσηδεδομένων
  - Συνδέσεις κύριου-δευτερεύοντα για κυκλική ή ακυκλική μετάδοσηδεδομένων με αρχικοποίηση του δευτερεύοντα
  - Σχέσεις επικοινωνίας χωρίς σύνδεση

- Χαρακτηριστικά της σύνδεσης (άνοιγμα, καθορισμός, αρχικοποίηση)
- Peer-to-Peer ή Multicast / Broadcast επικοινωνία
- Αυτόματη παρακολούθηση της σύνδεσης με ρυθμιζόμενο χρόνο παρακολούθησης
- Υπηρεσίες διαχείρισης τοπικού και απομακρυσμένου δικτύου
  - Context Management
  - Fault Management
  - Configuration Management
- Συσκευές κύριες και εξαρτημένες, διαμόρφωση συστημάτων ενός ή πολλαπλών κυρίων
- Μέχρι 240 bytes δεδομένων για κάθε υπηρεσία

### **1.6.1 Επίπεδο Εφαρμογής του PROFIBUS-FMS**

Το επίπεδο εφαρμογής παρέχει τις υπηρεσίες επικοινωνίας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον χρήστη. Αυτές οι υπηρεσίες καθιστούν ικανή την προσπέλαση μεταβλητών, την μετάδοση προγραμμάτων καθώς και τον έλεγχο της λειτουργίας τους και την μετάδοση γεγονότων. Το επίπεδο εφαρμογής του PROFIBUS-FMS αποτελείται από τα εξής τμήματα:

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

### **1.6.2 Επικοινωνιακό Μοντέλο του PROFIBUS-FMS**

Το επικοινωνιακό μοντέλο του PROFIBUS-FMS επιτρέπει σε κατανεμημένες διεργασίες της εφαρμογής να ενοποιηθούν σε μια κοινή διεργασία με την χρήση

σχέσεων επικοινωνίας. Το κομμάτι εκείνο της εφαρμογής που μπορεί να προσπελαστεί μέσω επικοινωνίας ονομάζεται VFD (Virtual Field Device -εικονική συσκευή πεδίου), κατ' αντιστοιχία του VMD μοντέλου της πλήρους MMS αρχιτεκτονικής.

### **1.6.3 Επικοινωνιακά Αντικείμενα επικοινωνίας και Λεξικό Αντικειμένων (OD)**

Όλα τα αντικείμενα επικοινωνίας μιας συσκευής FMS εισέρχονται και υπάρχουν στο τοπικό λεξικό αντικειμένων της συσκευής. Σε απλές συσκευές το λεξικό αντικειμένων μπορεί να είναι προκαθορισμένο. Όταν όμως εμπλέκονται σύνθετες συσκευές, το λεξικό αντικειμένων διαμορφώνεται και τοποθετείται στην συσκευή είτε τοπικά είτε εξ' αποστάσεως. Το λεξικό αντικειμένων περιέχει περιγραφή, δομή και τύπο δεδομένων, όπως επίσης και την σχέση μεταξύ των εσωτερικών διευθύνσεων της συσκευής, των αντικειμένων επικοινωνίας και τον προσδιορισμός τους στο δίαυλο (index/name). Το λεξικό αντικειμένων αποτελείται από τα επόμενα στοιχεία:

- **Επικεφαλίδα**

Περιέχει πληροφορία σχετικά με την δομή του περιεχομένου του αντικειμένου

- **Λίστα με τους στατικούς τύπους δεδομένων**

Περιέχει μια λίστα με τους στατικούς τύπους δεδομένων που υποστηρίζονται

- **Στατικό λεξικό αντικειμένων**

Περιέχει όλα τα στατικά αντικείμενα επικοινωνίας

- **Δυναμική λίστα των δυναμικών λιστών μεταβλητών**

Περιέχει λίστα με όλες τις γνωστές λίστες των μεταβλητών.

- **Δυναμική λίστα προγραμμάτων**

Περιέχει λίστα με όλα τα γνωστά προγράμματα

Τα μεμονωμένα μέρη ενός OD πρέπει να είναι παρόντα μόνο όταν η συσκευή πραγματικά υποστηρίζει αυτές τις υπηρεσίες.

Τα **σταθερά επικοινωνιακά αντικείμενα** (static communication objects) τοποθετούνται στο στατικό λεξικό αντικειμένων (static OD). Μπορούν να είναι προκαθορισμένα από τον κατασκευαστή της συσκευής ή να καθοριστούν κατά την διάρκεια της αρχικοποίησης του συστήματος. Το FMS αναγνωρίζει πέντε τύπους αντικειμένων επικοινωνίας.

- Απλή μεταβλητή (Array)  
Σειρά απλών μεταβλητών του ίδιου τύπου
- Πίνακας (Array)  
Σειρά απλών μεταβλητών διαφορετικών τύπων
- Εγγραφή (Record)  
Σειρά απλών μεταβλητών διαφορετικών τύπων
- Πεδίο (Domain)
- Γεγονός (Event)

Τα **δυναμικά επικοινωνιακά αντικείμενα** τοποθετούνται στο δυναμικό μέρος του λεξικού αντικειμένων. Μπορούν να είναι προκαθορισμένα ή να καθορίζονται, να διαγράφονται ή να αλλάζονται με υπηρεσίες FMS. Το FMS αναγνωρίζει δύο τύπους δυναμικών αντικειμένων επικοινωνίας:

- Κλήσεις Προγραμμάτων (Program Invocation)
- Λίστα μεταβλητών (Variable List)  
Σειρά απλών μεταβλητών, πινάκων ή εγγραφών

Η **λογική διευθυνσιοδότηση** είναι ο προτιμώμενη τρόπος διευθυνσιοδότησης των αντικειμένων επικοινωνίας του FMS. Η προσπέλαση γίνεται με μια μικρή διεύθυνση (index) η οποία είναι ένας αριθμός τύπου Unsign16. Κάθε αντικείμενο έχει μια μοναδική διεύθυνση. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να προσπελάσει τα αντικείμενα με την χρήση ονόματος ή της πραγματικής τους φυσικής διεύθυνσης.

Κάθε αντικείμενο επικοινωνίας μπορεί προαιρετικά να προστατευθεί ενάντια σε παράνομη προσπέλαση (χωρίς εξουσιοδότηση). Η προσπέλαση σε ένα αντικείμενο μπορεί να επιτευχθεί και να επιτραπεί με την χρήση ορισμένου κωδικού ή η προσπέλαση μπορεί να επιτραπεί μονάχα σε μια ορισμένη ομάδα



συσκευών. Ο κωδικός και η ομάδα μπορούν να καθοριστούν στο OD για κάθε αντικείμενο ξεχωριστά. Επίσης μπορεί να περιοριστεί και η πρόσβαση ακόμα και για υπηρεσίες ανάγνωσης μόνο.

#### **1.6.4 Υπηρεσίες του PROFIBUS-FMS**

Οι υπηρεσίες του PROFIBUS-FMS είναι ένα υποσύνολο των υπηρεσιών MMS, το οποίο έχει αναλυθεί στο Κεφ.3 και οι οποίες έχουν βελτιστοποιηθεί για χρήση σε εφαρμογές πεδίου και στις οποίες έχουν προστεθεί υπηρεσίες για διαχείριση επικοινωνιακών αντικειμένων και διαχείριση δικτύου. Η εκτέλεση των υπηρεσιών FMS μέσω του διαύλου περιγράφεται από ακολουθίες υπηρεσιών (service sequences) που αποτελούνται από πολλές αλληλεπιδράσεις που αποκολλούνται πρωτογενείς υπηρεσίες (service primitives). Οι πρωτογενείς αυτές υπηρεσίες περιγράφουν την αλληλεπίδραση μεταξύ αποστολέα και λήπτη.

Υπηρεσίες τύπου unconfirmed-services μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και για σχέσεις επικοινωνίας τύπου connectionless όπως οι broadcast και multicast. Μπορούν να μεταδοθούν είτε με υψηλή είτε με χαμηλή προτεραιότητα. Μια μη επιβεβαιωμένη υπηρεσία μπορεί να απαιτηθεί με μια πρωτογενή υπηρεσία αίτησης. Μετά την μετάδοση στον δίαυλο διανέμεται στην διεργασία εφαρμογής των ληπτών μια πρωτογενής υπηρεσία ένδειξης (indication service primitive). Δεν υπάρχουν πρωτογενείς υπηρεσίες αποδοχής ή απάντησης (confirmation / response service primitives) για τις υπηρεσίες τύπου unconfirmed service.

Οι υπηρεσίες του FMS χωρίζονται στις επόμενες ομάδες:

- **Context Management (διαχείριση περιεχομένου):**

Οι υπηρεσίες αυτές χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση και την απελευθέρωση των λογικών συνδέσεων και για την απόρριψη υπηρεσιών που δεν επιτρέπονται.

- **Variable Access (προσπέλαση μεταβλητών)**

Οι υπηρεσίες αυτές χρησιμοποιούνται για την προσπέλαση απλών μεταβλητών, πινάκων, εγγραφών και λιστών μεταβλητών.

- **Domain Management (διαχείριση πεδίου)**

Οι υπηρεσίες αυτές χρησιμοποιούνται για την μετάδοση μεγάλων περιοχών μνήμης. Τα δεδομένα προς μετάδοση χωρίζονται σε κομμάτια από τον χρήστη.

- **Program Invocation Management (διαχείριση κλήσεων προγραμμάτων)**

Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των προγραμμάτων

- **Event Management (διαχείριση γεγονότων)**

Οι υπηρεσίες αυτές χρησιμοποιούνται για την μετάδοση μηνυμάτων συναγερμών και γεγονότων. Αυτά τα μηνύματα μπορούν να στέλνονται με την χρήση μετάδοσης τύπου broadcast ή multicast.

- **VFD Support (υποστήριξη εικονικών συσκευών πεδίου)**

Οι υπηρεσίες αυτές χρησιμοποιούνται για την πιστοποίηση και τον έλεγχο της κατάστασης. Μπορούν επίσης να αποστέλλονται αυθόρμητα κατά την αίτηση μιας συσκευής ως μηνύματα τύπου broadcast ή multicast.

- **OD Management (διαχείριση λεξικού αντικειμένων)**

Χρησιμοποιούνται για την ανάγνωση ή εγγραφή του λεξικού αντικειμένων

Ο μεγάλος αριθμός των υπηρεσιών εφαρμογής του PROFIBUS-FMS το καθιστά ικανό να υποστηρίξει μια μεγάλη ποικιλία απαιτήσεων σε επικοινωνία που γίνεται από πολλές συσκευές. Μόνο ένας μικρός αριθμός υπηρεσιών είναι υποχρεωτικός. Η επιλογή εξαρτάται από την εφαρμογή και καθορίζεται στα profiles για συγκεκριμένες περιοχές εφαρμογών.

### **1.6.5 Lower Layer Interface (LLI) Διασύνδεση χαμηλότερου επιπέδου**

Ο συσχετισμός του επιπέδου 7 με το επίπεδο 2 ελέγχεται από το LLI. Οι εργασίες περιλαμβάνουν τον έλεγχο ροής και τον έλεγχο παρακολούθησης της σύνδεσης.

Ο χρήστης επικοινωνεί με τις άλλες διεργασίες της εφαρμογής μέσω λογικών καναλιών που καλούνται επικοινωνιακές σχέσεις (communication relationships). Το LLI παρέχει διαφόρους τύπους επικοινωνιακών σχέσεων για την εκτέλεση των υπηρεσιών του FMS και του FMA7. Οι επικοινωνιακές σχέσεις έχουν διαφορετικές δυνατότητες σύνδεσης (πχ. παρακολούθηση, μετάδοση και

αιτήσεις στους συμμετέχοντες στην επικοινωνία).

Οι **επικοινωνιακές σχέσεις τύπου connection-oriented** αντιπροσωπεύουν μια λογική peer-to-peer σύνδεση μεταξύ δύο διεργασιών της εφαρμογής. Η σύνδεση πρέπει πρώτα να εγκατασταθεί με μια υπηρεσία αρχικοποίησης (Initiate service) πριν χρησιμοποιηθεί για την μετάδοση δεδομένων. Μετά την επιτυχή εγκατάσταση της, η σύνδεση προστατεύεται από προσπελάσεις που δεν έχουν εξουσιοδότηση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μετάδοση δεδομένων. Όταν μια εγκατεστημένη σύνδεση δεν είναι αναγκαία μπορεί να απενεργοποιηθεί με την υπηρεσία απενεργοποίησης ή εξόδου (abort service). Το LLI επιτρέπει παρακολούθηση εξαρτώμενη από τον χρόνο μιας σύνδεσης που βασίζεται σε επικοινωνιακές σχέσεις τύπου connection-oriented.

Τα χαρακτηριστικά σύνδεσης "Open" και "Defined" είναι επιπλέον χαρακτηριστικά γνωρίσματα μιας επικοινωνιακής σχέσης τύπου connection-oriented.

Στις **συνδέσεις τύπου "Defined"**, ο συμμετοχος στην σύνδεση καθορίζεται κατά την αρχικοποίηση του συστήματος.

Στις **συνδέσεις τύπου "Open"**, ο συμμετοχος καθορίζεται στην φάση της εγκατάστασης της σύνδεσης.

Οι **επικοινωνιακές σχέσεις τύπου connectionless** επιτρέπουν σε μια συσκευή να επικοινωνεί ταυτόχρονα με πολλούς σταθμούς χρησιμοποιώντας μη επιβεβαιωμένες υπηρεσίες τύπου unconfirmed. Στις επικοινωνιακές σχέσεις τύπου broadcast μια υπηρεσία FMS τύπου unconfirmed αποστέλλεται ταυτόχρονα σε όλους τους άλλους σταθμούς. Στις επικοινωνιακές σχέσεις τύπου multicast μια υπηρεσία FMS τύπου unconfirmed αποστέλλεται ταυτόχρονα σε μια προκαθορισμένη ομάδα σταθμών.

#### **1.6.5.1 Κυκλική και Ακυκλική μετάδοση δεδομένων**

Το FMS επιτρέπει κυκλική και ακυκλική μετάδοση δεδομένων. Κατά την κυκλική μετάδοση μια συγκεκριμένη μεταβλητή διαβάζεται ή γράφεται συνεχώς κατά την διάρκεια μιας σύνδεσης. Το LLI παρέχει μια ευφυή μέθοδο για την

διαχείριση των υπηρεσιών που μειώνει τους χρόνους μετάδοσης σε σύγκριση με την ακυκλική μετάδοση.

Ακυκλική μετάδοση εννοείται ότι διάφορα επικοινωνιακά αντικείμενα προσπελούνται περιοδικά κατά την διάρκεια μιας σύνδεσης μετά από αίτηση της διεργασίας της εφαρμογής.

#### **1.6.5.2 Λίστα επικοινωνιακών σχέσεων επικοινωνίας (CRL)**

Όλες οι σχέσεις επικοινωνίας μιας συσκευής FMS τοποθετούνται στην CRL. Για απλές συσκευές η λίστα είναι προκαθορισμένη από τον κατασκευαστή. Σε σύνθετες συσκευές μπορεί να διαμορφωθεί από τον χρήστη. Κάθε σχέση επικοινωνίας προσπελώνεται από μια τοπική αναφορά (reference) που καλείται επικοινωνιακή αναφορά (communication reference, CREF). Από την πλευρά του διαύλου μια CREF καθορίζεται από την διεύθυνση του σταθμού, το SAP του επιπέδου 2 και τον SAP του LLI. Η CRL περιέχει την σχέση μεταξύ των CREF και των διευθύνσεων LLI και επιπέδου 2. Επίσης οι υπηρεσίες που υποστηρίζονται από το FMS, τα μήκη των πακέτων κλπ καθορίζονται στο CRL για κάθε ένα CREF.

#### **1.6.6 Network Management (Διαχείριση Δικτύου)**

Εκτός από τις υπηρεσίες του FMS είναι διαθέσιμες και υπηρεσίες διαχείρισης δικτύου (Fieldbus Management Layer 7, FMA7). Οι υπηρεσίες του FMA7 είναι προαιρετικές. Επιτρέπουν κεντρική διαμόρφωση του συστήματος και μπορούν να αρχικοποιηθούν είτε τοπικά είτε εξ' αποστάσεως. Ενδεικτικά, οι υπηρεσίες διαχείρισης έχουν ως εξής:

Το **Context Management** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εγκατασταθεί και να καταργηθεί μια σύνδεση τύπου FMA7.

Το **Configuration Management** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσπέλαση των CRLs, μεταβλητών, μετρητών στατιστικών στοιχείων και των παραμέτρων του επιπέδου !4. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση και την εγγραφή (registration) των σταθμών.

Το **Fault Management** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ένδειξη σφαλμάτων, γεγονότων και για να γίνουν reset οι συσκευές.

Η ενοποιημένη προσπέλαση των συσκευών διαμόρφωσης επιτυγχάνεται με την με τον καθορισμό της (management connection). Μία βασική σύνδεση διαχείρισης πρέπει να εισάγεται με CREF=1 στο CRL για κάθε συσκευή που υποστηρίζει υπηρεσίες FMA7 ως responder

### **1.6.7 Συνδυασμένη λειτουργία των PROFIBUS-DP και PROFIBUS-FMS**

Η συνδυασμένη λειτουργία των PROFIBUS-DP και PROFIBUS-FMS είναι ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του PROFIBUS. Συμφωνά με αυτήν και τα δύο πρωτόκολλα μπορούν να λειτουργούν στην ίδια συσκευή ταυτόχρονα. Αυτές οι συσκευές αποκαλούνται ως combi devices.

Η συνδυασμένη λειτουργία είναι δυνατή δεδομένου ότι και τα δύο πρωτόκολλα χρησιμοποιούν την ίδια τεχνολογία μετάδοσης και τα ίδια πρωτόκολλα προσπέλασης μέσου. Οι διαφορετικές υπηρεσίες των εφαρμογών χωρίζονται από τα διαφορετικά SAPs του επιπέδου 2.

### **1.6.8 Profiles του PROFIBUS-FMS**

Το FMS προσφέρει μια ευρεία ποικιλία από υπηρεσίες για να εξασφαλίσει ολοκληρωμένες εφαρμογές. Σε διαφορετικές περιοχές της εφαρμογής, το πλαίσιο των υπηρεσιών που απαιτούνται στην πραγματικότητα, πρέπει να προσαρμοστεί στις συγκεκριμένες απαιτήσεις. Για τις υπηρεσίες των συσκευών είναι απαραίτητες περιγραφές εξαρτώμενες από την εφαρμογή. Αυτές οι δηλώσεις καλούνται profiles (περιγραφές). Τα profiles εξασφαλίζουν την ανταλαξιμότητα των συσκευών διασφαλίζοντας ότι συσκευές από διαφορετικούς κατασκευαστές είναι εξοπλισμένες με τις ίδιες δυνατότητες επικοινωνίας. Δύο χαρακτηριστικά profiles, που καθορίζονται από το FMS, παρατίθενται παρακάτω.

- **Επικοινωνία μεταξύ ελεγκτών**

Αυτό το profile καθορίζει ποιες υπηρεσίες FMS πρέπει να χρησιμοποιηθούν για

την επικοινωνία μεταξύ προγραμματιζόμενων ελεγκτών (PLCs). Οι υπηρεσίες, οι παράμετροι και οι τύποι δεδομένων που πρέπει να υποστηρίζονται από κάθε PLC καθορίζονται από ομάδες ελεγκτών (controller classes).

- **Αυτοματοποίηση κτιρίων.**

Αυτό το profile είναι αφιερωμένο σε ένα εξειδικευμένο κλάδο και εξυπηρετεί ως βάση για πολλές προμήθειες στην αυτοματοποίηση κτιρίων. Το profile περιγράφει την παρακολούθηση, τους κλειστούς και ανοιχτούς βρόγχους ελέγχου, την πρόσβαση του ελεγκτή, την διαχείριση και αρχειοθέτηση συναγεμίων σε κτίρια που χρησιμοποιούν τον FMS για τον αυτοματισμό τους.

## **Βιβλιογραφία**

<http://en.wikipedia.org/wiki/Profibus>

J. Weigmann, G. Kilian: Decentralization with PROFIBUS DP/DPV1, ISBN 978-3-89578-218-3

<http://www.profibus.com/>