

## Κεφάλαιο 8

### 8. Αρχιτεκτονικές και Ανάπτυξη Συστημάτων Διαχείρισης

#### Περιεχόμενα του Κεφαλαίου 8

- 8.0. Εισαγωγή
- 8.1. Γενικά χαρακτηριστικά ενός ΣΔΔ
- 8.2. Αρχιτεκτονικές ΣΔΔ
  - 8.2.1. Κεντροποιημένο ΣΔΔ
  - 8.2.2. Κατανεμημένο ΣΔΔ
  - 8.2.3. Ιεραρχικό ΣΔΔ
  - 8.2.4. Δικτυωμένο ΣΔΔ
- 8.3. Συμμόρφωση με τα πρότυπα - Απαιτήσεις ενός ΣΔΔ
- 8.4. Αντικειμενοστραφής φιλοσοφία και διαχείριση δικτύων
  - 8.4.1. Τι είναι η αντικειμενοστραφής φιλοσοφία
  - 8.4.2. Αντικείμενα και MIB
    - 8.4.2.1. SNMP MIB
    - 8.4.2.2. CMIP MIB
  - 8.4.3. Εφαρμογή σε ΣΔΔ
  - 8.4.4. Πρότυπα - Τυποποιήσεις
- 8.5. Ανάπτυξη του λογισμικού ενός ΣΔΔ
- 8.6. Έμπειρα συστήματα
  - 8.6.1. Έμπειρα συστήματα και διαχείριση δικτύων
  - 8.6.2. Τι κάνει ένα έμπειρο σύστημα
  - 8.6.3. Κατηγορίες εμπειρών συστημάτων
  - 8.6.4. Στοιχεία που αποτελούν το έμπειρο σύστημα
  - 8.6.5. Υλοποίηση εμπειρών συστημάτων
- 8.7. Ασκήσεις
- 8.8. Βιβλιογραφία

#### 8.0. Εισαγωγή

Σύμφωνα με το μοντέλο διαχείρισης που έχει καθιερωθεί, ένα σύστημα διαχείρισης δικτύων (ΣΔΔ) αποτελείται από τρία λειτουργικά μέρη [ROSE91] :

- (α) τους διαχειριζόμενους κόμβους (managed nodes) του δικτύου και τους agents διαχείρισης που τρέχουν σε αυτούς,
- (β) ένα ή περισσότερους σταθμούς διαχείρισης (network management station - manager),
- (γ) ένα πρωτόκολλο διαχείρισης, μέσω του οποίου ο κάθε σταθμός διαχείρισης παρακολουθεί, ελέγχει και αντλεί πληροφορίες από το δίκτυο.

Λεπτομέριες για τα παραπάνω, καθώς και παρουσίαση και σύγκριση δύο πρωτοκόλλων διαχείρισης (CMIP/CMOT - SNMP), δίνονται στο κεφάλαιο 3. Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται οι λειτουργικές απαιτήσεις και οι περιορισμοί ενός συστήματος διαχείρισης δικτύων και παρουσιάζονται αρχιτεκτονικές και τεχνικές σχεδίασης ενός τέτοιου συστήματος.

## 8.1. Γενικά χαρακτηριστικά ενός ΣΛΛ

Λαμβάνοντας υπόψη τις λειτουργίες που ένα διαχειριστικό σύστημα απαιτείται να υποστηρίζει, τα παρακάτω γενικά χαρακτηριστικά - περιορισμοί ενισχύουν την λειτουργικότητα του συστήματος [LEIN91] :

- Το σύστημα πρέπει να παρέχει ένα γραφικό σύστημα παρουσίασης της τοπολογίας του δικτύου. Είναι προτιμότερο η παρουσίαση να γίνεται με ιεραρχικό τρόπο και να υπάρχουν λογικές συνδέσεις μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων της ιεραρχίας. Για παράδειγμα, σε ένα επίπεδο παρουσιάζονται μόνο τα LANs και οι συνδέσεις μεταξύ τους, ενώ σε κατώτερο επίπεδο παρουσιάζονται τα τμήματα (segments) του κάθε LAN, στο επόμενο επίπεδο οι κόμβοι των segments κ.ο.κ. Πρέπει ακόμη το σύστημα να είναι σε θέση να αναγνωρίζει τις συνδέσεις μεταξύ των επιπέδων και το πως αυτές συσχετίζονται με την απόδοση και την λειτουργία ολόκληρου του δικτύου. Η ενοποιημένη εικόνα του διαχειριζόμενου δικτύου διατηρείται από το σύστημα, ενώ ο χρήστης μπορεί να επικεντρώνει την προσοχή του σε ορισμένα επίπεδα της ιεραρχίας. Είναι λειτουργικό, τέλος, να υπάρχει ομογενής αντιμετώπιση των στοιχείων του δικτύου σε επίπεδο διαπροσωπείας χρήστη, έστω και αν εσωτερικά υπάρχει ετερογένεια. Για παράδειγμα, σταθμοί εργασίας που διαχειρίζονται με διαφορετικά πρωτόκολλα πρέπει να παρουσιάζονται με τον ίδιο τρόπο στον χρήστη, και οι μέθοδοι άντλησης πληροφοριών για αυτούς να είναι όσο το δυνατόν παρόμοιοι. Οι ανομοιογένειες πρέπει να κρύβονται από τον χρήστη, εκτός βέβαια αν ζητηθούν ή αποτελούν αιτία προβλημάτων.
- Το σύστημα πρέπει να είναι ικανό να συλλέγει όλες τις πληροφορίες από τους διαχειριζόμενους κόμβους, με όσο είναι δυνατόν μεγαλύτερη διαφάνεια και ιδανικά μέσω ενός μόνο πρωτοκόλλου διαχείρισης. Βέβαια, σε ετερογενή περιβάλλοντα το σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να χρησιμοποιεί διαφορετικά πρωτόκολλα διαχείρισης και/ή proxy agents.
- Η επεκτασιμότητα (expandability) και η δυνατότητα προσαρμογής σε διαφορετικές ανάγκες διαχείρισης (customization) είναι δύο ακόμη σημαντικά χαρακτηριστικά - απαιτήσεις. Δεν υπάρχει σύστημα που να καλύπτει τις ανάγκες διαχείρισης κάθε δυνατού δικτύου. Έτσι το σύστημα πρέπει να επιτρέπει την εύκολη προσθήκη νέων δυνατοτήτων και εργαλείων διαχείρισης ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι το Cerberus Network Management System [STAM92] που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 11.

- Μια ακόμη βασική λειτουργία ενός συστήματος διαχείρισης είναι η δυνατότητα ανίχνευσης και αναφοράς λαθών και προβλημάτων στο δίκτυο. Καθώς το διαχειριζόμενο δίκτυο επεκτείνεται, μια τέτοια υπηρεσία γίνεται όλο και περισσότερο πολύτιμο. Έστω και αν η διαχείριση λαθών δεν υποστηρίζεται, η ανίχνευση και η ειδοποίηση είναι απαραίτητα χαρακτηριστικά ενός διαχειριστικού συστήματος.
- Το σύστημα πρέπει να παρέχει ένα αποδοτικό τρόπο φύλαξης του όγκο πληροφοριών που χρειάζεται για την διαχείριση, ιδιαίτερα όταν τα διαχειριζόμενα δίκτυα είναι μεγάλα. Συχνά ένα σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων (DBMS) είναι απαραίτητο καθώς εφαρμογές που configuration και accounting management είναι αδύνατον να λειτουργήσουν αποδοτικά χωρίς αυτό. Συνήθως χρησιμοποιείται το σχεσιακό μοντέλο (relational data model), ενώ γίνονται προσπάθειες να σχεδιαστούν και να υλοποιηθούν αντικειμενοστραφείς βάσεις δεδομένων (Object Oriented DBMS - OODBMS) ειδικά για χρήση σε συστήματα διαχείρισης δικτύων. Ανάλογα με την αρχιτεκτονική του ΣΔΔ (βλέπε παράγραφο 8.2.) και τις απαιτήσεις απόδοσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί κεντροποιημένη (centralized) ή κατακεντρωμένη (distributed) βάση δεδομένων.

Έχουν διατυπωθεί και άλλοι περιορισμοί που αφορούν την αλληλεπίδραση διαχειριζόμενου δικτύου και διαχειριστικού συστήματος :

- Διατυπώνουν μια μινιμαλιστική φιλοσοφία στις επιδράσεις του ΣΔΔ στο διαχειριζόμενο δίκτυο που συνοψίζεται στο εξής : "Το αποτέλεσμα της εγκατάστασης ενός ΣΔΔ σε ένα δίκτυο πρέπει να είναι το ελάχιστο δυνατό, αντανακλώντας τον ελάχιστο κοινό παρανομαστή" [ROSE91]. Η ανάγκη ελάχιστης επιρροής στους διαχειριζόμενους κόμβους ενισχύεται από τις μεγάλες διαφορές μεταξύ των κόμβων [CASE89]. Η διαδικασία άντλησης πληροφοριών και παρακολούθησης των κόμβων δεν πρέπει να προκαλεί σημαντικές καθυστερήσεις στην λειτουργία των κόμβων, καθώς και τέτοιο οξύνει τις διαφορές απόδοσης. Τέλος, το φορτίο που εισάγει στο δίκτυο η λειτουργία του ΣΔΔ πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο, αλλιώς το κέρδος της δυνατότητας διαχείρισης, αντισταθμίζεται από την παρενέργεια της πεσμένης απόδοσης και των προβλημάτων που μπορεί να προκαλέσει η συμφόρηση του δικτύου.
- Μια άλλη απαίτηση είναι η βιωσιμότητα του διαχειριστικού συστήματος σε κρίσιμες καταστάσεις. Όταν το διαχειριζόμενο δίκτυο "πέφτει" και γενικά σε καταστάσεις σημαντικών προβλημάτων και λαθών, το ΣΔΔ πρέπει να παραμείνει σε λειτουργία (σε όποιο βαθμό είναι αυτό δυνατό) [ROSE91]. Όσο περισσότερο ανεκτικό στα λάθη του διαχειριζόμενου δικτύου είναι το ΣΔΔ, τόσο καλύτερα εκπληρώνει τον ρόλο του σε περιπτώσεις προβλημάτων.

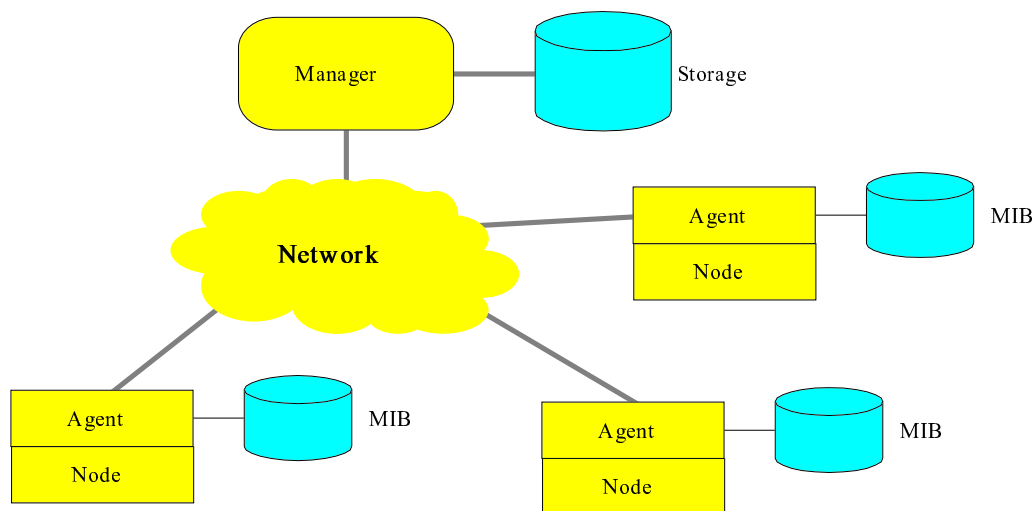
## 8.2. Αρχιτεκτονικές ΣΔΔ

Τρεις αρχιτεκτονικές προς το παρόν υπερισχύουν [LEIN93] [HERM90] : (α) κεντροποιημένο ΣΔΔ, (β) κατακεντρωμένο ΣΔΔ και (γ) ιεραρχικό ΣΔΔ. Μια παραλλαγή τους που συνδιάζει τα δύο τελευταία είναι το (δ) δικτυωμένο ΣΔΔ. Οι διαφορές αυτών των αρχιτεκτονικών αναφέρονται κυρίως στον αριθμό διαχειριστών και στον βαθμό επικοινωνίας - ανεξαρτησίας τους. Κάθε μια προσφέρει κάποια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα έναντι των άλλων. Η επιλογή εξαρτάται από τις απαιτήσεις διαχείρισης και τον χαρακτήρα του δικτύου που απαιτείται η διαχείριση.

Γενική περιγραφή των τεσσάρων αρχιτεκτονικών, των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων τους δίνεται παρακάτω.

### 8.2.1. Κεντροποιημένο ΣΔΔ [ROSE91] [CASS89]

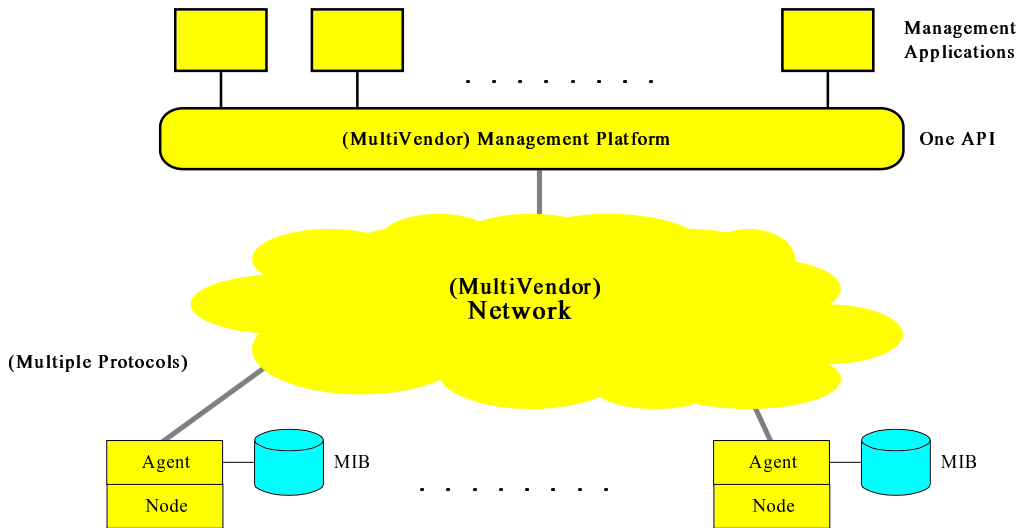
Η αρχιτεκτονική αυτή παρουσιάζεται στο σχήμα 8.1 και ακολουθεί το γνωστό μοντέλο διαχειριστή - αντιπροσώπου (manager - agent) που περιγράφεται στο κεφάλαιο 3. Είναι η απλούστερη και πιο κλασική αρχιτεκτονική ΣΔΔ και παρουσιάζει όλα τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ενός κεντροποιημένου συστήματος.



Σχήμα 8.1 - Κεντροποιημένο ΣΔΔ

Το ΣΔΔ περιέχει μόνο ένα κεντρικό διαχειριστή, ο οποίος αναλαμβάνει την επικοινωνία με όλους τους διαχειριζόμενους κόμβους (μέσω των agents και του πρωτοκόλλου διαχείρισης), διαχειρίζεται την αποθήκευση των πληροφοριών του ΣΔΔ και παρέχει μια ενοποιημένη εικόνα του διαχειριζόμενου δικτύου στον χειριστή του ΣΔΔ μέσω κατάλληλης διαπροσωπείας χρήστη (user interface). Η αποθήκευση των δεδομένων διαχείρισης (RDBMS, OODBMS ή άλλη απλούστερη μέθοδος) μπορεί να είναι κεντροποιημένη ή καταναμημένη, αλλά ο έλεγχος είναι καθαρά κεντροποιημένος όπως και όλη η φιλοσοφία αυτής της αρχιτεκτονικής.

Μια παραλλαγή αυτής της αρχιτεκτονικής, η "μέθοδος της πλατφόρμας διαχείρισης" (The platform approach) [HERM90] [STAM92], φαίνεται στο σχήμα 8.2. Εδώ ο κεντρικός διαχειριστής χωρίζεται σε δύο μέρη : τις διαχειριστικές εφαρμογές και την κεντροποιημένη πλατφόρμα διαχείρισης. Τα δύο αυτά τμήματα βρίσκονται σε σχέση πελάτη - εξυπηρετητή, ένα μοντέλο που κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος τα τελευταία χρόνια [GUTT93]. Η πλατφόρμα αναλαμβάνει την επικοινωνία με το διαχειριζόμενο δίκτυο, την παρακολούθηση και συλλογή πληροφοριών και παρέχει υπηρεσίες διαχείρισης στις εφαρμογές - πελάτες. Η επικοινωνία πλατφόρμας - εφαρμογών/πελατών γίνεται μέσω ενός κοινού για όλες τις εφαρμογές API (Application Programming Interface) που προσφέρει η πλατφόρμα. Αντίθετα η επικοινωνία μεταξύ πλατφόρμας - agents μπορεί να γίνεται με πολλά διαφορετικά πρωτόκολλα όταν το δίκτυο είναι ετερογενές [HERM90].



**Σχήμα 8.2 - Μέθοδος της πλατφόρμας διαχείρισης**

Η αρχιτεκτονική της πλατφόρμας διαχείρισης προσφέρει ενοποιημένη διαχείριση σε ετερογενή ή ομογενή περιβάλλοντα, απαιτώντας μικρό αριθμό διαχειριστικών συστημάτων σε σχέση με την αρχιτεκτονική του Ιεραρχικού ΣΔΔ (βλέπε παρακάτω), αυξάνοντας, ίσως, την πολυπλοκότητα στην υλοποίηση. Διευκολύνει, επίσης, την ανάπτυξη ολοκληρωμένων (integrated) εφαρμογών που "βλέπουν" ετερογενή τμήματα του δικτύου, χωρίς να αντιμετωπίζουν από την αρχή το πρόβλημα της ετερογένειας, καθώς η πλατφόρμα κρύβει την λεπτομέρεια από την εφαρμογή-πελάτη και προσφέρει τυποποιημένο και ομοιογενές interface. Η ενοποιημένη αναπαράσταση και η ομοιογενής αντιμετώπιση των στοιχείων του δικτύου επιτρέπει την δημιουργία φιλικότερων και λειτουργικότερων τρόπων παρουσίασης του δικτύου στον χρήστη (αντικειμενοσταφής φιλοσοφία στη διαπροσωπεία χρήστη, βλέπε παράγραφο 8.4).

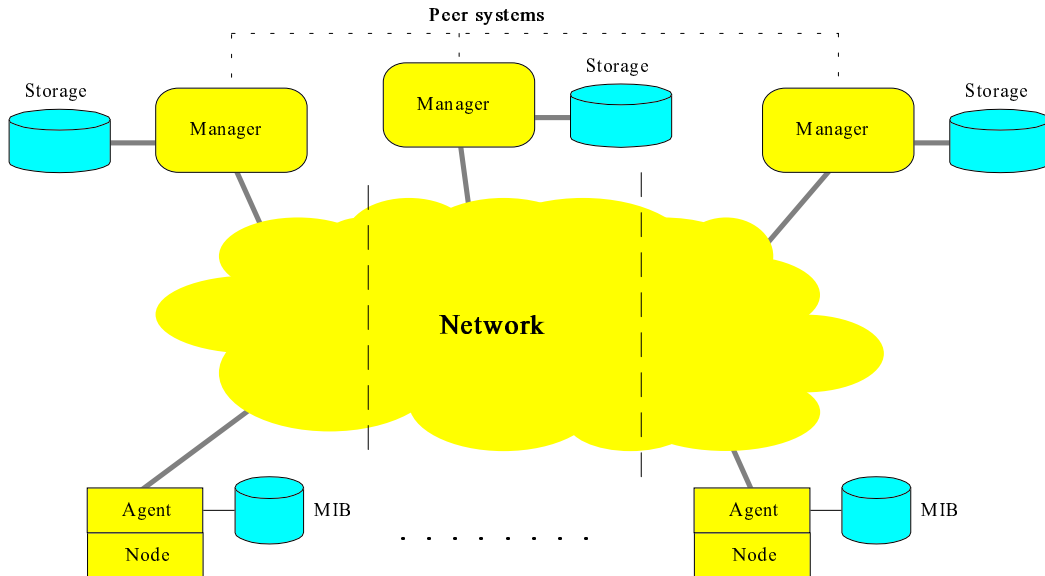
Τέλος, η αρχιτεκτονική αυτή δίνει την δυνατότητα ευκολότερης συντήρησης του λογισμικού του ΣΔΔ. Βελτιώσεις και αλλαγές στην πλατφόρμα αυτόματα επιδρούν σε όλες τις εφαρμογές-πελάτες που έχουν γραφτεί, χωρίς να χρειάζεται συντήρηση του λογισμικού τους. Για παράδειγμα, αν στο υπό διαχείριση δίκτυο προστεθούν νέοι κόμβοι που απαιτούν διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας, η παρουσιάζουν κάποια άλλη μορφή ετερογένειας, για να προστεθεί δυνατότητα διαχείρισής τους στο ΣΔΔ, αρκεί να επεκταθεί η πλατφόρμα-εξυπηρετητής και όχι οι εφαρμογές πελάτες. Έτσι, είναι καλή τακτική στην σχεδίαση μιας τέτοιας αρχιτεκτονικής, η πλατφόρμα να περιέχει κυρίως τα τμήματα λογισμικού που αφορούν τις λεπτομέρειες επικοινωνίας, της χρήσης διαφορετικών πρωτοκόλλων και drivers, της ενοποιημένης αναπαράστασης των στοιχείων του δικτύου και γενικά όλα όσα κοινά σε όλες τις εφαρμογές και μόνο αυτά. Κάτι τέτοιο οδηγεί σε μικρό κώδικα για την πλατφόρμα που συνεπάγεται ευκολότερη συντήρηση.

Κατασκευαστές ΣΔΔ που έχουν παρουσιάσει προϊόντα που ακολουθούν αυτή την αρχιτεκτονική είναι οι : HP, DEC, Sun, 3Com, IBM.

### 8.2.2. Κατανεμημένο ΣΔΔ [SMGO92] [LEIN93]

Η αρχιτεκτονική αυτή παρουσιάζεται στο σχήμα 8.3. Ο έλεγχος κατανέμεται σε ομότιμους διαχειριστές (peer managers) που διαχειρίζονται τμήματα του δικτύου που πιθανόν και να επικαλύπτονται (έννοια του manager domain - βλέπε κεφάλαιο 4). Η

αποθήκευση των πληροφοριών διαχείρισης μπορεί να γίνεται σε διαφορετικές βάσεις δεδομένων, ή σε μια κεντρική βάση δεδομένων (κατανεμημένη ή κεντροποιημένη). Η φιλοσοφία, όμως, είναι κατανεμημένη και κανένας διαχειριστής δεν έχει πλήρη εικόνα του δικτύου (αν δεν επικοινωνήσει με κάποιο ομότιμο σύστημα).



**Σχήμα 8.3 - Κατανεμημένο ΣΔΔ**

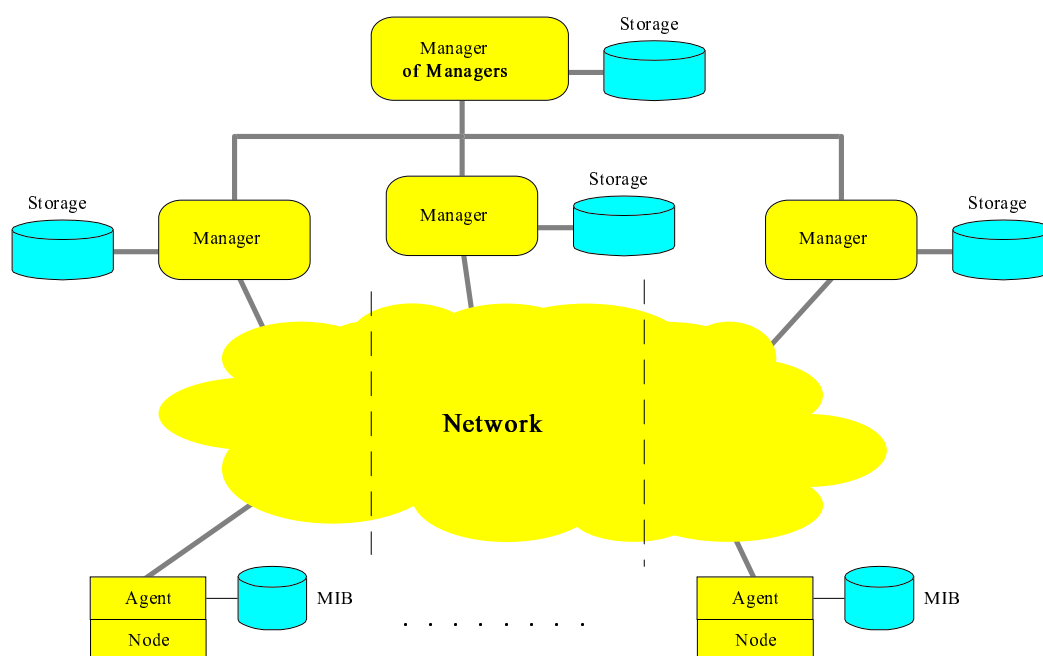
Η διαχείριση κατανέμεται και αντιμετωπίζεται τοπικά από διαχειριστές με λιγότερες απαιτήσεις σε hardware και υπολογιστική δύναμη, σε σχέση με τον κεντροποιημένο διαχειριστή. Επιπλέον, ο κάθε τοπικός διαχειριστής απαλλαγμένος από το βάρος της παρακολούθησης ολόκληρου του δικτύου, μπορεί να χειριστεί με μεγαλύτερη λεπτομέρεια το μικρότερο domain του. Όταν κάποιες πληροφορίες χρειαστούν για περιοχές του δικτύου εκτός αυτού του domain, ο διαχειριστής τις ζητάει από τον αντίστοιχο ομότιμο του. Η επικοινωνία αυτή μπορεί να γίνεται μέσω του διαχειριζόμενου δικτύου, ή όταν υπάρχουν υψηλές απαιτήσεις αξιοπιστίας, μέσω ενός ανεξάρτητου δικτύου διαχείρισης. Ακόμη, μπορεί να γίνεται μέσω μηνυμάτων (request/responce) ή με το να μοιράζονται όλοι οι διαχειριστές ένα κοινό τρόπο αποθήκευσης πληροφοριών (βάση δεδομένων ή άλλο τρόπο). Στην περίπτωση μιας κοινής βάσης δεδομένων, οι απαιτούμενες πληροφορίες μπορούν να ληφθούν στέλνοντας τα ανάλογα queries στο σύστημα διαχείρισης της ΒΔ (DBMS).

Μια τέτοια αρχιτεκτονική μπορεί να εφαρμοστεί σε αρκετά μεγάλα δίκτυα με σχετικά ανεξάρτητα αυτοδιαχειριζόμενα μέρη. Για παράδειγμα, σε ένα μεγάλο δίκτυο που απλώνεται γεωγραφικά, ένας διαχειριστής αναλαμβάνει το τμήμα που βρίσκεται στην Ευρώπη, άλλος το τμήμα της Αμερικής κ.ο.κ.

Τέλος, κάποιες τυποποιήσεις πάνω στην επικοινωνία αρχίζουν να εμφανίζονται. Το RFC1451 (Manager to Manager MIB) περιγράφει την δομή μιας MIB όπου αποθηκεύονται πληροφορίες σχετικές με την επικοινωνία δυο διαχειριστών. Η ύπαρξη προτύπων θα διευκολύνει την ανάπτυξη τέτοιων αρχιτεκτονικών, ιδιαίτερα σε ετερογενή περιβάλλοντα διαχείρισης.

### 8.2.3. Ιεραρχικό ΣΔΔ [HERM90] [RABI92] [LEIN93]

Η αρχιτεκτονική αυτή παρουσιάζεται στο σχήμα 8.4. Όπως και στην αρχιτεκτονική κατακεντρωμένου ΣΔΔ, ομότιμοι διαχειριστές αναλαμβάνουν κάποια manager domains και με την σειρά τους διαχειρίζονται από ένα διαχειριστή που βρίσκεται σε υψηλότερο επίπεδο ιεραρχίας (**Manager of Managers - MOM**). Ο MOM παίζει το ρόλο του κεντρικού συστήματος ανάλογο με αυτό του μοναδικού manager στην αρχιτεκτονική του κεντροποιημένου ΣΔΔ, και συγκεντρώνει μόνο τις σημαντικές πληροφορίες, αφήνοντας τις λεπτομέρειες στους managers που διαχειρίζεται. Οι managers του χαμηλότερου επιπέδου, μπορούν να έχουν κονσόλα και άνθρωπο - χειριστή, ή μπορούν να παρακολουθούνται αυτόματα, κατευθείαν από την κονσόλα του MOM. Όπως και στην προηγούμενη αρχιτεκτονική, η επικοινωνία MOM και managers μπορεί να γίνεται μέσω του διαχειριζόμενου δικτύου ή μέσω ειδικού, ανεξάρτητου δικτύου διαχείρισης, ανάλογα με τις απαιτήσεις αξιοπιστίας.



Σχήμα 8.4 - Ιεραρχικό ΣΔΔ

Η αρχιτεκτονική αυτή μέσα από την αφαίρεση (abstraction) και την παράλληλη λειτουργία των managers, προσφέρει καλύτερο έλεγχο και απόδοση στην παρακαλούθηση του δικτύου. Επιπλέον, σε ένα ετερογενές δίκτυο (multivendor), κρύβει από το επίπεδο του MOM τα διαφορετικά πρωτόκολλα / διαχειριστές (proprietary protocols / managers) που βρίσκονται χαμηλότερα στην ιεραρχία, παρέχοντας έτσι ένα ολοκληρωμένο (integrated) διαχειριστικό περιβάλλον, ενοποιημένη αναπαράσταση του δικτύου και των τμημάτων του και ένα κοινό user interface. Το κέρδος είναι μειωμένο κόστος σε hardware και λιγότερες απαιτήσεις χώρου, ευκολότερη εκπαίδευση των χειριστών του ΣΔΔ και ευκολότερη και λιγότερο δαπανηρή ανάπτυξη και συντήρηση των εφαρμογών διαχείρισης (επίπεδο MOM). Ακόμη, σε ένα ετερογενές δίκτυο, η αρχιτεκτονική προσφέρει ευκολότερη ανάπτυξη ευφυών εφαρμογών που χρησιμοποιούν στοιχεία από πολλά επίπεδα και ετερογενή τμήματα του δικτύου [ERIC89]. Για παράδειγμα, μια ενοποιημένη εφαρμογή fault ή performance analysis, μέσω των διαχειριστικών πληροφοριών που παρέχει ο MOM, έχει στην διάθεσή της δεδομένα από τα συστήματα διαχείρισης των πολυπλεκτών, των modems, των γεφυρών κτλ,

πληρέστερη εικόνα του δικτύου και μεγαλύτερη ακρίβεια στα εξαγόμενα συμπεράσματα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν επίσημες τυποποιήσεις και πρότυπα που συσχετίζονται ή ακολουθούν αυτή την αρχιτεκτονική. Σχεδιάζεται και τυποποιείται τύπος MIB ειδικός για επικοινωνία μεταξύ διαχειριστών (manager to manager MIB -RFC1451-proposed standard). Η MIB αυτή γενικεύει κάποια αντικείμενα της RMON MIB (Remote LAN Monitoring MIB). Η RMON MIB (RFC1271 - βλέπε και κεφάλαιο 3) ορίζει μια δομή αποθήκευσης πληροφοριών που συγκεντρώνονται από αντιπροσώπους-ανιχνευτές (probe-agents) που βρίσκονται σε κάθε τμήμα ενός LAN. Οι αντιπρόσωποι αυτοί ανιχνεύουν κάθε πακέτο και παράγουν μια περίληψη με πληροφορίες για το είδος και τις ιδιότητες των πακέτων και γεγονότα (events) όταν εντοπιστούν ιδιόμορφες καταστάσεις, συγκρούσεις κλπ. Μπορούν ακόμη να παρακολουθούν πακέτα σύμφωνα με συγκεκριμένα κριτήρια που ορίζονται από τον κεντρικό διαχειριστή. Έτσι, κάθε στιγμή ένας διαχειριστής μπορεί να αντλήσει πληροφορίες και λεπτομερές αναλύσεις από τους αντιπροσώπους αυτούς μέσω του SNMP πρωτοκόλλου διαχείρισης.

Τέλος, η αρχιτεκτονική αυτή βρίσκει εφαρμογές και σε δίκτυα όπου υπάρχει ανάγκη διαίρεσης του διαχειριζόμενου περιβάλλοντος, καθώς, σε αντίθεση με την αρχιτεκτονική του κατακεντρωμένου ΣΔΔ (παράγραφος 8.2.2), οι ομότιμοι (peer) διαχειριστές που διαχειρίζονται από το MOM, δεν επικοινωνούν μεταξύ τους. Τετοια απομόνωση μπορεί να επιβάλλεται για λόγους ασφαλείας, λογιστικών αναγκών, απαίτηση τοπικής διαχείρισης λαθών, ή τέλος, για λόγους συμμόρφωσης με δεδομένες τεχνολογικές, οργανωτικές ή γεωγραφικές δομές.

#### 8.2.4. Δικτυωμένο ΣΔΔ [HERM90]

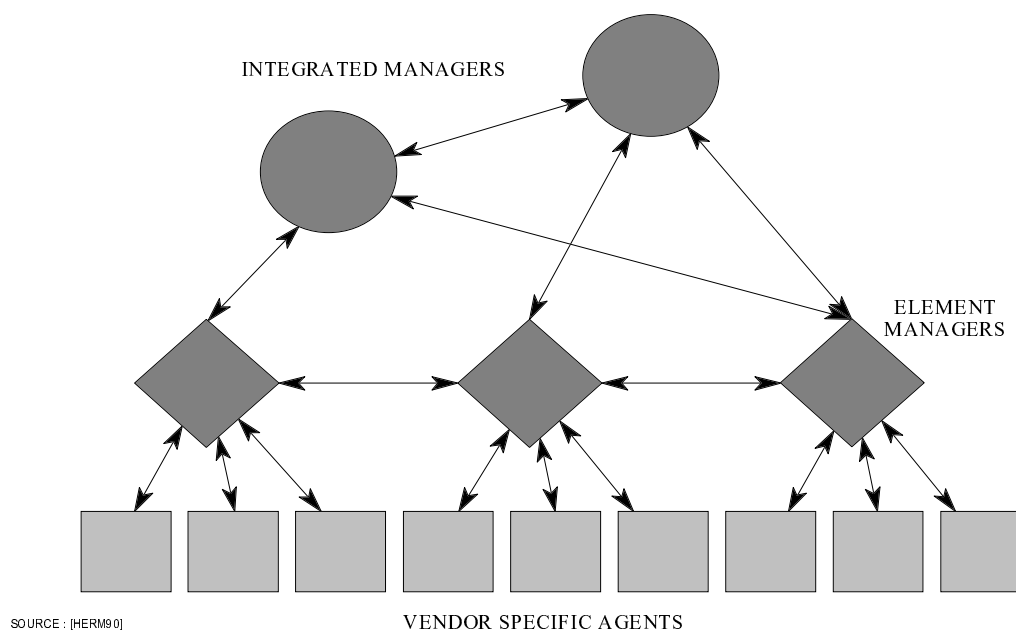
Ένα παράδειγμα δικτυωμένου ΣΔΔ παρουσιάζεται στο σχήμα 8.5. Η αρχιτεκτονική αυτή συνδιάζει στοιχεία από τις αρχιτεκτονικές του κατακεντρωμένου και ιεραρχικού ΣΔΔ. Εδώ έχουμε περισσότερους από ένα MOM (Integrated Managers), ο καθένας από τους οποίους διαχειρίζεται μια ομάδα managers, κάθε ένας από τους οποίους διαχειρίζεται με την σειρά του μια ομάδα κόμβων (έννοια manager domain). Η αρχιτεκτονική αυτή ενθαρρύνεται από το γεγονός ότι όλο και περισσότερα διαχειριστικά συστήματα αναπτύσσουν τυποποιημένα interface, διευκολύνοντας έτσι την επικοινωνία με άλλα συστήματα. Το OSI Network Management Forum υποστηρίζει την προσπάθεια να επιτευχθεί ένα ευέλικτο και ισχυρό σύστημα που να ακολουθεί αυτή την αρχιτεκτονική.

Η αρχιτεκτονική του δικτυωμένου ΣΔΔ συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των κατακεντρωμένων και ιεραρχικών συστημάτων που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Το βασικότερο μειονέκτημα είναι ότι αυξάνει τον αριθμό των διαχειριστικών συστημάτων που χρησιμοποιεί, γεγονός που αυξάνει το κόστος. Βέβαια, ο ιεραρχικός χαρακτήρας αυτής της αρχιτεκτονικής μπορεί να οδηγήσει στην μείωση του αριθμού των χειριστών στο κέντρο διαχείρισης, αλλά δεν μειώνει τον αριθμό των διαχειριστικών συστημάτων που πρέπει να αγοραστούν και να συντηρηθούν. Όπως προαναφέρθηκε, μια τεχνική που οδηγεί σε μείωση του αριθμού των συστημάτων, είναι η μέθοδος της πλατφόρμας διαχείρισης (βλέπε παράγραφο 8.2(α) και σχήμα 8.2).

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι οι τρεις προηγούμενες αρχιτεκτονικές προσφέρουν λύσεις στα προβλήματα της ολοκληρωμένης διαχείρισης σε ετερογενή δίκτυα (βλέπε κεφάλαιο 8). Ειδικότερα η ιεραρχική και κατακεντρωμένη (peer-to-peer) αντιμετώπιση έχουν προταθεί για χρήση στην διαχείριση multi domain δικτύων [CHAO90]. Τέτοια δίκτυα είναι σαφώς χωρισμένα σε ξεχωριστά τμήματα (domains) που διαχειρίζονται από τοπικούς διαχειριστές (εξαρτώμενοι από τους κατασκευαστές των τμημάτων). Τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται είναι η έλλειψη ολοκληρωμένης πληροφορίας και η περιορισμένη δυνατότητα ελέγχου των τοπικών διαχειριστών. Έχουν προταθεί



αλγόριθμοι που αντιμετωπίζουν αυτά τα προβλήματα [DIM189] και εφαρμόζονται στην κατανομημένη αρχιτεκτονική, όπου ο κάθε διαχειριστής "βλέπει" τα άλλα τμήματα ως μοναδικούς κόμβους μέσω των τοπικών διαχειριστών.



Σχήμα 8.5 - Δικτυωμένο ΣΔΔ

### 8.3. Συμμόρφωση με τα πρότυπα - Απαιτήσεις ενός ΣΔΔ

Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) έχει καθορίσει πρότυπα για τις λειτουργικές περιοχές διαχείρισης δικτύων (Network Management Functional Areas) [OSIM89]. Αυτές περιγράφονται από ένα λειτουργικό μοντέλο γνωστό ως CFAPS (Configuration, Fault, Accounting, Performance, Security management) [LEIN93] [SMFA]. Οι πέντε αυτές περιοχές περιγράφονται στην παράγραφο 3.2.1 και αποτελούν ένα γενικό πλάνο-οδηγό για την σχεδίαση και ανάπτυξη ενός ΣΔΔ. Έχει όμως παρατηρηθεί ότι εμφανίζεται σημαντική επικάλυψη στις πέντε παραπάνω περιοχές [NMIS91]. Έτσι, ορίστηκαν νέα πρότυπα για τις λειτουργίες διαχείρισης συστημάτων και γίνεται προσπάθεια να τυποποιηθούν. Προϊόν αυτών των προσπαθειών είναι το system management application service element (SMASE [HALS92]) που αναφέρεται στην παράγραφο 3.2.4. Από τις λειτουργίες που προσφέρει και αρχικά αναφέρθηκαν στα draft international standards DIS 10164-1 έως 15 του ISO (καθώς και ένα πλήθος working drafts : WD 10164-tmf, WD 10164-smf κτλ)\*, μερικές μόνο έχουν τυποποιηθεί και αναφέρονται σε international standards [ALRM92] [OBJM91] [STAT91] [EVNT91] [LOGC91] [SECU92] [SCAD91].

\* Η διαδικασία έκδοσης προτύπων (ISO/IEC, CCITT) έχει ως εξής : αρχικά δημιουργείται ένα WD (working drafts) που αποτελεί μια πολύ γενική - υπό συζήτηση - μορφή του προτύπου. Από αυτό προκύπτει το CD (committee draft) που βρίσκεται σε ένα ανώτερο επίπεδο τυποποίησης, και αυτό με την σειρά μετατρέπεται σε DIS (draft international standard) που έχει κάποιο χαρακτήρα τυποποίησης, αλλά περισσότερο την μορφή πρότασης για τυποποίηση. Τέλος, προκύπτει το IS (international standard) που είναι το τελικό προϊόν αυτής της διαδικασίας.

Ακολουθεί μια επιλογή από τις λειτουργίες που αναφέρονται σε αυτά τα πρότυπα που ονομάζονται System Management Functions (SMF) :

- **Alarm reporting function** (λειτουργία αναφοράς συναγερμών) : Η λειτουργία αυτή επιτρέπει τον ορισμό, ενεργοποίηση και απενεργοποίηση συναγερμών για συγκεκριμένα διαχειριζόμενα στοιχεία του δικτύου. Το αντίστοιχο πρότυπο (SMF) ορίζει τις δομές δεδομένων που χρησιμοποιούνται (alarm record [ALRM92], κλπ), την σύνταξη και την σημασιολογία των συναγερμών.
- **Event Management reporting function** (λειτουργία διαχείρισης αναφοράς γεγονότων) : Η λειτουργία αυτή αναλαμβάνει τον έλεγχο, την συλλογή, αναφορά και το φιλτράρισμα των γεγονότων (events) του δικτύου. Τα γεγονότα αυτά μπορεί να είναι αλλαγές στην τοπολογία, προβλήματα σε κάποιες συνδέσεις, SNMP (predefined) traps, events ορισμένα από τον χρήστη, κτλ. Με αυτή την λειτουργία μπορεί να οριστεί ένα φίλτρο που να ελέγχει ποια γεγονότα θα αναφέρονται και ποιά όχι ή και να οριστούν νέες μορφές γεγονότων. Το αντίστοιχο πρότυπο ορίζει αυτούς τους μηχανισμούς και την μορφή και τον τρόπο αναφοράς.
- **Log Control function** (λειτουργία ελέγχου ημερολογίου) : Παρέχει ένα μηχανισμό διατήρησης και ελέγχου των ημερολογίων (logs) του διαχειριστικού συστήματος. Σε αυτά καταγράφονται αλλαγές στην τοπολογία, βλάβες και λάθη, γεγονότα (events), συναγερμοί, συναγερμοί ασφαλείας, κτλ. Το αντίστοιχο πρότυπο, ορίζει και περιγράφει τον μηχανισμό ελέγχου των ημερολογίων και τον τρόπο επιλογής των περιεχομένων των αναφορών που προκύπτουν από αυτά.
- **Security Alarm reporting function** (λειτουργία αναφοράς συναγερμών ασφαλείας) : Προσφέρει ένα μηχανισμό αναφοράς παραβάσεων ασφαλείας υπό την μορφή συναγερμών. Συναγερμοί μπορούν να οριστούν, να ενεργοποιηθούν, να απενεργοποιηθούν και να φιλτραριστούν. Το αντίστοιχο πρότυπο ορίζει την σύνταξη και την σημασιολογία αυτών των συναγερμών.
- **Security Audit Trail function** (λειτουργία παρακολούθησης ασφαλείας) : Προσφέρει ένα μηχανισμό παρακολούθησης παρακολούθησης της εισόδου των χρηστών στα διάφορα access points του δικτύου και καταγράφει την χρήση των devices και πόρων του δικτύου σε περιοδική βάση. Το αντίστοιχο πρότυπο περιγράφει αυτόν τον μηχανισμό.
- **Accounting Metering function** (λειτουργία μέτρησης λογιστικών μεγεθών) : Η λειτουργία αυτή παρακολουθεί και υπολογίζει στοιχεία χρησιμοποίησης των πόρων του δικτύου από κάθε χρήστη ή ομάδα χρηστών για λογιστικούς σκοπούς και καλύτερης κατανομής των πόρων. Το αντίστοιχο πρότυπο ορίζει τον μηχανισμό καταγραφής και αναφοράς τέτοιων πληροφοριών.
- **Workload Monitoring function** (λειτουργία παρακολούθησης φορτίου δικτύου) : Παρέχει μηχανισμούς παρακολούθησης της χρήσης των πόρων του δικτύου με σκοπό την αξιολόγηση των επιδόσεων. Το αντίστοιχο πρότυπο ορίζει τον μηχανισμό παρακολούθησης, ορισμού μεγεθών και αναφοράς μεγεθών απόδοσης και φορτίου.
- **Measurement Summary function** (λειτουργία περίληψης μετρήσεων) : Παρέχει δυνατότητα δημιουργίας στατιστικών περιλήψεων για τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του δικτύου.
- **Object Management function** (λειτουργία διαχείρισης αντικειμένων) : Παρέχει μηχανισμούς δημιουργίας και καταστροφής αντικειμένων (αναπαραστάσεων στοιχείων του δικτύου) και μηχανισμούς χειρισμού των των ιδιοτήτων που συσχετίζονται με αυτά. Σχετική με αυτή την λειτουργία είναι η έννοια του Object Manager [GUTT93], ο οποίος είναι υπεύθυνος για τον χειρισμό των αντικειμένων

του διαχειριζόμενου δικτύου. Αποτελείται από μια συλλογή υπηρεσιών που επιτρέπει τον ορισμό, καταστροφή και λειτουργία των αντικειμένων αντικειμένων. Ο Object Manager μπορεί να είναι μια βάση δεδομένων (αντικειμενοστραφής ή όχι) μαζί με κάποιο interface που να παρέχει στον διαχειριστή της λειτουργίες που προσφέρει η Object Management function.

- **State Management function** (λειτουργία διαχείρισης καταστάσεων) : Ορίζει τις πιθανές καταστάσεις του κάθε στοιχείου του δικτύου και μηχανισμούς παρακολούθησης και αλλαγής των καταστάσεων αυτών. Για παράδειγμα, ένα link μπορεί να βρίσκεται σε μια από τις ακόλουθες καταστάσεις : σε λειτουργία, εκτός λειτουργίας, προβληματική λειτουργία ή κάποιες άλλες σχετικές με τον τύπο του link. Μέσω state management function πρέπει να μπορεί να αναγνωριστεί η κατάσταση του link αυτού ανά πάσα στιγμή και να αλλαχθεί κατά βούληση.
- **Relationship Management function** (λειτουργία διαχείρισης σχέσεων - συσχετίσεων) : Παρέχει μηχανισμούς για την εγκαθίδρυση και διατήρηση συσχετίσεων μεταξύ διαχειριζόμενων στοιχείων - αντικειμένων του δικτύου.

Αυτές είναι οι βασικότερες λειτουργίες οι περισσότερες από τις οποίες είναι ήδη International Standards. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα standards αυτά είναι κυρίως γενικές περιγραφές απαιτήσεων : περιγράφουν το "τι" και όχι το "πως". Το "πως" αφήνεται στον σχεδιαστή του ΣΔΔ, ο οποίος πρέπει να προσαρμόσει τα πρότυπα στις ανάγκες του συγκεκριμένου συστήματος.

Ακολουθεί μια αντιστοίχιση των λειτουργιών που περιγράφηκαν παραπάνω (System Management Functions) με το μοντέλο CFAPS. Είναι φανερό ότι κάποιες λειτουργίες υπάγονται σε παραπάνω από μια περιοχές διαχείρισης του CFAPS. Το γεγονός αυτό δείχνει την επικάλυψη λειτουργιών που παρουσιάζει αυτό το μοντέλο και δικαιολογεί την δημιουργία των SMF.

1. **Configuration Management (διαχείριση διάρθρωσης)** : Η διάρθρωση (configuration) των κόμβων και ιδιαίτερα κάποιων συγκεκριμένων στοιχείων (όπως γεφυρών, δρομολογητών κ.α.) ελέγχει την συμπεριφορά και την απόδοση του δικτύου. Η διαχειριστική περιοχή του configuration management είναι υπεύθυνη για την παρακολούθηση και την οργάνωση της διάρθρωσης ολόκληρου του δικτύου με έμφαση σε αυτούς του κρίσιμους κόμβους. Η αντίστοιχη λειτουργία πρέπει να είναι σε θέση να συλλέγει πληροφορίες από το δίκτυο για την διάρθρωσή του, να χρησιμοποιεί τα δεδομένα αυτά για να επεμβαίνει και να αλλάζει όταν η απόδοση του δικτύου το απαιτεί, να αποθηκεύει τις πληροφορίες αυτές (στην λεγόμενη Configuration Base - CB), να διατηρεί ενημερωμένο κατάλογο των πόρων του δικτύου (inventory) και ημερολόγιο αλλαγών (configuration log) και να παράγει αναφορές όταν γίνονται αλλαγές στην διάρθρωση ή όταν αυτό ζητηθεί από τον χρήστη. Βάση των παραπάνω χαρακτηριστικών λειτουργιών, οι SMF που υπάγονται στην περιοχή αυτή είναι : event reporting function (αναφορά αλλαγών στην διάρθρωση), log control function (ημερολόγιο αλλαγών διάρθρωσης), object management function (κατάλογος πόρων και CB) και state management function (παρακολούθηση καταστάσεων των στοιχείων).
2. **Fault Management (διαχείριση σφαλμάτων)** : Είναι η διαδικασία εντοπισμού προβλημάτων και λαθών στο δίκτυο. Αποτελείται από τέσσερα μέρη : ανακάλυψη του προβλήματος, εντοπισμός της περιοχής που εμφανίζεται το πρόβλημα, διάγνωση της αιτίας, αναφορά και προσπάθεια διόρθωσης. Στην περιοχή αυτή μπορούν να συμπεριληφθούν δυνατότητες πρόβλεψης προβλημάτων, πριν αυτά προκύψουν. Οι SMF που αντιστοιχούν είναι : alarm reporting function (εντοπισμός ανόμαλων καταστάσεων και προβλημάτων), event reporting function (εντοπισμός λαθών / διάγνωση από αλλαγές στην τοπολογία-διάρθρωση), log control function

(διατήρηση ημερολογίων λαθών), workload monitoring function (παρακολούθηση ρυθμών λαθών για εντοπισμό / προβλεψη / διαγνωση) και state management function (εντοπισμός λαθών / διάγνωση από αλλαγή κατάστασης). Επιπλέον, αν υπάρχει δυνατότητα πρόβλεψης έχουμε και τις παρακάτω SMF : object management function και measurement summary function. Αυτές οι δυο λειτουργίες είναι ίσως χρήσιμες και στην διαδικασία διάγνωσης.

3. **Accounting Management (λογιστική διαχείριση)** : Αφορά παρακολούθηση των πόρων του δικτύου από τους χρήστες, ώστε να ελέγχεται αν παρέχεται στους χρήστες η ποσότητα των πόρων που χρειάζονται. Στην περιοχή αυτή περιλαμβάνεται και η διαδικασία αφαίρεσης ή προσφορά άδειας πρόσβασης σε πόρους σε συγκεκριμένους χρήστες. Άλλες υπηρεσίες που μπορεί να προσφέρει αυτή η περιοχή είναι η τήρηση κάποιων λογιστικών ορίων και η πληροφόρηση των χρηστών για το κόστος των υπηρεσιών που χρησιμοποιούν. Σύμφωνα με αυτά, οι SMF που υπάγονται σε αυτή την περιοχή είναι η account metering function και ίσως οι measurement summary και object management function, αν στοιχεία απόδοσης χρησιμοποιούνται για να τεθούν όρια και οι πληροφορίες χρησιμοποίησης των πόρων αποθηκεύονται.
4. **Performance Management (διαχείριση απόδοσης)** : Αναλαμβάνει την μέτρηση και παρακαλούθηση της απόδοσης του δικτύου συνολικά, αλλά μεμονωμένων κόμβων, λογισμικού ή μέσου (δίσκου κάποιου file server κλπ). Η απόδοση μπορεί να μετριέται με συνολική ρυθμαπόδοση (overall throughput), χρησιμοποίηση % (utilization), ρυθμούς λαθών (εδώ υπάρχει μια επικάλυψη με το fault management), ή χρόνο απόκρισης και καθυστέρηση μεταξύ κάποιων σημείων του δικτύου. Τα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξασφαλιστεί ότι το δίκτυο θα παραμείνει σε καλή λειτουργία και απόδοση, σε ομοιόμορφη χρησιμοποίηση και χωρίς συμφόρηση. Για να επιτευχθούν όλα αυτά συλλέγονται δεδομένα χρησιμοποίησης και ρυθμαπόδοσης από τους κόμβους και τα links τους, αναλύονται τα δεδομένα με σκοπό τον εντοπισμό περιοχών συνωστισμού στο δίκτυο, ορισμός συναγεμίων με κατώφλια χρησιμοποίησης ή ρυθμαπόδοσης (δηλαδή δημιουργείται κάποια αναφορά σε περίπτωση που η χρησιμοποίηση ή η ρυθμαπόδοση σε κάποιο κόμβο ξεπεράσει κάποιο κατώφλι) και τέλος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί προσομείωση για να ελεγχθούν σενάρια βελτίωσης της απόδοσης και χρησιμοποίησης του δικτύου. Σύμφωνα με αυτές τις απαιτήσεις, οι SMF που υπάγονται σε αυτή την περιοχή είναι : alarm reporting function (για τον ορισμό κατώφλιών και συναγεμίων), workload monitoring function (παρακολούθηση μεγεθών απόδοσης, φορτίου και λαθών) και measurement management function (εξαγωγή συγκεντρωτικών στατιστικών συμπερασμάτων).
5. **Security Management (διαχείριση ασφαλείας)** : Είναι η διαδικασία ελέγχου της πρόσβασης της πληροφορίας στο δίκτυο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί περιορίζοντας την πρόσβαση των χρηστών σε ευαίσθητους κόμβους ή συσκευές του δικτύου, ειδοποιώντας κάποιο υπεύθυνο σε περίπτωση παράνομης πρόσβασης ή άλλης παραβίασης και διατηρώντας ημερολόγιο παραβιάσεων. Η διαδικασία αποτελείται από τέσσερα μέρη : εντοπισμός της ευαίσθητης πληροφορίας, εντοπισμός των σημείων πρόσβασης σε αυτή, ασφάλιση των σημείων αυτών και διατήρηση της ασφάλειας. Σύμφωνα με αυτές τις απαιτήσεις οι SMF που αντιστοιχούν στην περιοχή αυτή είναι : log control function (ημερολόγια παραβιάσεων), security alarm reporting και security audit trail function.