

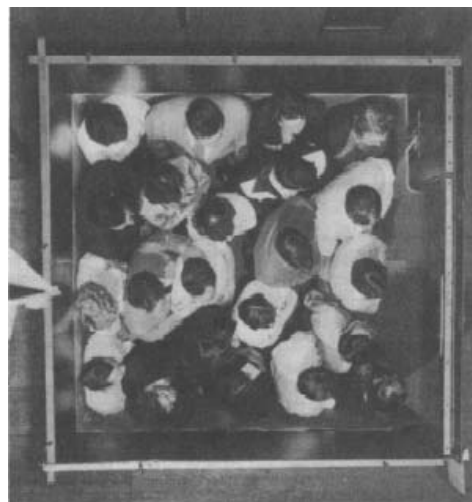


**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ – ΠΛΗ24  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΙΙ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ  
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ &  
ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗ UML**

**ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ  
(ELEVATOR CONTROL SYSTEM)**



**Βασίλης Χ. Γερογιάννης**

**2004**



## Πίνακας Περιεχομένων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	4
ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΓΝΩΣΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΚΕΙΜΕΝΟΥ .....	7
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	9
ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	13
Πρώτη Περίπτωση Χρήσης: Επιλογή Προορισμού .....	16
Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης: Κλήση Ανελκυστήρα .....	18
Αφαιρετικές Περιπτώσεις Χρήσης.....	19
Πρώτη Αφαιρετική Περίπτωση Χρήσης: Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε Όροφο ...	23
Δεύτερη Αφαιρετική Περίπτωση Χρήσης: Αποστολή Ανελκυστήρα.....	23
Νέα περιγραφή για την Περίπτωση Χρήσης Επιλογή Προορισμού .....	24
Νέα περιγραφή για την Περίπτωση Χρήσης Κλήση Ανελκυστήρα .....	25
ΤΟ ΣΤΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	27
Διάγραμμα Κλάσεων του Συστήματος.....	29
Το Μοντέλο του Πλαισίου Λειτουργίας του Συστήματος .....	34
Προσδιορισμός και Ταξινόμηση Αντικειμένων στις Εφαρμογές Πραγματικού Χρόνου .....	38
Τα Αντικείμενα της Εφαρμογής ΣΕΑ.....	42
ΤΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	46
Διάγραμμα Συνεργασίας για την Περίπτωση Χρήσης Επιλογή Προορισμού.....	49
Διάγραμμα Συνεργασίας για την Περίπτωση Χρήσης Κλήση Ανελκυστήρα .....	51
Διάγραμμα Συνεργασίας για την Αφαιρετική Περίπτωση Χρήσης Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε Όροφο – Διάγραμμα Καταστάσεων για το Αντικείμενο Έλεγχος Ανελκυστήρα .....	54
Διάγραμμα Συνεργασίας για την Αφαιρετική Περίπτωση Χρήσης Αποστολή Ανελκυστήρα – Διάγραμμα Καταστάσεων για το Αντικείμενο Έλεγχος Ανελκυστήρα .....	62
Ενιαίο Διάγραμμα Καταστάσεων για τον Έλεγχο του Ανελκυστήρα – Ιεραρχική Σχεδίαση του Δυναμικού Μοντέλου .....	69
ΑΡΧΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	77
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΑ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	81
Στυλ Αρχιτεκτονικής Σχεδίασης .....	82
Κριτήρια για τον Προσδιορισμό των Υποσυστημάτων .....	84
Τύποι Υποσυστημάτων.....	88
Προσδιορισμός των Υποσυστημάτων του Συστήματος ΣΕΑ.....	91
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	96
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	98



## Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1: Σύστημα πραγματικού χρόνου.....	5
Σχήμα 2: Η λειτουργία των ανελκυστήρων σε ένα πολυώροφο κτήριο.....	6
Σχήμα 3: Οι διατάξεις του συστήματος .....	12
Σχήμα 4: Το μοντέλο των περιπτώσεων χρήσης του συστήματος.....	14
Σχήμα 5: Το μοντέλο των περιπτώσεων χρήσης του συστήματος με τις αφαιρετικές περιπτώσεις χρήσης .....	22
Σχήμα 6: Διάγραμμα κλάσεων για την Εφαρμογή ΣΕΑ .....	33
Σχήμα 7: Διάγραμμα Κλάσεων για το Πλαίσιο Λειτουργίας του Συστήματος .....	37
Σχήμα 8: Ταξινόμηση κλάσεων αντικειμένων και στερεότυπα σε μια εφαρμογή πραγματικού χρόνου .....	41
Σχήμα 9: Διάγραμμα συνεργασίας για την περίπτωση χρήσης Επιλογή Προορισμού .....	51
Σχήμα 10: Διάγραμμα συνεργασίας για την περίπτωση χρήσης Κλήση Ανελκυστήρα .....	52
Σχήμα 11: Διάγραμμα συνεργασίας για την περίπτωση χρήσης Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε Όροφο.....	57
Σχήμα 12: Περίπτωση χρήσης Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε Όροφο – Διάγραμμα καταστάσεων για το αντικείμενο Έλεγχος Ανελκυστήρα ....	60
Σχήμα 13: Διάγραμμα συνεργασίας για την περίπτωση χρήσης Αποστολή Ανελκυστήρα .....	66
Σχήμα 14: Περίπτωση χρήσης Αποστολή Ανελκυστήρα – Διάγραμμα καταστάσεων για το αντικείμενο Έλεγχος Ανελκυστήρα .....	69
Σχήμα 15: Ενιαίο διάγραμμα καταστάσεων για το αντικείμενο Έλεγχος Ανελκυστήρα .....	71
Σχήμα 16: Διάγραμμα καταστάσεων για το αντικείμενο Έλεγχος Ανελκυστήρα στο υψηλότερο επίπεδο ιεραρχίας .....	73
Σχήμα 17: Ιεραρχικό Διάγραμμα Καταστάσεων.....	74
Σχήμα 18: Ενιαίο διάγραμμα συνεργασίας για το αντικείμενο Έλεγχος Ανελκυστήρα .....	80
Σχήμα 19: Τα υποσυστήματα της εφαρμογής .....	94
Σχήμα 20: Σχεδίαση του Υποσυστήματος Ανελκυστήρας .....	95



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην εργασία αυτή περιγράφεται μια μελέτη περίπτωσης (case-study) της εφαρμογής της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης και σχεδίασης συστημάτων. Στην εργασία θα χρησιμοποιηθούν οι συμβολισμοί και οι έννοιες της Ενοποιημένης Γλώσσας Μοντελοποίησης (Unified Modeling Language -UML). Η μελέτη περίπτωσης επικεντρώνεται σε ένα *Σύστημα Ελέγχου Ανελκυστήρων - ΣΕΑ (Elevator Control System - ECS)* που λειτουργεί σε ένα πολυώροφο κτήριο. Πρόκειται για ένα σύστημα ελέγχου που παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά ενός συστήματος πραγματικού χρόνου (real-time control system).

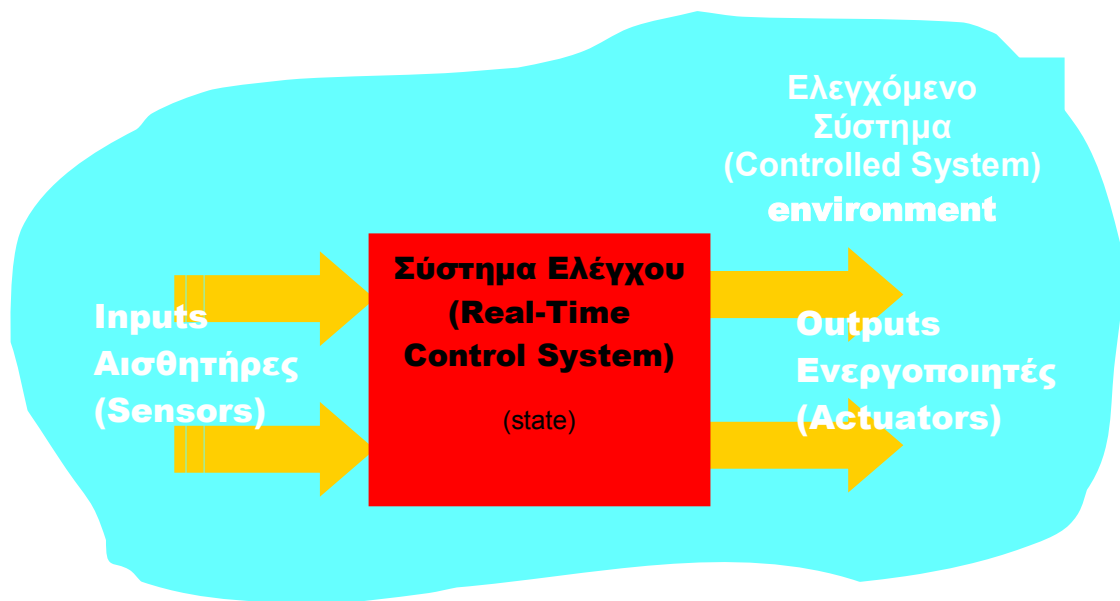
**Βασική Δομή Ενός Συστήματος Πραγματικού Χρόνου.** Στην εργασία οι όροι «σύστημα πραγματικού χρόνου» (real-time system) και «εφαρμογή πραγματικού χρόνου» (real-time application) θα χρησιμοποιούνται ισοδύναμα για να δηλώσουν το λογισμικό που υλοποιεί ένα σύστημα ελέγχου πραγματικού χρόνου (real-time controlling system), δηλαδή ένα σύστημα που συνήθως αποτελείται από δύο δομικές ενότητες-συστατικά (Σχήμα 1):

- ένα σύστημα ελέγχου (controlling system), και
- ένα ελεγχόμενο σύστημα (controlled system), που συχνά καλείται και με τον όρο περιβάλλον σύστημα (environment).

Το σύστημα ελέγχου είναι υπεύθυνο να αλληλεπιδρά συνεχώς με το περιβάλλον σύστημα διαμέσου συσκευών, αισθητήρες (sensors) που παρέχουν είσοδο (inputs) και ενεργοποιητές (actuators) που λαμβάνουν εξόδους (outputs), πάντοτε έχοντας ως απαίτηση να ικανοποιούνται συγκεκριμένοι χρονικοί περιορισμοί.

Το σύστημα συνδέεται και επικοινωνεί άμεσα (σε πραγματικό χρόνο) με αυτές τις συσκευές. Συνεπώς, βασικό χαρακτηριστικό σε ένα σύστημα πραγματικού χρόνου είναι ότι ένα μεγάλο πλήθος από δεδομένα "εισέρχονται" κατά τρόπο άμεσο (ασύγχρονο) στο σύστημα, υπόκεινται σε επεξεργασία και στη συνέχεια "εξέρχονται" από αυτό. Η είσοδος και η

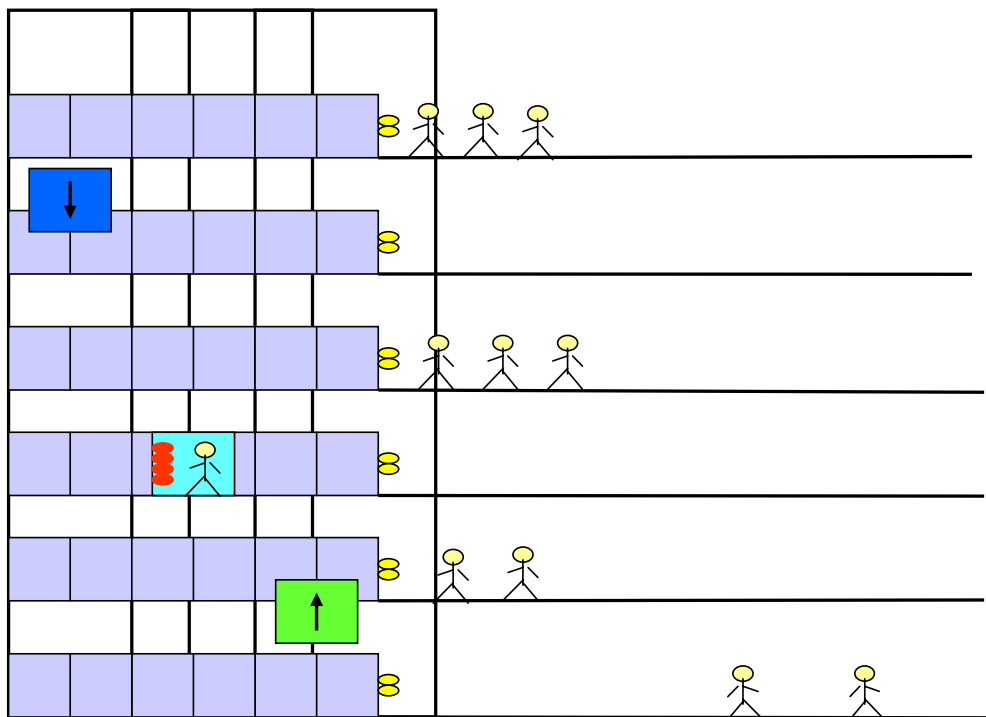
έξοδος των δεδομένων γίνεται συνεπώς με τη βοήθεια κατάλληλων εξωτερικών συσκευών. Πρόκειται για συσκευές εισόδου ή εξόδου που συνήθως δεν τις διαχειρίζεται απευθείας το υποκείμενο λειτουργικό σύστημα (αν υπάρχει), αλλά ελέγχονται από ειδικά προγράμματα, τους λεγόμενους οδηγούς συσκευών (device interface drivers).



Σχήμα 1: Σύστημα πραγματικού χρόνου

Ειδικότερα το σύστημα ΣΕΑ που θα μας απασχολήσει στην εργασία είναι μια εφαρμογή πραγματικού χρόνου που πραγματοποιεί, σε γενικές γραμμές, δύο βασικές λειτουργίες (Σχήμα 2):

- ελέγχει τους ανελκυστήρες ενός κτηρίου, ώστε αυτοί να αποκρίνονται στις επιλογές-αιτήσεις των χρηστών (οι χρήστες μπορεί να βρίσκονται στους ορόφους ή μέσα στους ανελκυστήρες),
- ελέγχει την κίνηση των ανελκυστήρων, ώστε αυτοί να κατευθύνονται και να μετακινούνται κατάλληλα μεταξύ των ορόφων του κτηρίου.



Σχήμα 2: Η λειτουργία των ανελκυστήρων σε ένα πολυώροφο κτήριο

Η βασική αιτία για την επιλογή της εφαρμογής ΣΕΑ ως παράδειγμα μελέτης είναι ότι αυτή αποτελεί αντιπροσωπευτική περίπτωση μιας σύνθετης εφαρμογής που εμφανίζει απαιτήσεις πραγματικού χρόνου (real-time requirements) και παρουσιάζει, ταυτόχρονα, σύνθετες δομές ελέγχου. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι ως εργαλείο για τη μοντελοποίηση χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον Visual Paradigm (Community Edition, Version 3.0).



## ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΓΝΩΣΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΚΕΙΜΕΝΟΥ

Στην εργασία αρχικά θα αναπτυχθεί με λεπτομέρεια μοντέλο της ανάλυσης του συστήματος ΣΕΑ (analysis model). Κατά την παρουσίαση των διαφόρων παραμέτρων του προβλήματος ελέγχου των ανελκυστήρων ενός κτηρίου που επιλύει το συγκεκριμένο σύστημα, βασικός στόχος είναι να παρουσιαστούν παράλληλα και οι βασικές αρχές της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης που υιοθετήθηκαν, ορισμένοι κανόνες και οδηγίες που διευκολύνουν τον αναλυτή στην εφαρμογή της ανάλυσης και οι αντίστοιχες βασικές έννοιες της UML. Η επιλογή της συγκεκριμένης εφαρμογής μας παρέχει την ευκαιρία να παρουσιαστεί ο τρόπος με τον οποίο η UML μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει τις απαιτήσεις μιας σχετικά σύνθετης εφαρμογής ελέγχου που παρουσιάζει απαιτήσεις και χαρακτηριστικά ενός συστήματος πραγματικού χρόνου.

**Στόχος της Ανάλυσης.** Αρχικά θα προσδιοριστούν οι λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος εφαρμογής περιγράφοντας τις αντίστοιχες περιπτώσεις χρήσης του. Στη συνέχεια, θα αναπτυχθούν το στατικό και το δυναμικό μοντέλο του συστήματος. Θα δώσουμε έμφαση στην ανάλυση των διαφόρων πλευρών του προβλήματος (problem domain) που καλείται να επιλύσει η εφαρμογή ΣΕΑ, δηλαδή θα λάβουμε υπόψη τις παραμέτρους του προβλήματος του ελέγχου των ανελκυστήρων. Βασικός στόχος λοιπόν είναι καταδειχτεί ότι κατά την αντικειμενοστρεφή ανάλυση εξετάζεται λεπτομερώς ένα πρόβλημα. Θα παρουσιαστεί ο τρόπος με τον οποίο αποφασίζει ένας αναλυτής το τι τελικά σύστημα πρέπει να αναπτυχθεί και ποια θα είναι τα βασικά συστατικά του στοιχεία, τα λεγόμενα αντικείμενα (objects).

Μετά τη φάση της ανάλυσης, θα αναπτυχθεί το αρχικό μοντέλο της σχεδίασης (initial design model) του συστήματος ΣΕΑ. Θα παρουσιαστεί το πως τα μοντέλα της ανάλυσης συσχετίζονται με παραμέτρους του



λειτουργικού περιβάλλοντος μέσα στο οποίο το σύστημα λειτουργεί και με τα χαρακτηριστικά της υλοποίησης.

**Στόχος της Σχεδίασης.** Στόχος της σχεδίασης λοιπόν είναι να καταδειχτεί ο τρόπος με τον οποίο αναπτύσσεται ένα σχέδιο για τη λύση του προβλήματος (solution domain) που αναλύθηκε προηγουμένως. Κατά τη σχεδίαση του συστήματος ΣΕΑ θα παρουσιαστεί ο τρόπος με τον οποίο αναλύεται το σύστημα σε συγκεκριμένα υποσυστήματα.



## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Θεωρούμε ότι υπάρχουν  $n$  σε πλήθος ανελκυστήρες σε ένα κτήριο. Σε κάθε ανελκυστήρα διακρίνουμε:



- **τα κουμπιά του ανελκυστήρα:**

Πρόκειται για ένα σύνολο από κουμπιά μέσα σε κάθε ανελκυστήρα, υπάρχει ένα αντίστοιχο κουμπί για κάθε όροφο και ένας χρήστης πραγματοποιεί μια κλήση και επιλέγει να μεταβεί σε ένα συγκεκριμένο προορισμό (όροφο) πιέζοντας το αντίστοιχο κουμπί.

- **τις ενδείξεις του ανελκυστήρα:**

Πρόκειται για ένα αντίστοιχο σύνολο από φωτιζόμενες ενδείξεις μέσα σε κάθε ανελκυστήρα και δίπλα από τα κουμπιά του ανελκυστήρα. Κάθε ένδειξη δείχνει τον όροφο από τον οποίο διέρχεται ο ανελκυστήρας και ο φωτισμός μιας ένδειξης σβήνει όταν φτάσει ο ανελκυστήρας στον αντίστοιχο όροφο.



- **τον κινητήρα του ανελκυστήρα:**

Είναι υπεύθυνος για κατευθύνει κατάλληλα την κίνηση του ανελκυστήρα. Ο ανελκυστήρας μπορεί να κινείται προς τα επάνω, προς τα κάτω ή να βρίσκεται σε στάση σε έναν όροφο.



- **την πόρτα του ανελκυστήρα:**

Η πόρτα κάθε ανελκυστήρα ελέγχεται από το σύστημα ελέγχου με κατάλληλες εντολές ώστε να ανοίγει όταν ο ανελκυστήρας σταματήσει σε ένα όροφο και να κλείνει όταν ο ανελκυστήρας είναι σε κίνηση. Εάν ένας ανελκυστήρας είναι σταματημένος σε ένα όροφο και δεν υπάρχουν άλλες κλήσεις γι' αυτόν, τότε θα παραμένει στον όροφο με την πόρτα ανοικτή.

Υπάρχουν  $m$  όροφοι στο κτήριο. Σε κάθε όροφο διακρίνουμε:



- **τα κουμπιά του ορόφου:**

Πρόκειται για δύο κουμπιά, ένα με ένδειξη προς τα πάνω και ένα με ένδειξη προς τα κάτω. Σε κάθε όροφο υπάρχουν δύο κουμπιά εκτός από το ισόγειο και τον τελευταίο όροφο που έχουν ένα. Ο χρήστης πιέζει το αντίστοιχο κουμπί και καλεί ένα ανελκυστήρα ώστε να μεταβεί προς την κατεύθυνση που επιθυμεί (πάνω ή κάτω).



- **τις ενδείξεις του ορόφου:**

Πρόκειται για δύο αντίστοιχες φωτιζόμενες ενδείξεις, που δείχνουν την κατεύθυνση προορισμού (προς τα πάνω ή προς τα κάτω) που έχει επιλεγεί. Ο φωτισμός μιας ένδειξης σβήνει όταν ένας ανελκυστήρας φτάσει στον αντίστοιχο όροφο και κινηθεί προς την επιθυμητή κατεύθυνση.



Σε καθένα από τους  $m$  ορόφους του κτηρίου και για καθένα από τους  $n$  ανελκυστήρες υπάρχουν επιπρόσθετα δύο φωτιζόμενες **ένδειξεις κατεύθυνσης**. Αυτές δείχνουν αν ο συγκεκριμένος ανελκυστήρας που φτάνει στον αντίστοιχο όροφο κατευθύνεται προς τα πάνω ή προς τα κάτω, ώστε οι χρήστες του ανελκυστήρα να γνωρίζουν την τρέχουσα κατεύθυνση του κάθε ανελκυστήρα.

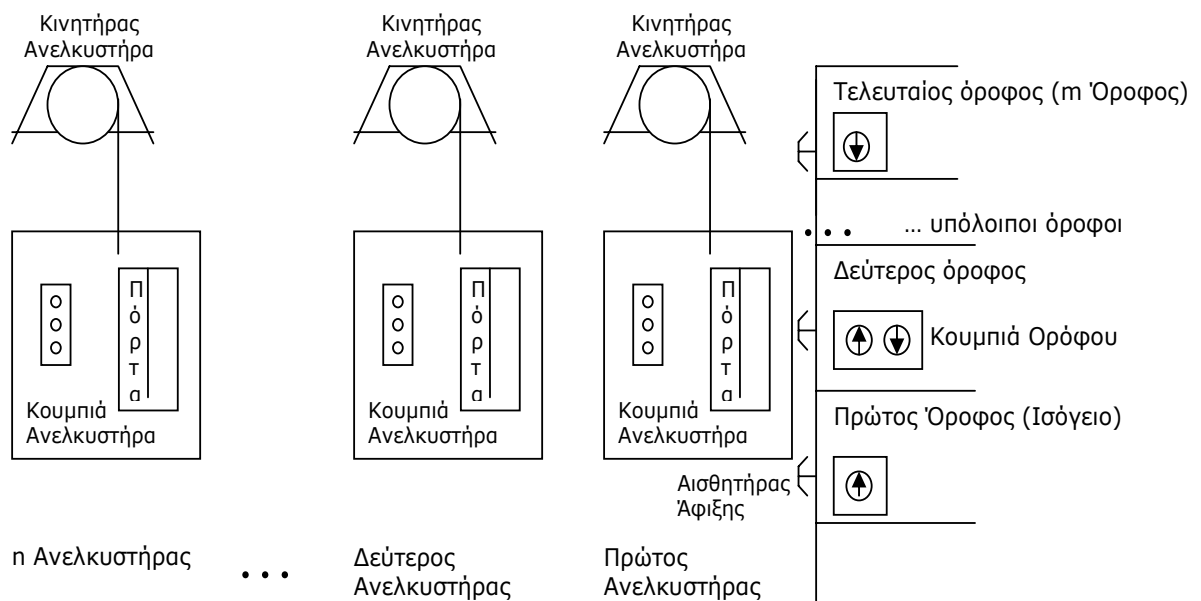
Για το ισόγειο και για τον τελευταίο όροφο υπάρχει μόνο ένα κουμπί ορόφου. Στο ισόγειο υπάρχει ένα κουμπί που δείχνει προς τα πάνω και στον τελευταίο όροφο υπάρχει ένα κουμπί που δείχνει προς τα κάτω. Επίσης στο ισόγειο και στον τελευταίο όροφο υπάρχει μια μόνο φωτιζόμενη ένδειξη ορόφου και (για καθένα από τους ανελκυστήρες) μια μόνο φωτιζόμενη ένδειξη κατεύθυνσης. Τέλος, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι σε κάθε όροφο και για κάθε ανελκυστήρα υπάρχει ένας κατάλληλος **αισθητήρας άφιξης** (arrival sensor), μια συσκευή δηλαδή που είναι υπεύθυνη να ανιχνεύει την άφιξη του αντίστοιχου ανελκυστήρα στον αντίστοιχο όροφο.

Το Σχήμα 3 παρουσιάζει μια συνολική εικόνα του συστήματος με όλες τις προαναφερόμενες διατάξεις.

Οι περισσότερες από αυτές τις συσκευές πρέπει να επικοινωνούν και μερικές από αυτές να ελέγχονται από το σύστημα ελέγχου. Οι συσκευές αποτελούν ουσιαστικά εξωτερικές διατάξεις επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης (εισόδου/εξόδου) με το σύστημα και παρουσιάζουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Τα κουμπιά του κάθε ανελκυστήρα, τα κουμπιά του κάθε ορόφου καθώς και οι αισθητήρες άφιξης αποτελούν μονάδες εισόδου για το σύστημα ελέγχου που δημιουργούν με τρόπο ασύγχρονο (κάθε φορά που πιέζεται το αντίστοιχο κουμπί ή κάθε φορά που διέρχεται ένας ανελκυστήρας από κάποιον όροφο) αντίστοιχα μηνύματα (σήματα) εισόδου για το σύστημα ελέγχου.

- Οι ενδείξεις του κάθε ανελκυστήρα και οι ενδείξεις σε κάθε όροφο αποτελούν διατάξεις εξόδου για το σύστημα ελέγχου. Οι διατάξεις αυτές πρέπει να ενεργοποιούνται και να απενεργοποιούνται από το λογισμικό του συστήματος (system software). Διατάξεις εξόδου επίσης είναι οι ενδείξεις κατεύθυνσης που και αυτές πρέπει να ενεργοποιούνται και να απενεργοποιούνται από το λογισμικό του συστήματος ελέγχου.



Σχήμα 3: Οι διατάξεις του συστήματος



## ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στα πρώτα στάδια της ανάλυσης ενός συστήματος προσδιορίζονται αρχικά οι λεγόμενες λειτουργικές του απαιτήσεις (functional requirements). Καταγράφονται δηλαδή οι εξωτερικές απαιτήσεις (external requirements) που ορίζουν το "τι κάνει" το σύστημα για τους χρήστες του ή καλύτερα το τι επιθυμούν οι χρήστες "να κάνει" το σύστημα. Για το λόγο αυτό τα αρχικά βήματα της ανάλυσης αναφέρονται συχνά και ως φάση μοντελοποίησης των απαιτήσεων (requirements modeling phase).

Κατά τον ορισμό των λειτουργικών απαιτήσεων, ένα σύστημα θεωρείται ως ένα "μαύρο κουτί" ώστε να λαμβάνονται υπόψη μόνο τα εξωτερικά του χαρακτηριστικά. Δεν εξετάζεται δηλαδή η εσωτερική δομή και η λειτουργία του συστήματος.

**Μοντέλο Περιπτώσεων Χρήσης.** Στη UML ο ορισμός των λειτουργικών απαιτήσεων επιτυγχάνεται με τον καθορισμό:

- των χειριστών (actors), που είναι οι χρήστες του συστήματος, και
- των αντίστοιχων περιπτώσεων χρήσης (use cases).

Οι περιπτώσεις χρήσης παρουσιάζουν τις βασικές λειτουργίες του συστήματος ανεξάρτητα από τη σειρά της εκτέλεσής τους. Οι περιπτώσεις χρήσης περιγράφουν δηλαδή τις λειτουργίες του συστήματος με τον τρόπο που αυτές γίνονται αντιληπτές από τους χρήστες του. Ένας χειριστής συμμετέχει σε μια περίπτωση χρήσης, ενώ μια περίπτωση χρήσης μπορεί να θεωρηθεί ότι ορίζει μια ακολουθία από αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε ένα ή περισσότερους χειριστές και το σύστημα. Οι απαιτήσεις χρήσης παρουσιάζονται γραφικά στη UML από ένα το διάγραμμα των περιπτώσεων χρήσης του συστήματος (use case diagram). Το διάγραμμα παρουσιάζει συνεπώς τις γενικές ενέργειες που μπορεί να κάνει ένας χρήστης με το σύστημα.

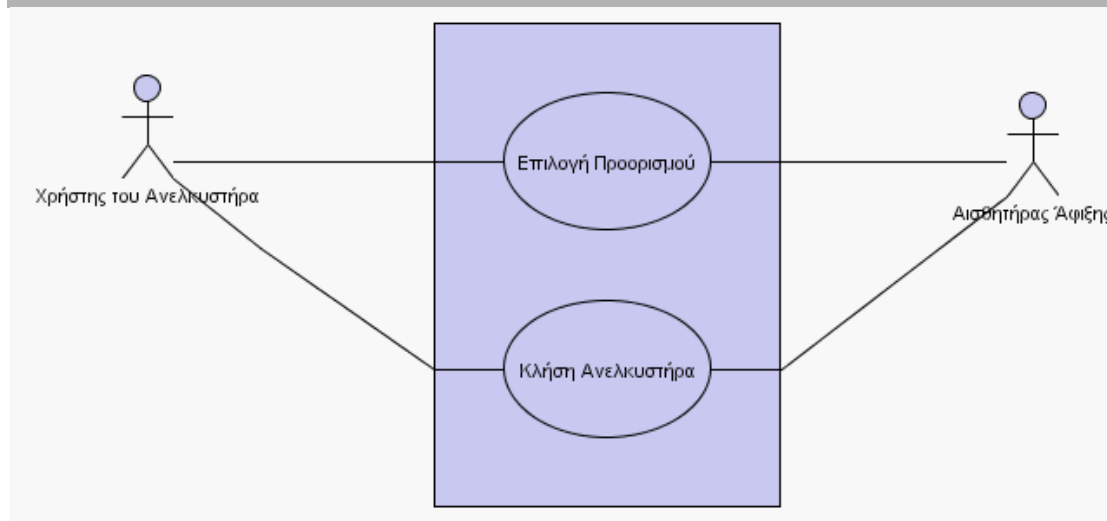
Το αντίστοιχο διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης για το σύστημα ΣΕΑ παρουσιάζεται στο Σχήμα 4. Στο διάγραμμα παρουσιάζονται δύο χειριστές (actors):

- ο **Χρήστης του Ανελκυστήρα**, και
- ο **Αισθητήρας Άφιξης**.

**Τύποι Χειριστών.** Στον καθορισμό των χειριστών μιας περίπτωσης χρήσης πρέπει γενικά να γίνει διάκριση μεταξύ:

- του βασικού (primary actor), και
- των δευτερευόντων χειριστών (secondary actors).

Ως βασικός θεωρείται κάθε χειριστής που ενεργοποιεί μια περίπτωση χρήσης. Οι υπόλοιποι χειριστές αναφέρονται και ως δευτερεύοντες χειριστές. Αυτοί συμμετέχουν στην περίπτωση χρήσης λαμβάνοντας από αυτή εξόδους (αποτελέσματα) και παρέχοντας σε αυτή εισόδους (δεδομένα).



Σχήμα 4: Το μοντέλο των περιπτώσεων χρήσης του συστήματος

Στην περίπτωση της εφαρμογής ΣΕΑ ο χειριστής **Χρήστης του Ανελκυστήρα** είναι εκείνος που, για να μεταβεί σε ένα όροφο, αλληλεπιδρά με τις αντίστοιχες συσκευές εισόδου δηλαδή με τα κουμπιά του κάθε ανελκυστήρα ή με τα κουμπιά του κάθε ορόφου. Ο **Χρήστης του Ανελκυστήρα** αποτελεί βασικό χειριστή, αφού συμμετέχει και ενεργοποιεί



και τις δύο βασικές περιπτώσεις χρήσης (use cases) του συστήματος. Συγκεκριμένα ενεργοποιεί:

- την περίπτωση χρήσης **Επιλογή Προορισμού**: ο χρήστης βρίσκεται μέσα σε ένα ανελκυστήρα και πιέζει ένα από τα κουμπιά του ανελκυστήρα, επιλέγοντας έτσι ένα αντίστοιχο προορισμό (όροφο),
- την περίπτωση χρήσης **Κλήση Ανελκυστήρα**: ο χρήστης βρίσκεται σε ένα όροφο και πιέζει ένα από τα δύο κουμπιά του ορόφου (είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω), για να καλέσει ένα ανελκυστήρα.

Ο δεύτερος χειριστής είναι ο **Αισθητήρας Άφιξης**. Αυτός ανιχνεύει την άφιξη του ανελκυστήρα στον αντίστοιχο όροφο και συμμετέχει ως δευτερεύων χειριστής στις δύο βασικές περιπτώσεις χρήσης. Ο χειριστής **Αισθητήρας Άφιξης** παρέχει και στις δύο περιπτώσεις χρήσης τα κατάλληλα μηνύματα (σήματα εισόδου). Συγκεκριμένα, για να ενημερώσει το σύστημα ελέγχου, κάθε φορά που διέρχεται ένας ανελκυστήρας από τον αντίστοιχο όροφο, δημιουργεί ένα αντίστοιχο σήμα εισόδου. Συνήθως σε μια εφαρμογή πραγματικού χρόνου τα σήματα αυτά που παρέχουν οι διάφοροι αισθητήρες καλούνται και γεγονότα διακοπής (interrupts).

**Επιλογή Χειριστών.** Ποιος όμως είναι ο λόγος για τον οποίο δεν επιλέχθηκαν να αποτελούν χειριστές και οι άλλες εξωτερικές συσκευές του συστήματος, για παράδειγμα η πόρτα του ανελκυστήρα, ο κινητήρας του ανελκυστήρα, οι ενδείξεις του ανελκυστήρα, οι ενδείξεις του ορόφου κλπ; Οι συσκευές αυτές αποτελούν βασικά συστατικά μέρη του περιβάλλοντος του συστήματος ΣΕΑ, αφού οι λειτουργίες τους πρέπει να ελέγχονται άμεσα και σε πραγματικό χρόνο από το σύστημα ελέγχου. Επιπρόσθετα, οι υπόλοιπες διατάξεις εισόδου, όπως τα κουμπιά του κάθε ανελκυστήρα και τα κουμπιά του κάθε ορόφου, αποτελούν ουσιαστικά διατάξεις της διεπαφής (interface) του χρήστη του ανελκυστήρα με το σύστημα ελέγχου. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι είναι πολύ συνηθισμένο στην περίπτωση των συστημάτων πραγματικού οι διάφορες εξωτερικές συσκευές εισόδου/εξόδου (όπως είναι ο αισθητήρας άφιξης στο σύστημα ΣΕΑ) να αποτελούν αντίστοιχους χειριστές. Τέλος είναι δυνατόν, όπως



παρουσιάζεται στο αντίστοιχο διάγραμμα των περιπτώσεων χρήσης (Σχήμα 4), ένας χειριστής να συμμετέχει σε περισσότερες από μία περιπτώσεις χρήσης. Αντίστοιχα μια περίπτωση χρήσης μπορεί να ενεργοποιείται από περισσότερους του ενός χειριστές.

Στη συνέχεια του κειμένου θα περιγράψουμε αναλυτικά τις περιπτώσεις χρήσης για το σύστημα ΣΕΑ. Η λεπτομερής περιγραφή των περιπτώσεων χρήσης είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στα πρώτα βήματα της ανάλυσης ενός συστήματος πραγματικού χρόνου. Ο αναλυτής θα πρέπει να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες και οι διάφορες εξωτερικές συσκευές εισόδου/εξόδου αλληλεπιδρούν με το υπό ανάλυση σύστημα.

Με σκοπό λοιπόν την αναλυτική προδιαγραφή και τεκμηρίωση της κάθε περίπτωσης χρήσης θα παρουσιαστούν:

- (i) οι εμπλεκόμενοι χειριστές,
- (ii) η κατάσταση εισόδου,
- (iii) μια αναλυτική περιγραφή για τη βασική ροή γεγονότων,
- (iv) οι εναλλακτικές ροές γεγονότων, και τέλος
- (v) η κατάσταση εξόδου για κάθε περίπτωση χρήσης.

## Πρώτη Περίπτωση Χρήσης: Επιλογή Προορισμού

### Χειριστές:

**Χρήστης του Ανελκυστήρα** (βασικός χειριστής), **Αισθητήρας Άφιξης**.

### Κατάσταση Εισόδου:

Ο χρήστης του ανελκυστήρα βρίσκεται μέσα στον ανελκυστήρα.

### Περιγραφή:

1. Ο χρήστης του ανελκυστήρα πιέζει ένα από τα κουμπιά του ανελκυστήρα υποδεικνύοντας ως προορισμό έναν όροφο που βρίσκεται πάνω από τον όροφο στον οποίο έχει σταθμεύσει ο ανελκυστήρας. Ο αισθητήρας του κουμπιού του ανελκυστήρα που πιάστηκε μεταδίδει την κλήση για τον επιλεγμένο όροφο στο σύστημα ελέγχου.



2. Η κλήση του χρήστη για μετάβαση στο συγκεκριμένο όροφο προστίθεται στην λίστα των μέχρι τώρα κλήσεων του ανελκυστήρα για σταμάτημα σε ορόφους. Αν ο ανελκυστήρας είναι σταματημένος, τότε το σύστημα ελέγχου καθορίζει προς ποια κατεύθυνση πρέπει να κινηθεί με σκοπό να εξυπηρετηθεί η επόμενη κλήση. Το σύστημα ελέγχου δίνει εντολή στην πόρτα του ανελκυστήρα να κλείσει. Μόλις η πόρτα κλείσει, το σύστημα ελέγχου δίνει εντολή στον κινητήρα ώστε να αρχίσει να κινείται ο ανελκυστήρας προς την επιθυμητή κατεύθυνση (είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω).
3. Καθώς ο ανελκυστήρας κινείται μεταξύ των ορόφων, ο αισθητήρας άφιξης σε κάθε όροφο ανιχνεύει αν ο ανελκυστήρας πλησιάζει στο επίπεδο του αντίστοιχου ορόφου και ενημερώνει σχετικά το σύστημα ελέγχου. Το σύστημα τότε ελέγχει εάν ο ανελκυστήρας πρέπει να σταματήσει στο συγκεκριμένο όροφο. Αν ναι, τότε το σύστημα ελέγχου δίνει εντολή στον κινητήρα να σταματήσει τον ανελκυστήρα. Μόλις ο κινητήρας σταματήσει τον ανελκυστήρα, τότε το σύστημα ελέγχου δίνει την κατάλληλη εντολή για να ανοίξει η πόρτα του ανελκυστήρα.
4. Εάν υπάρχουν άλλες εκκρεμείς κλήσεις, τότε ο ανελκυστήρας σταματά στους ορόφους που αντιστοιχούν στις εκκρεμείς κλήσεις καθώς κατευθύνεται προς τον τελικό όροφο προορισμού, όπου ζήτησε να μεταβεί με κλήση του ο χρήστης. Τελικά ο ανελκυστήρας φτάνει στον όροφο αυτό, στον προορισμό δηλαδή που ζητήθηκε από το χρήστη.

### **Εναλλακτικές Ροές Γεγονότων:**

- Ο χρήστης πιέζει ένα από τα κουμπιά του ανελκυστήρα υποδεικνύοντας ως προορισμό έναν όροφο που βρίσκεται κάτω από τον όροφο στον οποίο έχει σταθμεύσει ο ανελκυστήρας. Η απόκριση του συστήματος ελέγχου πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο όπως και στην περίπτωση που επιλέγεται ως προορισμός ένας από τους πάνω ορόφους.



- Εάν ο ανελκυστήρας είναι σταματημένος σε ένα όροφο και δεν πρόκειται να επισκεφτεί κανένα όροφο (δεν υπάρχει καμία κλήση του ανελκυστήρα από χρήστες για σταμάτημα σε ορόφους), τότε παραμένει στον όροφο με την πόρτα ανοικτή.

### **Κατάσταση Εξόδου:**

Ο ανελκυστήρας έχει φτάσει στον όροφο-προορισμό που ζητήθηκε από το χρήστη.

### **Δεύτερη Περίπτωση Χρήσης: Κλήση Ανελκυστήρα**

#### **Χειριστές:**

**Χρήστης του Ανελκυστήρα** (βασικός χειριστής), **Αισθητήρας Άφιξης**.

#### **Κατάσταση Εισόδου:**

Ο χρήστης του ανελκυστήρα βρίσκεται σε ένα όροφο και καλεί τον ανελκυστήρα.

#### **Περιγραφή:**

1. Ο χρήστης του ανελκυστήρα πιέζει το ένα από τα δύο κουμπιά του ορόφου, για παράδειγμα εκείνο που αντιστοιχεί στην ένδειξη προς τα πάνω. Ο αισθητήρας του κουμπιού του ορόφου που πιέστηκε μεταδίδει την κλήση του χρήστη στο σύστημα ελέγχου ώστε να καθοριστεί ο όροφος στον οποίο βρίσκεται ο χρήστης.
2. Το σύστημα ελέγχου επιλέγει ένα ανελκυστήρα για να μεταβεί προς τον όροφο όπου βρίσκεται ο χρήστης. Η νέα κλήση του χρήστη για μετάβαση στο συγκεκριμένο όροφο προστίθεται στην λίστα των μέχρι τώρα κλήσεων του ανελκυστήρα για σταμάτημα σε ορόφους. Αν ο ανελκυστήρας είναι σταματημένος, τότε το σύστημα ελέγχου καθορίζει προς ποια κατεύθυνση πρέπει να κινηθεί με σκοπό να εξυπηρετηθεί η επόμενη κλήση. Το σύστημα ελέγχου δίνει εντολή στην πόρτα του ανελκυστήρα να κλείσει. Μόλις η πόρτα κλείσει, το σύστημα ελέγχου δίνει εντολή στον κινητήρα ώστε να αρχίσει να κινείται ο ανελκυστήρας προς την επιθυμητή κατεύθυνση (είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω).



3. Καθώς ο ανελκυστήρας κινείται μεταξύ των ορόφων, ο αισθητήρας άφιξης σε κάθε όροφο ανιχνεύει αν ο ανελκυστήρας πλησιάζει στο επίπεδο του αντίστοιχου ορόφου και ενημερώνει σχετικά το σύστημα ελέγχου. Το σύστημα τότε ελέγχει εάν ο ανελκυστήρας πρέπει να σταματήσει στον όροφο. Αν ναι, το σύστημα ελέγχου δίνει εντολή στον κινητήρα να σταματήσει τον ανελκυστήρα. Μόλις ο κινητήρας σταματήσει τον ανελκυστήρα, το σύστημα ελέγχου δίνει εντολή να ανοίξει η πόρτα του ανελκυστήρα.
4. Εάν υπάρχουν άλλες εκκρεμείς κλήσεις, τότε ο ανελκυστήρας συνεχίζει να σταματά στους ορόφους που αντιστοιχούν στις εκκρεμείς κλήσεις καθώς κατευθύνεται προς τον τελικό όροφο προορισμού όπου ζήτησε να μεταβεί ο χρήστης. Τελικά ο ανελκυστήρας φτάνει στον όροφο όπου βρίσκεται ο χρήστης και αποκρίνεται με τον τρόπο αυτό στην αρχική κλήση του.

### **Εναλλακτικές Ροές Γεγονότων:**

- Ο χρήστης πιέζει το δεύτερο από τα δύο κουμπιά του ορόφου, εκείνο που αντιστοιχεί στην ένδειξη προς τα κάτω. Η απόκριση του συστήματος ελέγχου πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο όπως και στην περίπτωση που περιγράψαμε, όταν επιλέγεται το κουμπί του ορόφου που αντιστοιχεί στην ένδειξη προς τα πάνω.
- Εάν ο ανελκυστήρας είναι σταματημένος σε ένα όροφο και δεν πρόκειται να επισκεφτεί κανένα όροφο (δεν υπάρχει καμία κλήση του ανελκυστήρα από χρήστες για σταμάτημα σε ορόφους), τότε παραμένει στον όροφο με την πόρτα ανοικτή.

### **Κατάσταση Εξόδου:**

Ο ανελκυστήρας έχει φτάσει στον όροφο όπου βρίσκεται ο χρήστης αποκρινόμενος στην κλήση του.

### **Αφαιρετικές Περιπτώσεις Χρήσης**

Στο επόμενο βήμα της ανάλυσης των περιπτώσεων χρήσης πρέπει να δούμε αν μπορούν να καθοριστούν κατάλληλες σχέσεις (relationships) ανάμεσα



τους. Ο καθορισμός σχέσεων μειώνει την πολυπλοκότητα των προδιαγραφών των περιπτώσεων χρήσης και διευκολύνει γενικότερα την επαναχρησιμοποίηση των περιπτώσεων χρήσης. Αυτό μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμο στην προκειμένη μελέτη περίπτωσης, όπου οι προδιαγραφές των περιπτώσεων είναι ιδιαίτερα πολύπλοκες.

**Σχέσεις Μεταξύ των Περιπτώσεων Χρήσης.** Οι σχέσεις ανάμεσα σε περιπτώσεις χρήσης μπορεί γενικά να είναι τριών τύπων:

(i) του τύπου “επεκτείνει” (extend):

μια τέτοια σχέση ορίζει ότι μια δεδομένη περίπτωση χρήσης μπορεί, σε κάποιες συνθήκες, να παρουσιάζει κάποια “επιπρόσθετα” χαρακτηριστικά,

(ii) του τύπου “γενικεύει” (generalize):

μια σχέση γενίκευσης από μια περίπτωση χρήσης A προς μια περίπτωση χρήσης B δηλώνει ότι η A είναι μια ειδική περίπτωση της B,

(iii) του τύπου “περιλαμβάνει” (include):

είναι μια σχέση που δείχνει ότι μια περίπτωση χρήσης περιλαμβάνει τις λειτουργίες μιας άλλης περίπτωσης χρήσης.

Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι αν εκτελείται υποχρεωτικά η περίπτωση χρήσης που περιλαμβάνεται σε μια άλλη, τότε χρησιμοποιείται η συσχέτιση «include». Αν όμως η βασική περίπτωση χρήσης είναι πλήρης και η χρήση της περιλαμβανόμενης περίπτωσης χρήσης είναι προαιρετική τότε χρησιμοποιείται η συσχέτιση «extend».

Στο παράδειγμα της εφαρμογής ΣΕΑ παρατηρούνται κοινές ακολουθίες βημάτων και στις δύο περιπτώσεις χρήσης. Αυτές οι κοινές ακολουθίες βημάτων μπορούν να αποτελέσουν αφαιρετικές περιπτώσεις χρήσης (abstract use cases), οι οποίες μπορούν, όπου απαιτείται, να επαναχρησιμοποιηθούν στις δύο περιπτώσεις χρήσης. Μια αφαιρετική περίπτωση χρήσης αντιστοιχεί σε λειτουργίες που εμφανίζονται να είναι κοινές σε περισσότερες από μια περιπτώσεις χρήσης. Μια αφαιρετική περίπτωση χρήσης ποτέ δεν εκτελείται από μόνη της. Εκτελείται σε συνδυασμό με μια άλλη περίπτωση χρήσης η οποία και περιλαμβάνει



(includes) και, συνεπώς, εκτελεί την αφαιρετική περίπτωση χρήσης. Για να κατανοήσουμε περισσότερο την έννοια μπορούμε να αναλογιστούμε ανάλογα παραδείγματα από το χώρο του προγραμματισμού (software programming). Μια αφαιρετική περίπτωση χρήσης μπορεί να θεωρηθεί σαν μια ρουτίνα βιβλιοθήκης (library routine). Για να εκτελεστεί ο κώδικας μιας ρουτίνας βιβλιοθήκης πρέπει αυτή να κληθεί από το αντίστοιχο κυρίως πρόγραμμα (main program). Το κυρίως πρόγραμμα αποτελεί συνεπώς το ανάλογο παράδειγμα στον προγραμματισμό για μια περίπτωση χρήσης που καλεί τις αφαιρετικές περιπτώσεις χρήσης (τις ρουτίνες βιβλιοθήκης) που περιλαμβάνει.

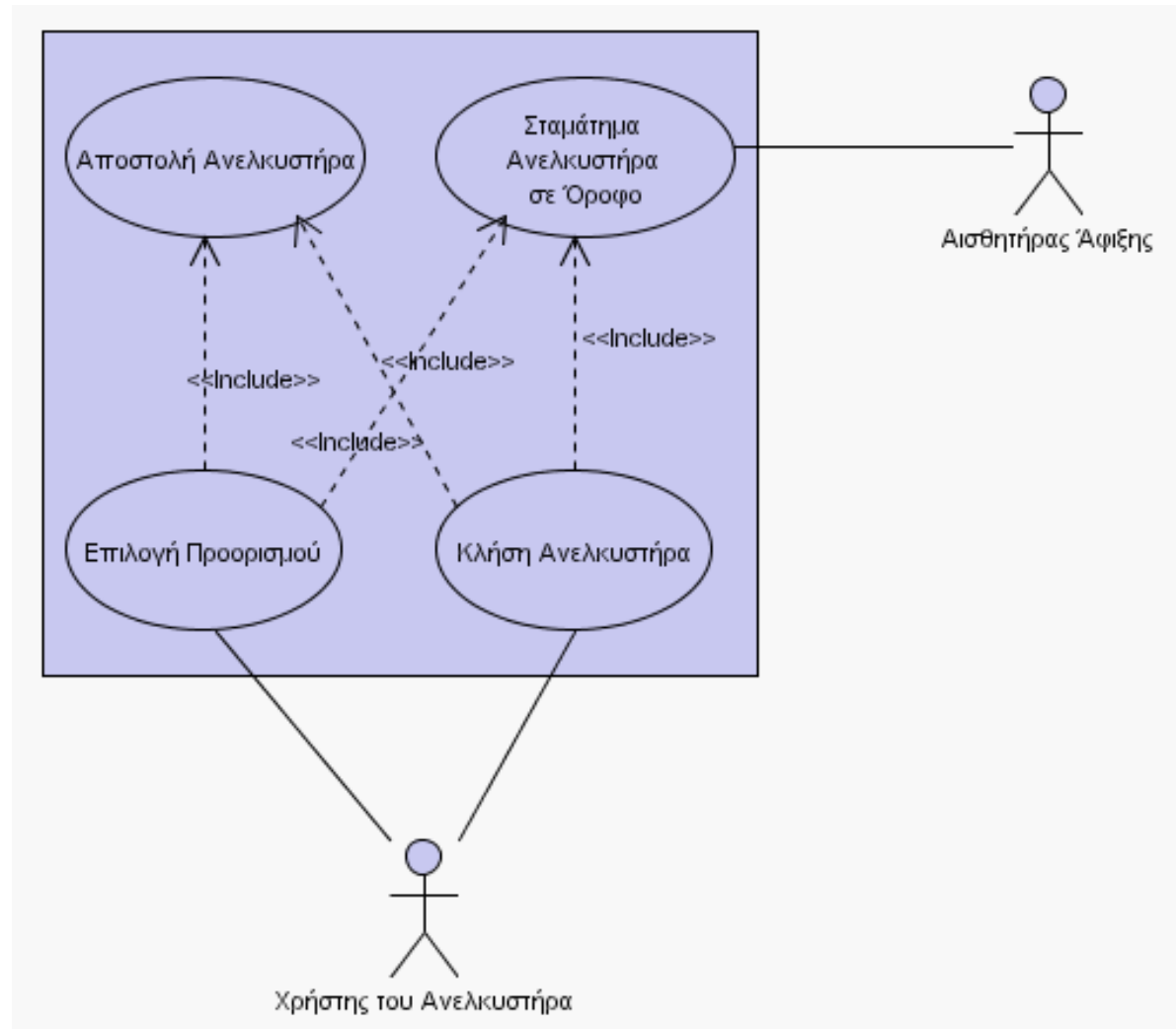
Στην προηγούμενη προδιαγραφή των δύο βασικών (primary) περιπτώσεων χρήσης για το σύστημα ελέγχου των ανελκυστήρων είναι φανερό ότι υπάρχουν δύο κοινές ακολουθίες βημάτων. Μετά το δεύτερο βήμα της βασικής ροής της κάθε περίπτωσης χρήσης παρουσιάζονται τα ίδια ακριβώς βήματα. Μπορούμε λοιπόν να καθορίσουμε αντιστοίχως δύο αφαιρετικές περιπτώσεις χρήσης για το σύστημα, οι οποίες με τη σειρά τους μπορούν να συμπεριληφθούν (include) σε απλούστερες εκδόσεις των δύο (βασικών) περιπτώσεων χρήσης.

Συγκεκριμένα:

- Δίνουμε στην πρώτη αφαιρετική περίπτωση χρήσης το όνομα **Αποστολή Ανελκυστήρα**. Αυτή αντιστοιχεί στα βήματα που πραγματοποιούνται όταν ένας ανελκυστήρας κινείται κατάλληλα από τον κινητήρα σε απόκριση μιας κλήσης του χρήστη.
- Η δεύτερη αφαιρετική περίπτωση χρήσης αντιστοιχεί στα βήματα που πραγματοποιούνται για να σταματήσει ένας ανελκυστήρας σε ένα όροφο και τις δίνουμε για το λόγο αυτό το όνομα **Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε Όροφο**.

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται το μοντέλο των περιπτώσεων χρήσης που τώρα περιλαμβάνει τις δύο αφαιρετικές περιπτώσεις χρήσης καθώς και τις σχέσεις τύπου “περιλαμβάνει” (include) ανάμεσα σε αυτές και τις βασικές περιπτώσεις χρήσης. Τόσο η βασική περίπτωση χρήσης **Επιλογή**

**Προορισμού**, όσο και η βασική περίπτωση χρήσης **Κλήση Ανελκυστήρα** θα περιλαμβάνουν και τις δύο νέες, αφαιρετικές περιπτώσεις χρήσης.



Σχήμα 5: Το μοντέλο των περιπτώσεων χρήσης του συστήματος με τις αφαιρετικές περιπτώσεις χρήσης

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε αναλυτικά και τις δύο νέες αφαιρετικές περιπτώσεις χρήσης. Αμέσως μετά δίνουμε μια απλούστερη προδιαγραφή και για τις δύο βασικές περιπτώσεις χρήσης, καθώς αυτές τώρα χρησιμοποιούν (περιλαμβάνουν) τις δύο νέες αφαιρετικές περιπτώσεις χρήσης.



## **Πρώτη Αφαιρετική Περίπτωση Χρήσης: Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε Όροφο**

### **Χειριστής:**

**Αισθητήρας Άφιξης.**

### **Κατάσταση Εισόδου:**

Ο ανελκυστήρας βρίσκεται σε κίνηση.

### **Περιγραφή:**

Καθώς ο ανελκυστήρας κινείται μεταξύ των ορόφων, ο αισθητήρας άφιξης σε κάθε όροφο ανιχνεύει αν ο ανελκυστήρας πλησιάζει στο επίπεδο του αντίστοιχου ορόφου και ενημερώνει σχετικά το σύστημα ελέγχου. Το σύστημα τότε ελέγχει εάν ο ανελκυστήρας πρέπει να σταματήσει στον όροφο. Αν ναι, τότε το σύστημα ελέγχου δίνει εντολή στον κινητήρα να σταματήσει τον ανελκυστήρα. Μόλις ο κινητήρας σταματήσει τον ανελκυστήρα, το σύστημα ελέγχου δίνει εντολή ώστε να ανοίξει η πόρτα του ανελκυστήρα.

### **Εναλλακτική Ροή Γεγονότων:**

Ο ανελκυστήρας δεν χρειάζεται να σταματήσει στο συγκεκριμένο όροφο και συνεπώς συνεχίζει να κινείται.

### **Κατάσταση Εξόδου:**

Ο ανελκυστήρας έχει σταματήσει στο σωστό όροφο με την πόρτα ανοικτή.

## **Δεύτερη Αφαιρετική Περίπτωση Χρήσης: Αποστολή Ανελκυστήρα**

### **Χειριστής:**

-

Σημειώνουμε ότι είναι δυνατόν (όπως εδώ) μια αφαιρετική περίπτωση χρήσης να μην συνδέεται με κάποιο χειριστή. Ο χειριστής τότε είναι ουσιαστικά ο χειριστής της βασικής περίπτωσης χρήσης που περιλαμβάνει την αφαιρετική περίπτωση χρήσης. Εδώ συγκεκριμένα πρόκειται για το **Χρήστη του Ανελκυστήρα.**



## **Κατάσταση Εισόδου:**

Ο ανελκυστήρας βρίσκεται σε ένα όροφο με την πόρτα ανοικτή.

## **Περιγραφή:**

Το σύστημα ελέγχου καθορίζει προς ποια κατεύθυνση χρειάζεται να κινηθεί ο ανελκυστήρας με σκοπό να εξυπηρετηθεί η επόμενη κλήση. Το σύστημα ελέγχου δίνει εντολή στην πόρτα του ανελκυστήρα να κλείσει. Μόλις η πόρτα κλείσει, το σύστημα ελέγχου δίνει εντολή στον κινητήρα ώστε να αρχίσει να κινείται ο ανελκυστήρας προς την επιθυμητή κατεύθυνση (είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω).

## **Εναλλακτική Ροή Γεγονότων:**

Εάν ο ανελκυστήρας είναι σταματημένος σε ένα όροφο και δεν πρόκειται να επισκεφτεί κανένα όροφο (δεν υπάρχει καμία κλήση του ανελκυστήρα από χρήστες για σταμάτημα σε ορόφους), τότε παραμένει στον όροφο με την πόρτα ανοικτή.

## **Κατάσταση Εξόδου:**

Ο ανελκυστήρας κινείται προς την κατεύθυνση-προορισμό που έχει καθοριστεί.

## **Νέα περιγραφή για την Περίπτωση Χρήσης Επιλογή**

### **Προορισμού**

#### **Χειριστής:**

**Χρήστης του Ανελκυστήρα.**

#### **Κατάσταση Εισόδου:**

Ο χρήστης του ανελκυστήρα βρίσκεται μέσα στον ανελκυστήρα.

#### **Περιγραφή:**

1. Ο χρήστης του ανελκυστήρα πιέζει ένα από τα κουμπιά του ανελκυστήρα υποδεικνύοντας ως προορισμό έναν όροφο που βρίσκεται πάνω από τον όροφο στον οποίο έχει σταθμεύσει ο ανελκυστήρας. Ο αισθητήρας του κουμπιού του ανελκυστήρα που πιάστηκε μεταδίδει την κλήση για τον επιλεγμένο όροφο στο σύστημα ελέγχου.



2. Η νέα κλήση του χρήστη για μετάβαση στο συγκεκριμένο όροφο προστίθεται στη λίστα των μέχρι τώρα κλήσεων του ανελκυστήρα για σταμάτημα σε ορόφους. Αν ο ανελκυστήρας είναι σταματημένος, τότε εκτελείται η περίπτωση χρήσης **Αποστολή Ανελκυστήρα**.
3. Εκτελείται η περίπτωση χρήσης **Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε Όροφο**.
4. Εάν υπάρχουν άλλες εκκρεμείς κλήσεις, τότε ο ανελκυστήρας συνεχίζει να επισκέπτεται και να σταματά στους ορόφους που αντιστοιχούν στις εκκρεμείς κλήσεις, καθώς κατευθύνεται προς τον τελικό όροφο προορισμού, όπου ζήτησε να μεταβεί ο χρήστης. Τελικά ο ανελκυστήρας φτάνει στον όροφο-προορισμό που ζητήθηκε από το χρήστη.

#### **Εναλλακτική Ροή Γεγονότων:**

Ο χρήστης του ανελκυστήρα πιέζει ένα από τα κουμπιά του ανελκυστήρα υποδεικνύοντας ως τελικό προορισμό έναν όροφο που βρίσκεται κάτω από τον όροφο στον οποίο έχει σταθμεύσει ο ανελκυστήρας. Η απόκριση του συστήματος ελέγχου πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο όπως και στην περίπτωση που επιλέγεται ως προορισμός ένας από τους πάνω ορόφους.

#### **Κατάσταση Εξόδου:**

Ο ανελκυστήρας έχει φτάσει στον όροφο-προορισμό που ζητήθηκε από το χρήστη.

### **Νέα περιγραφή για την Περίπτωση Χρήσης Κλήση Ανελκυστήρα**

#### **Χειριστής:**

**Χρήστης του Ανελκυστήρα.**

#### **Κατάσταση Εισόδου:**

Ο χρήστης του ανελκυστήρα είναι σε ένα όροφο και καλεί τον ανελκυστήρα.

#### **Περιγραφή:**



1. Ο χρήστης πιέζει το ένα από τα δύο κουμπιά του ορόφου, εκείνο που αντιστοιχεί στην ένδειξη προς τα πάνω. Ο αισθητήρας του κουμπού του ορόφου που πιέστηκε μεταδίδει την κλήση του χρήστη στο σύστημα ελέγχου ώστε να καθορισθεί ο όροφος στον οποίο βρίσκεται ο χρήστης.
2. Το σύστημα ελέγχου επιλέγει ένα ανελκυστήρα να μεταβεί προς τον όροφο όπου βρίσκεται ο χρήστης. Η νέα κλήση του χρήστη για μετάβαση στο συγκεκριμένο όροφο προστίθεται στην λίστα των μέχρι τώρα κλήσεων του ανελκυστήρα για σταμάτημα σε ορόφους. Αν ο ανελκυστήρας είναι σταματημένος, τότε εκτελείται η περίπτωση χρήσης **Αποστολή Ανελκυστήρα**.
3. Εκτελείται η περίπτωση χρήσης **Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε Όροφο**.
4. Εάν υπάρχουν άλλες εκκρεμείς κλήσεις, τότε ο ανελκυστήρας συνεχίζει να επισκέπτεται και να σταματά στους ορόφους που αντιστοιχούν στις εκκρεμείς κλήσεις, καθώς κατευθύνεται προς τον όροφο προορισμού όπου ζήτησε να μεταβεί ο χρήστης. Τελικά ο ανελκυστήρας φτάνει στον όροφο όπου βρίσκεται ο χρήστης αποκρινόμενος στην κλήση του.

### **Εναλλακτική Ροή Γεγονότων:**

Ο χρήστης του ανελκυστήρα πιέζει το δεύτερο από τα δύο κουμπιά του ορόφου, εκείνο που αντιστοιχεί στην ένδειξη προς τα κάτω. Η απόκριση του συστήματος ελέγχου πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο όπως και στην περίπτωση που επιλέγεται το κουμπί του ορόφου που αντιστοιχεί στην ένδειξη προς τα πάνω.

### **Κατάσταση Εξόδου:**

Ο ανελκυστήρας έχει φτάσει στον όροφο όπου βρίσκεται ο χρήστης σε απόκριση της κλήσης του.



## ΤΟ ΣΤΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στο επόμενο βήμα της ανάλυσης πρέπει να προσδιορίσουμε το λεγόμενο στατικό μοντέλο (static model) του συστήματος, δηλαδή να δώσουμε μια εικόνα για τη δομή του συστήματος (system structure) και τις βασικές δομικές του ενότητες, τα λεγόμενα συστατικά του συστήματος (system components). Στη UML το στατικό μοντέλο του συστήματος δίνεται γραφικά από ένα αντίστοιχο διάγραμμα κλάσεων (class diagram).

**Τι Απεικονίζει Ένα Διάγραμμα Κλάσεων.** Ένα διάγραμμα κλάσεων απεικονίζει τη στατική δομή ενός συστήματος παρουσιάζοντας τις κλάσεις αντικειμένων, δηλαδή αναγνωρίσιμες και διακριτές οντότητες του συστήματος που κατάλληλα ενσωματώνουν δεδομένα και λειτουργίες (μεθόδους) που επενεργούν στα δεδομένα αυτά. Στις αντικειμενοστρεφείς μεθοδολογίες η ιδιότητα αυτή των κλάσεων αντικειμένων είναι ευρύτερα γνωστή με τον όρο κελυφοποίηση (encapsulation). Υπογραμμίζουμε ότι εξακολουθούμε να αναφερόμαστε στη φάση της ανάλυσης, οπότε οι κλάσεις στο στατικό μοντέλο αντιστοιχούν σε πραγματικές οντότητες (σε δομικά συστατικά) του υπό ανάλυση προβλήματος. Από τις κλάσεις (δηλ. τους τύπους) δημιουργούνται τα αντικείμενα (objects), που αποτελούν τα στιγμιότυπα-παραδείγματα (instances) αυτών των κλάσεων, όταν το σύστημα αποκτά δυναμική και λειτουργεί. Μια κλάση λοιπόν ορίζει μια κοινή δομή και συμπεριφορά για όλα τα αντικείμενα που ανήκουν σε αυτή. Σε ένα διάγραμμα κλάσεων της UML κάθε κλάση απεικονίζεται με ένα ορθογώνιο, όπου εκτός από το όνομα της κλάσης μπορεί να παρουσιάζονται:

- τα πεδία-κατηγορήματα (attributes) της κλάσης που είναι τα ιδιωτικά δεδομένα της (π.χ. ο αριθμός ενός ορόφου, ο αύξων αριθμός του ανελκυστήρα), και
- οι λειτουργίες-μέθοδοι (operations/methods) της κλάσης που είναι οι λειτουργίες μιας κλάσης που μπορεί να καλούνται από άλλα αντικείμενα



(π.χ. λειτουργίες για τον έλεγχο της άφιξης σε ένα όροφο ή για την επιλογή ενός ανελκυστήρα).

Επιπρόσθετα, σε ένα διάγραμμα κλάσεων παρουσιάζονται οι λεγόμενες σχέσεις (relationships) μεταξύ των κλάσεων. Στο στατικό μοντέλο του συστήματος οι σχέσεις δεν δείχνουν τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν τα αντικείμενα αλλά το πως αυτά συνδέονται μεταξύ τους.

**Σχέσεις σε ένα Διάγραμμα Κλάσεων.** Γενικά οι σχέσεις στα διαγράμματα κλάσεων μπορεί να είναι τριών κατηγοριών:

- (i) τύπου συσχέτισης (associations).
- (ii) τύπου συναρμολόγησης (aggregations) και τύπου σύνθεσης (compositions).
- (iii) Σχέσεις τύπου γενίκευσης / εξειδίκευσης (generalizations / specializations).

Οι συσχετίσεις αναπαριστούν μόνιμες, σταθερές σχέσεις μεταξύ των κλάσεων. Για παράδειγμα, η κλάση **Ανελκυστήρας** θα συνδέεται με μια σχέση τύπου συσχέτισης με έναν ή περισσότερους (όσοι είναι οι όροφοι) αισθητήρες άφιξης.

Η συναρμολόγηση (aggregation) δείχνει μια σχέση μεταξύ ενός αντικειμένου που αποτελείται από κάποια άλλα αντικείμενα, δηλαδή αναπαριστά μια σχέση του τύπου όλου-μερών (whole-part relationship) και συμβολίζεται με ένα λευκό ρόμβο από την πλευρά του όλου. Για να κατανοήσουμε μια σχέση συναρμολόγησης μπορούμε να αναλογιστούμε ένα παράδειγμα από μια άλλη εφαρμογή: μια κλάση με όνομα **Πανεπιστημιακή Σχολή** αποτελείται από κλάσεις που αναπαριστούν τη **Γραμματεία** κάθε Σχολής, πολλά **Τμήματα** και πολλά **Εργαστήρια**. Νέα τμήματα (ή νέα εργαστήρια) μπορούν να δημιουργούνται ή παλαιά τμήματα (ή εργαστήρια) να καταργούνται. Η σύνθεση (composition) από την άλλη πλευρά είναι ισχυρότερη σχέση συγκριτικά με τη συναρμολόγηση. Αυτό σημαίνει ότι είναι και αυτή μια σχέση τύπου όλου-μερών, μόνο που η διαφορά εδώ είναι ότι τα αντικείμενα-μέρη αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα



του όλου. Τα αντικείμενα-μέρη αποτελούν φυσικές οντότητες που δεν αλλάζουν (δεν μπορεί να δημιουργούνται ή να καταργούνται) και, γενικότερα, δεν μπορούν να υφίστανται εάν δεν υφίσταται το όλο, η σύνθετη κλάση δηλαδή στην οποία και περιέχονται. Τα αντικείμενα-μέρη επίσης θα πρέπει να προσέξουμε να ανήκουν σε ένα και μόνο ένα αντικείμενο-όλο. Για παράδειγμα, οι κλάσεις **Κουμπί Ορόφου** και **Ένδειξη Ορόφου** αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα της κλάσης **Όροφος** και κάθε κουμπί ανήκει σε ένα και μόνο όροφο. Η σύνθεση συμβολίζεται με ένα μαύρο ρόμβο από την πλευρά του όλου. Τόσο στην περίπτωση της συναρμολόγησης όσο και στην περίπτωση της σύνθεσης τα κατηγορήματα του αντικειμένου-όλου αποτελούν και κατηγορήματα και στα αντικείμενα-μέρη.

Τέλος, για το συμβολισμό μιας σχέσης γενίκευσης/εξειδίκευσης σε ένα διάγραμμα κλάσεων χρησιμοποιείται ένα βέλος από την ειδικότερη προς τη γενικότερη κλάση. Μια κλάση (υποκλάση) που είναι περισσότερο ειδική, κληρονομεί από μια άλλη κλάση (υπερκλάση) που είναι περισσότερο γενική, τις λειτουργίες και τα κατηγορήματά της. Η ιδιότητα αυτή αποτελεί μια σημαντική αρχή της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης και καλείται κληρονομικότητα (inheritance). Η κληρονομικότητα επιτρέπει σε κλάσεις (άρα και στα αντικείμενα που αυτές περιλαμβάνουν) να μοιράζονται χαρακτηριστικά και συμπεριφορές άλλων κλάσεων. Η υποκλάση κληρονομεί από τη μια πλευρά τα χαρακτηριστικά της υπερκλάσης, ενώ από την άλλη μπορεί να εξειδικεύει και να επεκτείνει τις λειτουργίες της υπερκλάσης. Για παράδειγμα, μια κλάση **Λογαριασμός** (υπερκλάση) μπορεί να εξειδικεύεται περαιτέρω από τις υποκλάσεις **Λογαριασμός Όψεως** και **Λογαριασμός Καταθέσεων**.

## Διάγραμμα Κλάσεων του Συστήματος

Στο στατικό μοντέλο ενός συστήματος πραγματικού χρόνου, όπως αυτό παρουσιάζεται σε ένα αντίστοιχο διάγραμμα κλάσεων, διακρίνονται καταρχάς τα "φυσικά" υποσυστήματα που αποτελούν το σύστημα (physical system components). Ένα διάγραμμα κλάσεων δείχνει πως αυτά τα



υποσυστήματα συνδέονται μεταξύ τους. Στην περίπτωση της εφαρμογής ΣΕΑ το στατικό μοντέλο θα παρουσιάσει τις στατικές σχέσεις ανάμεσα στις συσκευές που αποτελούν και τις βασικές κλάσεις του συστήματος. Συνεπώς θα θεωρήσουμε τις φυσικές κλάσεις αντικειμένων, δηλαδή εκείνες τις συσκευές που μπορούν να γίνουν αντιληπτές με τις ανθρώπινες αισθήσεις (όραση, αφή) και, στην περίπτωση των συστημάτων πραγματικού χρόνου, χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν χρήστες, εξωτερικές συσκευές, χρονομετρητές (timers) κλπ.

**Προσδιορισμός Φυσικών Αντικειμένων.** Από την αναλυτική προδιαγραφή των περιπτώσεων χρήσης μπορούμε να προσδιορίσουμε και να καταγράψουμε σε μια λίστα τις κλάσεις των αντικειμένων που αντιστοιχούν σε φυσικές συσκευές. Ακολουθώντας μια λεκτική ανάλυση των προδιαγραφών διαπιστώνουμε ότι χρησιμοποιούμε ένα αντίστοιχο ουσιαστικό για καθεμιά συσκευή. Άρα στην προδιαγραφή της κάθε περίπτωσης χρήσης αρκεί να σημειώσουμε τα ουσιαστικά που αντιστοιχούν στις συσκευές. Αυτά θα είναι και τα ονόματα των κλάσεων που αντιστοιχούν σε φυσικά αντικείμενα.

Μετά την καταγραφή των κλάσεων των αντικειμένων ακολουθεί η γραφική αναπαράσταση των κλάσεων σε ένα διάγραμμα κλάσεων (class diagram). Στο διάγραμμα αυτό παρουσιάζονται (Σχήμα 6):

- Η κλάση **Ανελκυστήρας**, μια σύνθετη κλάση που αποτελείται από ένα **Κινητήρα**, μια **Πόρτα**, ένα ή περισσότερα **Κουμπιά Ανελκυστήρα** (ανάλογα με το πλήθος των ορόφων) και μια ή περισσότερες **Ενδείξεις Ανελκυστήρα** (ανάλογα με το πλήθος των ορόφων).
- Η κλάση **Όροφος**, άλλη μια σύνθετη κλάση που αποτελείται από το **Κουμπί Ορόφου** και την **Ενδειξη Ορόφου**. Κάθε όροφος μπορεί να έχει περισσότερους από έναν ανελκυστήρες και κάθε ανελκυστήρας μπορεί να εξυπηρετεί πολλούς ορόφους. Συνήθως, για κάθε όροφο υπάρχουν δύο κουμπιά ορόφου (πάνω και κάτω) και δύο ενδείξεις



ορόφου (πάνω και κάτω). Ωστόσο ο τελευταίος όροφος και το ισόγειο έχουν μόνο ένα κουμπί ορόφου και μία μόνο ένδειξη ορόφου.

- Η κλάση **Αισθητήρας Άφιξης** που συνδέεται με μια σχέση συσχέτισης με την κλάση **Ανελκυστήρας**. Κάθε ανελκυστήρας συσχετίζεται με πολλούς αισθητήρες άφιξης, οι οποίοι είναι σε αριθμό όσοι είναι και όροφοι. Ο αισθητήρας άφιξης σε κάθε όροφο και για κάθε ανελκυστήρα ανιχνεύει και “γνωστοποιεί” στο σύστημα ελέγχου την άφιξη του αντίστοιχου ανελκυστήρα στον αντίστοιχο όροφο.
- Η κλάση **Ανελκυστήρας** στο διάγραμμα συνδέεται επιπρόσθετα και με μια σχέση συσχέτισης και με την κλάση **Ένδειξη Κατεύθυνσης**. Όταν ένας ανελκυστήρας φτάνει σε ένα όροφο, τότε “φωτίζει” ή “σβήνει” την αντίστοιχη ένδειξη (προς τα πάνω ή προς τα κάτω), ανάλογα αν κατευθύνεται προς τα πάνω ή προς τα κάτω.
- Η κλάση **Ένδειξη Κατεύθυνσης** συνδέεται με σχέση συσχέτισης και με την κλάση **Όροφος**. Αυτό γιατί μια ένδειξη κατεύθυνσης (στο ισόγειο και στον τελευταίο όροφο) ή δύο ενδείξεις κατεύθυνσης (στους υπόλοιπους ορόφους) υπάρχουν σε κάθε όροφο και για καθένα ανελκυστήρα. Μία ένδειξη κατεύθυνσης υπάρχει μόνο στο ισόγειο και στον τελευταίο όροφο για καθένα ανελκυστήρα.

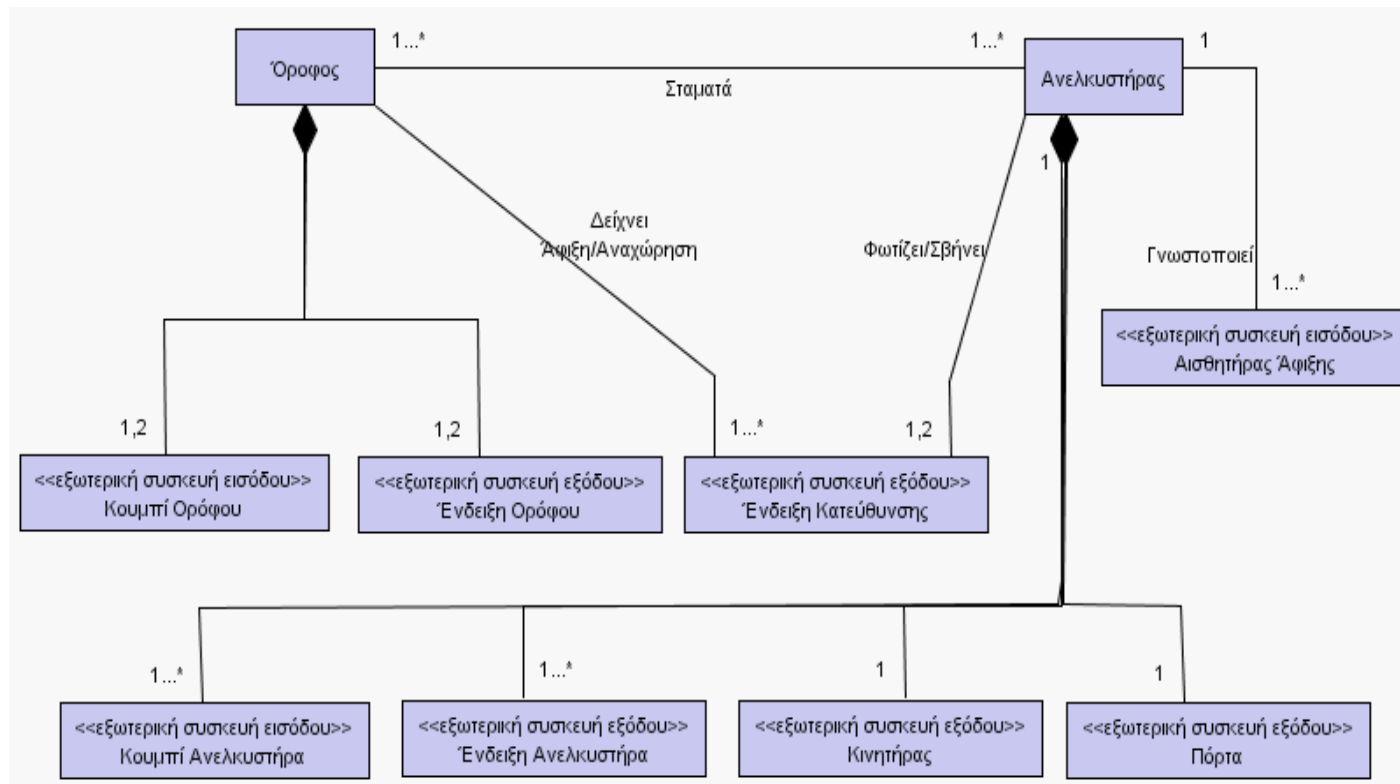
**Η Πολλαπλότητα μιας Σχέσης.** Στο διάγραμμα των κλάσεων (Σχήμα 6) πρέπει να προσέξουμε την πολλαπλότητα (multiplicity) που χαρακτηρίζει την κάθε σχέση. Η πολλαπλότητα καθορίζει πόσα στιγμιότυπα (πόσα αντικείμενα) μιας κλάσης συνδέονται με ένα στιγμιότυπο (αντικείμενο) μιας άλλης κλάσης. Έτσι η πολλαπλότητα ορίζεται συνήθως να είναι:

- 1 (ακριβώς 1),
- 0.. 1 (προαιρετική συσχέτιση),
- 1..\* (1 ή περισσότερα) ή
- να είναι ένας συγκεκριμένος αριθμός (π.χ. 10 ή 1,2).

Αφού αναφερόμαστε στη φάση της ανάλυσης, θα παραλείψουμε προσωρινά να εμφανίσουμε για κάθε κλάση τα αντίστοιχα κατηγορήματα και τις



αντίστοιχες λειτουργίες/μεθόδους. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι στο διάγραμμα κλάσεων (Σχήμα 6) έγινε χρήση του μηχανισμού των στερεοτύπων που παρέχει η UML. Χρησιμοποιήθηκαν οι στερεότυπες κλάσεις «εξωτερική συσκευή εισόδου» και «εξωτερική συσκευή εξόδου» στις οποίες θα αναφερθούμε ειδικότερα στην αμέσως επόμενη παράγραφο.



Σχήμα 6: Διάγραμμα κλάσεων για την Εφαρμογή ΣΕΑ



## Το Μοντέλο του Πλαισίου Λειτουργίας του Συστήματος

**Το Πλαίσιο Λειτουργίας του Συστήματος.** Μπορούμε να συνεχίσουμε την ανάλυση του συστήματος και να χρησιμοποιήσουμε το προηγούμενο διάγραμμα κλάσεων (Σχήμα 6) με σκοπό να περιγράψουμε το λεγόμενο "πλαίσιο λειτουργίας" του συστήματος (system context model), δηλαδή τις εξωτερικές οντότητες με τις οποίες το σύστημά μας αλληλεπιδρά. Αυτό τελικά επιτυγχάνεται με ένα άλλο διάγραμμα κλάσεων που δείχνει ποιες είναι οι εξωτερικές οντότητες που συνδέονται με το σύστημα ελέγχου της εφαρμογής ΣΕΑ, δηλαδή ποιες είναι οι κλάσεις των αντικειμένων που ανήκουν στο περιβάλλον-ελεγχόμενο σύστημα.

Η UML δεν μας παρέχει ένα ξεχωριστό διάγραμμα που να είναι ειδικό για την περιγραφή του πλαισίου λειτουργίας ενός συστήματος, όπως αντίθετα συμβαίνει στις δομημένες μεθόδους ανάλυσης (structured analysis methods). Σε αυτές τις μεθοδολογίες το πλαίσιο λειτουργίας ενός συστήματος απεικονίζεται με το λεγόμενο διάγραμμα πλαισίου (system context diagram). Στην περίπτωση όμως της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης με τη UML μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα διάγραμμα κλάσεων για να περιγράψουμε τις διεπαφές του συστήματος (interfaces) με το περιβάλλον του. Συγκριτικά με το διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης, ένα διάγραμμα κλάσεων μπορεί να δώσει μια πιο αναλυτική εικόνα της θέσης και του ρόλου του συστήματος στο περιβάλλοντα "χώρο", δηλαδή τη σχέση του συστήματος με άλλες οντότητες-συστήματα με τα οποία το σύστημά μας αλληλεπιδρά.

**Πώς Σχεδιάζουμε το Πλαίσιο Λειτουργίας.** Γενικά, για να περιγράψουμε το πλαίσιο λειτουργίας ενός συστήματος μπορούμε να σχεδιάσουμε ένα διάγραμμα κλάσεων με δύο τρόπους:

- είτε έχοντας ως βάση το διάγραμμα κλάσεων που αναπαριστά τις φυσικές συσκευές του συστήματος,



- είτε χρησιμοποιώντας το μοντέλο των περιπτώσεων χρήσης.

Στην περίπτωση της εφαρμογής ΣΕΑ θα ακολουθήσουμε την πρώτη επιλογή. Αυτό επειδή έχουμε ήδη σχεδιάσει το αναλυτικό διάγραμμα για τις κλάσεις των αντικειμένων που αναπαριστούν τις φυσικές συσκευές του συστήματος των ανελκυστήρων. Στο διάγραμμα κλάσεων λοιπόν στο Σχήμα 6 είναι εμφανές ότι εκτός από τις σύνθετες κλάσεις (**Όροφος** και **Ανελκυστήρας**), όλες οι άλλες κλάσεις αποτελούν εξωτερικές συσκευές, δηλαδή είναι συσκευές που ανήκουν στο περιβάλλον σύστημα μέσα στο οποίο λειτουργεί και το οποίο ελέγχεται από την εφαρμογή ΣΕΑ. Πρόκειται συγκεκριμένα είτε για αισθητήρες (sensors), είτε για ενεργοποιητές (actuators).

Η παρατήρηση αυτή οδηγεί σε ένα άλλο διάγραμμα κλάσεων που παρουσιάζει τώρα το πλαίσιο λειτουργίας του συστήματος (Σχήμα 7). Οι κλάσεις αντικειμένων στο νέο διάγραμμα αναπαριστούν τις συσκευές εισόδου (αισθητήρες) ή εξόδου (ενεργοποιητές) που αλληλεπιδρούν με το σύστημα ΣΕΑ.

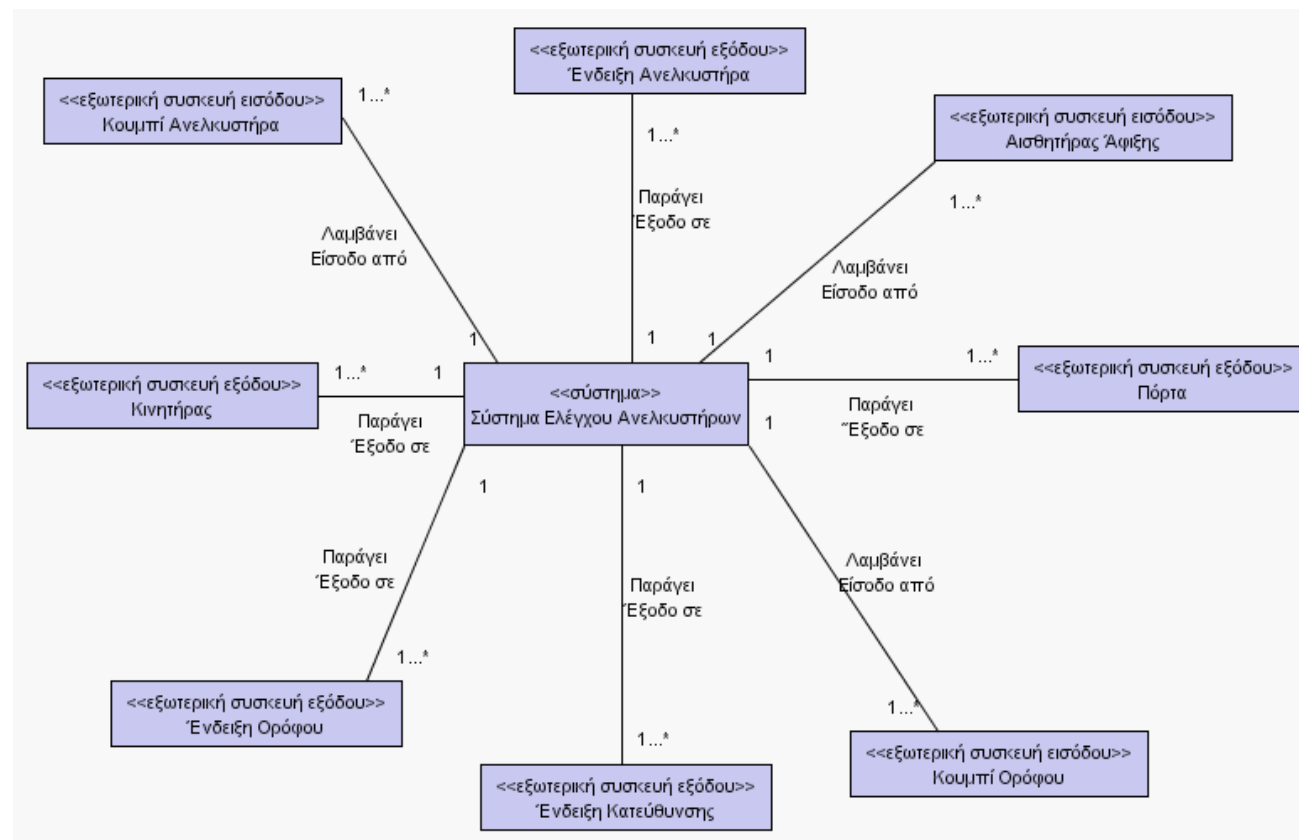
**Στερεότυπα σε Εφαρμογές Πραγματικού Χρόνου.** Εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε ότι στα δύο διαγράμματα κλάσεων έγινε χρήση της έννοιας των στερεοτύπων (stereotypes) που παρέχει η UML. Τα στερεότυπα συνιστούν ένα μηχανισμό επέκτασης και εξειδίκευσης των βασικών συμβολισμών της UML. Όταν ορίζεται ένα στερεότυπο (αυτό γίνεται με μια λέξη σε διπλά εισαγωγικά « »), τότε αποδίδουμε μια ειδική σημασία σε ένα ήδη υπάρχον δομικό στοιχείο της UML. Για την περίπτωση της εφαρμογής ΣΕΑ έγινε χρήση κατάλληλων στερεοτύπων που είναι ειδικά προσαρμοσμένα για τη μοντελοποίηση κλάσεων αντικειμένων σε συστήματα πραγματικού χρόνου.

Στην περίπτωση της εφαρμογής ΣΕΑ, αρχικά αναπαραστάθηκε το σύστημα ελέγχου ανελκυστήρων ως μια σύνθετη κλάση, που ουσιαστικά αποτελεί μια κλάση συναρμολόγησης (aggregate class). Η κλάση αυτή χαρακτηρίστηκε με το στερεότυπο «σύστημα». Επίσης, διάφορες



εξωτερικές κλάσεις χρησιμοποιήθηκαν για να περιγράψουν συσκευές του περιβάλλοντος συστήματος, τις οποίες το σύστημα ΣΕΑ ελέγχει. Αυτές έχουν διακριθεί ανάλογα με το αν είναι συσκευές εισόδου ή εξόδου. Χρησιμοποιήθηκαν ως αντίστοιχες κλάσεις τα στερεότυπα «εξωτερική συσκευή εισόδου» και «εξωτερική συσκευή εξόδου».

Η πολλαπλότητα της σύνδεσης της κλάσης «σύστημα» με κάθε εξωτερική συσκευή είναι "1 προς πολλά", αφού κάθε σύστημα συνδέεται με μία ή περισσότερες εξωτερικές συσκευές εισόδου ή εξόδου. Αναφορικά, με τα ονόματα των συνδέσεων αυτά ορίζονται ως "Λαμβάνει Είσοδο από" και "Παράγει Έξοδο σε" αντίστοιχα.



Σχήμα 7: Διάγραμμα Κλάσεων για το Πλαίσιο Λειτουργίας του Συστήματος



## Προσδιορισμός και Ταξινόμηση Αντικειμένων στις Εφαρμογές Πραγματικού Χρόνου

Στο βήμα αυτό της ανάλυσης θα προχωρήσουμε στον αναλυτικό προσδιορισμό των αντικειμένων λογισμικού (software objects) που αποτελούν την εφαρμογή ΣΕΑ. Τα αντικείμενα θα χρειαστούν ακολούθως, όταν θα περιγράψουμε το δυναμικό μοντέλο (dynamic model) του συστήματος.

**Ταξινόμηση Αντικειμένων στα Συστήματα Πραγματικού Χρόνου.** Για τον προσδιορισμό των αντικειμένων ενός συστήματος, γενικά, ο αναλυτής καλείται να θεωρήσει τα αντικείμενα που υπάρχουν στον πραγματικό κόσμο όπου και λειτουργεί το σύστημα (real-world objects) και στη συνέχεια να προδιαγράψει αντίστοιχα αντικείμενα λογισμικού (software objects) που αναπαριστούν αυτόν τον πραγματικό κόσμο. Μια καλή τεχνική που εξυπηρετεί το σκοπό αυτό είναι να ταξινομηθούν οι κλάσεις αντικειμένων σε κατηγορίες. Στην περίπτωση της ανάλυσης ενός συστήματος πραγματικού χρόνου εμφανίζονται γενικές κατηγορίες αντικειμένων, που μπορούν να ορίσουν αντιστοίχως κατάλληλα στερεότυπα για τις κλάσεις αντικειμένων που περιλαμβάνουν.

Συγκεκριμένα:

- **Τα αντικείμενα οδηγί συσκευών (device interface objects):** αυτά αλληλεπιδρούν με τις εξωτερικές συσκευές του περιβάλλοντος συστήματος. Εδώ διακρίνουμε τα στερεότυπα «οδηγός συσκευής εισόδου» και «οδηγός συσκευής εξόδου» για τις αντίστοιχες κλάσεις αντικειμένων. Τα αντικείμενα οδηγί συσκευών αποτελούν μια κλάση αντικειμένων που είναι εξειδικευμένη στην ανάλυση συστημάτων πραγματικού χρόνου. Μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελούν ισοδύναμα των αντικειμένων του στερεοτύπου των συνοριακών (boundary) κλάσεων της ανάλυσης.



Δηλαδή των κλάσεων που ορίζουν τις διεπαφές (interfaces) ενός συστήματος με το περιβάλλον του.

- **Τα αντικείμενα οντότητες (entity objects):** αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για να αποθηκεύουν δεδομένα και πληροφορίες.

Εδώ διακρίνουμε κλάσεις αντικειμένων με το στερεότυπο «οντότητα». Οι κλάσεις οντοτήτων μπορεί να θεωρηθούν ότι αντιστοιχούν στα σύνολα οντοτήτων (entity sets) του μοντέλου των οντοτήτων-συσχετισμών (entity-relationship model) που συναντάμε στη σχεδίαση των βάσεων δεδομένων. Η διαφοροποίηση είναι ότι οι κλάσεις οντοτήτων, εκτός από πεδία (κατηγορήματα), μπορούν (ως κλάσεις) να περιλαμβάνουν και λειτουργίες-μεθόδους. Οι πληροφορίες που αποθηκεύει ένα αντικείμενο «οντότητα» μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να προσπελαστούν από πολλές περιπτώσεις χρήσης. Αντικείμενα «οντότητες» συναντάμε συχνότερα σε συμβατικά non-real συστήματα παρά στα συστήματα ελέγχου με χαρακτηριστικά πραγματικού χρόνου.

- **Τα αντικείμενα ελέγχου (control objects):** αυτά αναπαριστούν αντικείμενα που συντονίζουν την αλληλεπίδραση ανάμεσα σε άλλα αντικείμενα (π.χ. την ακολουθία των βημάτων της εκτέλεσης μιας περίπτωσης χρήσης).

Τα αντικείμενα ελέγχου αποτελούν μία πολύ συνηθισμένη κατηγορία αντικειμένων στα συστήματα πραγματικού χρόνου. Εδώ διακρίνουμε αντικείμενα που ακολουθούν τα στερεότυπα «συντονιστής», «μηχανισμός ελέγχου εξαρτώμενος από καταστάσεις» και «χρονομετρητής»:

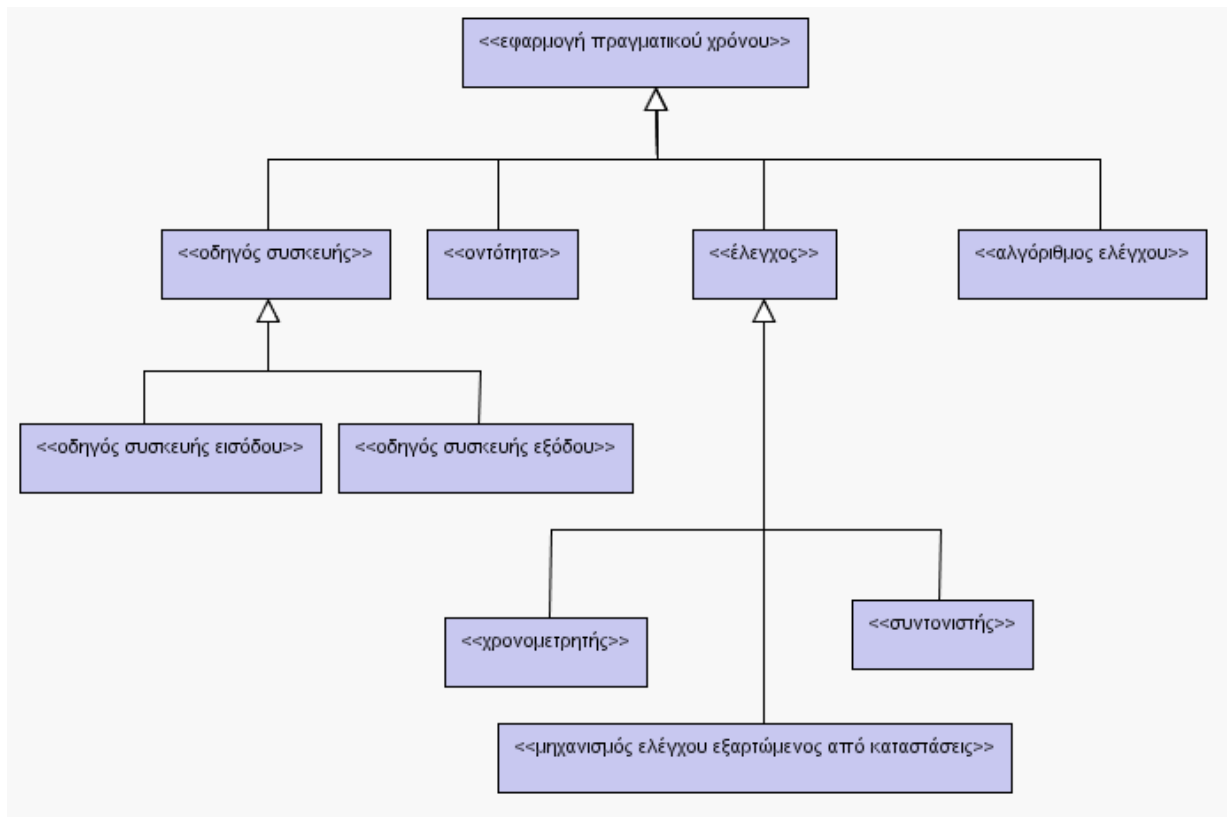
- **Ένα αντικείμενο με ρόλο συντονιστή (coordinator object)** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναπαραστήσει γενικά ένα μηχανισμό λήψης απόφασης (decision-making object). Το αντικείμενο συντονιστής λαμβάνει μια απόφαση (π.χ. εκτελεί μια λειτουργία-μέθοδο) με βάση τα δεδομένα που λαμβάνει ως εισόδους και όχι με βάση την κατάσταση στην οποία βρίσκεται.
- Αντίθετα, η συμπεριφορά ενός αντικειμένου που έχει ρόλο **μηχανισμού ελέγχου που εξαρτάται από καταστάσεις (state-**



**dependent control object**) διαφέρει κάθε φορά και εξαρτάται ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκεται όταν το αντικείμενο θα λάβει ένα δεδομένο εισόδου (δηλαδή ένα μήνυμα – κλήση προς μια λειτουργία του). Αντικείμενα με αυτά τα χαρακτηριστικά χαρακτηρίζονται στη βιβλιογραφία ως μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων (finite state machines). Στη UML η γραφική τους αναπαράσταση δίνεται με τα διαγράμματα καταστάσεων (state chart diagrams).

- Ένα αντικείμενο με ρόλο **χρονομετρητή (timer object)** μπορεί να ενεργοποιείται από ένα εξωτερικό χρονομετρητή ή από ένα εσωτερικό ρολόι (π.χ. το ρολόι του λειτουργικού συστήματος). Ένα αντικείμενο «χρονομετρητής» εκτελεί μια λειτουργία σε τακτά χρονικά διαστήματα ή ενεργοποιεί περιοδικά μια λειτουργία (στέλνοντας το αντίστοιχο μήνυμα) σε ένα άλλο αντικείμενο.
- Τα αντικείμενα που υλοποιούν τη **λογική της εφαρμογής** (application logic objects). Αυτά χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν τις λεπτομέρειες της λογικής ενός **αλγορίθμου ελέγχου**. Στην περίπτωση ενός συστήματος πραγματικού χρόνου τα διακρίνουμε με το στερεότυπο «αλγόριθμος ελέγχου».

Στο Σχήμα 8 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα κλάσεων που παρουσιάζει αυτή τη γενική κατηγοριοποίηση των κλάσεων αντικειμένων στις εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Στο διάγραμμα τα στερεότυπα που ορίσαμε προηγουμένως για τις αντίστοιχες κλάσεις αντικειμένων συνδέονται μεταξύ τους με σχέσεις τύπου γενίκευσης (generalization relationships).



Σχήμα 8: Ταξινόμηση κλάσεων αντικειμένων και στερεότυπα σε μια εφαρμογή πραγματικού χρόνου



## Τα Αντικείμενα της Εφαρμογής ΣΕΑ

Έχοντας ως βάση την ταξινόμηση των κλάσεων αντικειμένων που περιγράψαμε προηγουμένως, στην εφαρμογή ΣΕΑ θα προχωρήσουμε στον προσδιορισμό του συνόλου των αντικειμένων της εφαρμογής. Για τον προσδιορισμό των αντικειμένων μπορεί να μας βοηθήσει το διάγραμμα κλάσεων (Σχήμα 7) που μας παρουσίασε το πλαίσιο της λειτουργίας του συστήματος.

### **Πώς Προσδιορίζουμε τα Αντικείμενα του Λογισμικού Ελέγχου.**

Ακολουθούμε ένα πρακτικό κανόνα: για κάθε εξωτερικό αντικείμενο (ή καλύτερα για κάθε κλάση αντικειμένων) που εμφανίζεται στο διάγραμμα κλάσεων για το πλαίσιο λειτουργίας μια συσκευή εισόδου/εξόδου, θα θεωρήσουμε ένα αντίστοιχο αντικείμενο του συστήματος ΣΕΑ (αντικείμενο του λογισμικού ελέγχου) που θα είναι υπεύθυνο για την οδήγηση της συσκευής (software device interface object). Τα αντικείμενα αυτά ακολουθούν τις προδιαγραφές του στερεοτύπων «οδηγός συσκευής εισόδου» και «οδηγός συσκευής εξόδου», ανάλογα εάν λαμβάνουν εισόδο ή παρέχουν έξοδο στα αντικείμενα που αναπαριστούν τις εξωτερικές συσκευές εισόδου και εξόδου αντίστοιχα.

Συγκεκριμένα:

- Το αντικείμενο **Ανελκυστήρας** είναι ένα σύνθετο αντικείμενο που αποτελείται από ένα σύνολο άλλων αντικειμένων. Λαμβάνει εισόδους από εξωτερικά αντικείμενα και παρέχει εξόδους προς εξωτερικά αντικείμενα (δηλ. αντικείμενα που ανήκουν στο πλαίσιο του συστήματος) δίνοντας τις εντολές που πραγματοποιούν τον κατάλληλο έλεγχο. Έτσι ως συστατικά αντικείμενα του Ανελκυστήρα ορίζονται εκείνα τα αντικείμενα οδήγησης συσκευών (device interface objects) που επικοινωνούν με τις εξωτερικές συσκευές εισόδου/εξόδου, δηλαδή με τους αισθητήρες και τους ενεργοποιητές του κάθε ανελκυστήρα.



- Κάθε ανελκυστήρας δέχεται κλήσεις από ένα αντικείμενο που καλείται **Οδηγός Κουμπιού Ανελκυστήρα**. Για κάθε ανελκυστήρα υπάρχει ένα τέτοιο αντικείμενο σε καθένα από τους ορόφους.
- Κάθε ανελκυστήρας έχει σχετίζεται με ένα αντικείμενο λογισμικού που καλείται **Οδηγός Πόρτας** και με ένα αντικείμενο που καλείται **Οδηγός Κινητήρα** που κατευθύνουν και ελέγχουν με κατάλληλες εντολές τις φυσικές οντότητες της πόρτας και του κινητήρα του ανελκυστήρα αντίστοιχα.
- Για κάθε ανελκυστήρα σε κάθε όροφο διακρίνουμε επίσης ένα αντικείμενο που δίνει κατάλληλες εντολές στις ενδείξεις του ανελκυστήρα. Υπάρχει λοιπόν για κάθε ανελκυστήρα και σε κάθε όροφο ένα αντικείμενο **Οδηγός Ένδειξης Ανελκυστήρα**.
- Η σύνθετη κλάση **Όροφος** θα αποτελείται από τη κλάση **Οδηγός Κουμπιού Ορόφου** και την κλάση **Οδηγός Ένδειξης Ορόφου**. Σε κάθε όροφο υπάρχουν δύο στιγμιότυπα (δύο αντικείμενα) για καθεμιά από αυτές τις δύο κλάσεις (εκτός από τον τελευταίο όροφο και το ισόγειο). Επίσης ένα αντικείμενο με όνομα **Οδηγός Αισθητήρα Άφιξης** θα στέλνει κατάλληλα μηνύματα εισόδου προς το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**, καθώς ο ανελκυστήρας προσεγγίζει σε ένα όροφο. Επίσης ένα αντικείμενο με όνομα **Οδηγός Ένδειξης Κατεύθυνσης** θα οδηγεί την εξωτερική συσκευή της ένδειξης κατεύθυνσης που διακρίνουμε σε κάθε όροφο για κάθε ανελκυστήρα.

Εκτός από τα προηγούμενα αντικείμενα, που προκύπτουν άμεσα από το διάγραμμα που παρουσιάζει το πλαίσιο λειτουργίας του συστήματος (Σχήμα 7), πρέπει να εξετάσουμε αν υπάρχουν και άλλα επιπρόσθετα. Για παράδειγμα, υπάρχουν αντικείμενα με ρόλο οντότητας (αντικείμενα δηλαδή που ακολουθούν το στερεότυπο «οντότητα») ή αντικείμενα με ρόλο ελέγχου. (αντικείμενα που ακολουθούν το στερεότυπο στερεότυπο «έλεγχος»); Στο σύστημα ΣΕΑ συγκεκριμένα μπορούμε να καθορίσουμε:

- Ένα αντικείμενο με ρόλο οντότητας και όνομα **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης** για καθένα από τους ανελκυστήρες. Το αντικείμενο θα διατηρεί και θα παρέχει συγκεκριμένες πληροφορίες



στο σύστημα ελέγχου, δηλαδή αν ο συγκεκριμένος ανελκυστήρας κινείται προς τα πάνω, αν κινείται προς τα κάτω, αν είναι ανενεργός (όταν δεν υπάρχει καμία κλήση του ανελκυστήρα από χρήστες), να ενημερώνει για το αν ο ανελκυστήρας βρίσκεται σταματημένος σε ένα όροφο και ποιος είναι ο όροφος αυτός. Επίσης το αντικείμενο θα περιέχει πληροφορίες για το πλάνο κίνησης του ανελκυστήρα, δηλαδή θα διατηρεί μια λίστα με όλους τους ορόφους που πρόκειται να επισκεφτεί.

- Ένα αντικείμενο με ρόλο ελέγχου (και πιο συγκεκριμένα με ρόλο μηχανισμού ελέγχου που εξαρτάται από καταστάσεις) και όνομα **Έλεγχος Ανελκυστήρα**. Αυτό πρέπει να προσδιοριστεί για καθένα ανελκυστήρα. Το αντικείμενο θα ελέγχει τον αντίστοιχο ανελκυστήρα όπως και τις άλλες διατάξεις (κινητήρα, πόρτα και ενδείξεις του κάθε ανελκυστήρα, ενδείξεις των ορόφων και ενδείξεις κατεύθυνσης). Το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** θα είναι δηλαδή υπεύθυνο να ελέγχει το άνοιγμα και το κλείσιμο της πόρτας του ανελκυστήρα, θα δίνει εντολές στον κινητήρα ώστε να κινήσει τον ανελκυστήρα προς τα πάνω, προς τα κάτω ή για να σταματήσει τον ανελκυστήρα σε ένα όροφο. Για την περιγραφή των καταστάσεων του συγκεκριμένου αντικείμενου θα χρησιμοποιηθούν σε επόμενες παραγράφους αντίστοιχα διαγράμματα καταστάσεων (state charts).
- Καθώς οι αιτήσεις-κλήσεις των χρηστών για κάθε ανελκυστήρα μπορούν να συμβαίνουν οποιαδήποτε στιγμή (με τρόπο ασύγχρονο), θα πρέπει να προσδιορίσουμε ένα ξεχωριστό αντικείμενο ελέγχου με ρόλο συντονιστή. Το αντικείμενο το ονομάζουμε **Διαχειριστής Ανελκυστήρα**, θα λαμβάνει τις κλήσεις των χρηστών που προκύπτουν όταν πιέζουν τα κουμπιά του ανελκυστήρα και θα ενημερώνει κατάλληλα την τρέχουσα κατάσταση και το πλάνο κίνησης του ανελκυστήρα, δηλαδή θα δίνει τις πληροφορίες για το ποιους ορόφους πρόκειται να επισκεφτεί.
- Τέλος, μπορούμε να καθορίσουμε ένα αντικείμενο ελέγχου με ρόλο συντονιστή, για τη διαχείριση των κλήσεων των χρηστών που



προέρχονται όμως από τα κουμπιά των ορόφων. Στο αντικείμενο θα δώσουμε το όνομα **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης**. Ο **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης** θα επιλέγει, για κάθε κλήση-αίτηση που προέρχεται από ένα χρήστη όταν αυτός πιέζει το κουμπί ενός ορόφου, τον κατάλληλο ανελκυστήρα που θα εξυπηρετήσει την κλήση.

Η βασική παρατήρηση που πρέπει τελικά να κάνουμε συνοψίζοντας τη διαδικασία του προσδιορισμού των αντικειμένων είναι η εξής: Τα αντικείμενα **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης** και **Διαχειριστής Ανελκυστήρας** επιλέχθηκαν για να διαχειριστούν τα ασύγχρονα γεγονότα που προέρχονται από τις κλήσεις των χρηστών. Η επιλογή των δύο αυτών αντικειμένων ελέγχου έχει σκοπό να μειώσει την πολυπλοκότητα της περαιτέρω σχεδίασης των διαγραμμάτων συμπεριφοράς. Αντίθετα, αν επιλέγαμε μόνο ως κεντρικό αντικείμενο ελέγχου μόνο ένα αντικείμενο, π.χ. το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**, τότε αυτό θα παρουσίαζε αυξημένη πολυπλοκότητα και θα συμμετείχε σε μια πληθώρα διαγραμμάτων. Αυτό γιατί, εκτός από τον έλεγχο των διάφορων εξωτερικών συσκευών, ένα κεντρικό αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** θα ήταν επιφορτισμένο και να διαχειρίζεται απευθείας τις κλήσεις των χρηστών.



## ΤΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το επόμενο βήμα στην ανάλυση, μετά από τον καθορισμό των περιπτώσεων χρήσης και τον προσδιορισμό των αντικειμένων του συστήματος, είναι να περιγραφεί αναλυτικά το δυναμικό μοντέλο του συστήματος (dynamic system model). Θα πρέπει δηλαδή να καθορίσουμε τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αντικειμένων που καθορίστηκαν προηγουμένως και τις ακολουθίες των ενεργειών που πραγματοποιούνται σε καθεμιά από τις περιπτώσεις χρήσης.

Στην περιγραφή του δυναμικού μοντέλου θα πρέπει να δώσουμε πάλι έμφαση (όπως και κατά την περιγραφή του μοντέλου των περιπτώσεων χρήσης) στις λειτουργίες του συστήματος. Αντίθετα, κατά την περιγραφή του στατικού μοντέλου δίνουμε έμφαση στις οντότητες που αποτελούν τα βασικά συστατικά και στις οντότητες που μοντελοποιούν τα δεδομένα του συστήματος.

Ουσιαστικά, κάθε περίπτωση χρήσης μπορεί να θεωρηθεί ότι ομαδοποιεί ένα σύνολο από πιθανά "σενάρια" (ακολουθίες εκτέλεσης), που όλα μαζί αναφέρονται σε ένα κοινό παράδειγμα χρήσης του συστήματος. **Στο δυναμικό μοντέλο του συστήματος θα πρέπει να προδιαγραφούν όλα τα δυνατά σενάρια εκτέλεσης για καθεμιά περίπτωση χρήσης, να καθοριστεί δηλαδή το πως αλληλεπιδρούν τα αντικείμενα της κάθε κλάσης και να αποφασιστεί ποιες ενέργειες γίνονται από και προς κάθε κλάση.**

Για το σκοπό αυτό η UML χρησιμοποιεί γενικά τα διαγράμματα αλληλεπίδρασης (interaction diagrams), που διακρίνονται ειδικότερα σε διαγράμματα ακολουθίας (sequence diagrams) και σε διαγράμματα συνεργασίας (collaboration diagrams).

### **Διαγράμματα Αλληλεπίδρασης στη UML.** Συγκεκριμένα:

- Σε ένα διάγραμμα ακολουθίας τα αντικείμενα διατάσσονται από αριστερά προς τα δεξιά και ανταλλάσσουν μηνύματα που αντιστοιχούν σε κατευθυνόμενα βέλη των οποίων η φορά δείχνει την κατεύθυνση του



μηνύματος. Μηνύματα που βρίσκονται πιο πάνω στο διάγραμμα προηγούνται χρονικά αυτών που βρίσκονται πιο κάτω.

- Σε ένα διάγραμμα συνεργασίας αναπαρίστανται επιπρόσθετα και οι στατικές συνδέσεις μεταξύ των αντικειμένων. Στο διάγραμμα συνεργασίας παρουσιάζεται πως τα αντικείμενα “συνεργάζονται” μεταξύ τους, δηλαδή το πως επικοινωνούν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας μηνύματα. Για να αναπαρασταθεί η ακολουθία των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται χρησιμοποιείται αρίθμηση. Στο διάγραμμα συνεργασίας απεικονίζονται αντικείμενα και όχι οι κλάσεις των αντικειμένων, τα ονόματα των οποίων και θα υπογραμμίζονται.

Τα χαρακτηριστικά των διαγραμμάτων συνεργασίας είναι τα ίδια σχεδόν με τα διαγράμματα ακολουθίας. Υπάρχουν όμως μεταξύ τους δύο ουσιαστικές διαφοροποιήσεις:

- Για κάθε αντικείμενο σε ένα διάγραμμα συνεργασίας απεικονίζονται και οι στατικές του συνδέσεις με τα άλλα αντικείμενα, ενώ αυτή η στατική δομή δεν παρουσιάζεται στα διαγράμματα ακολουθίας.
- Για κάθε μήνυμα σε ένα διάγραμμα συνεργασίας υπάρχει ένας αντίστοιχος αριθμός μηνύματος που δείχνει τη σειρά του στην ακολουθία εκτέλεσης, ενώ στα διαγράμματα ακολουθίας δίνεται έμφαση στην ακριβή χρονική ακολουθία των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται και η χρονική σειρά των μηνυμάτων είναι από πάνω προς τα κάτω.

Επίσης είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι τα μηνύματα ουσιαστικά αναπαριστούν πληροφορίες που “μεταφέρονται” ανάμεσα στα αντικείμενα. **Έτσι ένα διάγραμμα συνεργασίας βοηθά έμμεσα και τη σχεδίαση των κλάσεων αντικειμένων που ακολουθεί μετά την ανάλυση, δηλαδή βοηθά στον καθορισμό των μεθόδων/λειτουργιών του κάθε αντικείμενου.** Η άφιξη ενός μηνύματος σε ένα αντικείμενο συνήθως καλεί μια αντίστοιχη λειτουργία/μέθοδο στο αντικείμενο. Επομένως για κάθε τύπο μηνύματος που αποστέλλεται σε ένα αντικείμενο θα υπάρχει και μια αντίστοιχη λειτουργία/μέθοδος στο αντικείμενο.



Στην περίπτωση της εφαρμογής ΣΕΑ επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε κυρίως τα διαγράμματα συνεργασίας. Θα αναπτυχθεί ένα αντίστοιχο διάγραμμα συνεργασίας για καθεμιά από τις περιπτώσεις χρήσης του συστήματος που προσδιορίστηκαν προηγουμένως. Ειδικότερα όμως για την περίπτωση του αντικειμένου ελέγχου με όνομα **Έλεγχος Ανελκυστήρα** θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ένα διάγραμμα καταστάσεων (state chart diagram). Η επιλογή αυτή είναι αναγκαία καθώς το συγκεκριμένο αντικείμενο όπως είδαμε εμφανίζει τη δυναμική συμπεριφορά μιας μηχανής πεπερασμένων καταστάσεων (finite state machine) καθώς υλοποιεί το μηχανισμό ελέγχου του συστήματος που κάθε φορά εξαρτάται από την τρέχουσα κατάσταση στην οποία βρίσκεται (state-dependent control object).

**Διαγράμματα Καταστάσεων.** Στην ανάλυση των συστημάτων πραγματικού χρόνου συναντάμε συχνά αντικείμενα που η δυναμική τους συμπεριφορά καθορίζεται και εξαρτάται κάθε φορά από την κατάσταση στην οποία βρίσκονται και συνεπώς αποτελούν μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων. Αυτό σημαίνει ότι οι ενέργειες ενός αντικειμένου εξαρτώνται όχι μόνο από τα δεδομένα- μηνύματα εισόδου αλλά και από το τι πραγματοποιήθηκε προηγουμένως. Η γραφική αναπαράσταση μιας μηχανής πεπερασμένων καταστάσεων δίνεται από ένα διάγραμμα μεταβάσεων-καταστάσεων (state transition diagram), όπου οι κόμβοι αναπαριστούν καταστάσεις και οι κατευθυνόμενες ακμές (τα βέλη) αναπαριστούν τις μεταβάσεις από κατάσταση σε κατάσταση. Στη UML ο συμβολισμός του διαγράμματος μεταβάσεων-καταστάσεων (state transition diagram) αναφέρεται ως διάγραμμα καταστάσεων (state chart diagram) και αναπαριστά όλες τις πιθανές καταστάσεις (states) στις οποίες μπορεί να βρεθούν τα αντικείμενα μιας κλάσης και τον τρόπο που αλλάζει η κατάσταση αυτών των αντικειμένων ως απόκριση σε γεγονότα που προκαλούνται από άλλα αντικείμενα. Έτσι ένα διάγραμμα κατάστασης δείχνει την ιστορία της "ζωής" των αντικειμένων μιας δεδομένης κλάσης, τα γεγονότα (events) που προκαλούν τις μεταβάσεις από μια κατάσταση σε



κάποια άλλη κατάσταση, και τις ενέργειες (actions) που είναι το αποτέλεσμα αυτών των αλλαγών κατάστασης.

Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί η βασική διαφορά μεταξύ ενός γεγονότος (event) και μιας κατάστασης (state): μια κατάσταση διαρκεί για ένα χρονικό διάστημα ενώ ένα γεγονός ορίζει μια στιγμιαία αλλαγή, συμβαίνει άμεσα και προσδιορίζεται από μια αντίστοιχη χρονική στιγμή. Η εμφάνιση ενός γεγονότος συνήθως έχει ως αποτέλεσμα τη μετάβαση από μια κατάσταση σε μια άλλη (state transition). Ένα γεγονός μπορεί να συνδέεται επιπρόσθετα με μια συνθήκη (condition), δηλαδή μια συνθήκη του συστήματος που μπορεί να είναι είτε αληθής (true) είτε ψευδής (false). Ο συνδυασμός ενός γεγονότος με μια συνθήκη μπορεί να προσδιορίζει μια κατευθυνόμενη ακμή (τη μετάβαση από μια κατάσταση εισόδου σε μια κατάσταση εξόδου) με μια επιγραφή που ακολουθεί τη σύνταξη:

γεγονός[συνθήκη],

ορίζοντας ότι το γεγονός είναι δυνατό να προκαλέσει τη μετάβαση στη κατάσταση εξόδου αν η συνθήκη που δίνεται μέσα στις αγκύλες είναι αληθής. Επιπρόσθετα, μια μετάβαση μπορεί προαιρετικά να συνδέεται με μια ενέργεια εξόδου (action), που προσδιορίζει το αποτέλεσμα της μετάβασης. Μια ενέργεια θεωρείται ότι εκτελείται στιγμιαία κατά τη μετάβαση από μια κατάσταση σε μια άλλη. Οι ενέργειες παρουσιάζονται στο διάγραμμα καταστάσεων ως επιγραφές στις μεταβάσεις (κατευθυνόμενες ακμές). Συνεπώς, η πλήρης επιγραφή κάθε μετάβασης ακολουθεί τη σύνταξη:

γεγονός[συνθήκη] / ενέργεια.

## **Διάγραμμα Συνεργασίας για την Περίπτωση Χρήσης Επιλογή Προορισμού**

Το διάγραμμα συνεργασίας για την περίπτωση χρήσης με τίτλο **Επιλογή Προορισμού** παρουσιάζεται στο Σχήμα 9. Το μήνυμα **Κλήση Κουμπιού Ανελκυστήρα** μπορεί να συμβαίνει οποιαδήποτε στιγμή όταν ο χρήστης πιέσει ένα κουμπί του ανελκυστήρα. Επομένως μπορεί να φτάσει και όταν ο



ανελκυστήρας (και πιο συγκεκριμένα το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**) είναι απασχολημένος να εξυπηρετεί μια προηγούμενη κλήση. Για το λόγο αυτό δίνεται υπευθυνότητα (θα υπάρχει μια λειτουργία /μέθοδος) στο αντικείμενο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα** για να διεκπεραιώσει την εξυπηρέτηση μιας κλήσης που προήλθε από την πίεση ενός από τα κουμπιά του ανελκυστήρα.

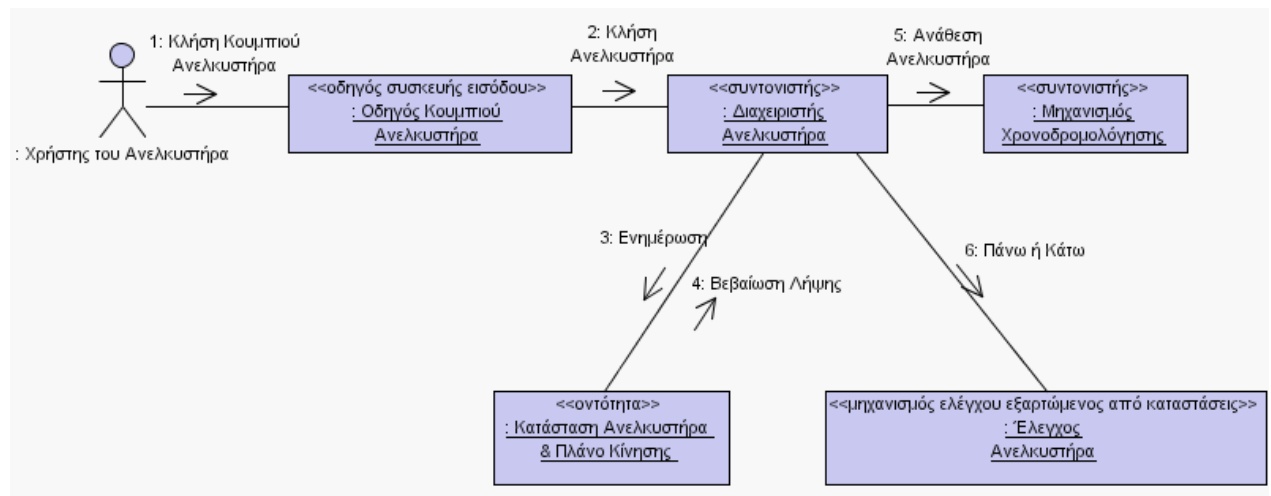
Πιο συγκεκριμένα, το διάγραμμα συνεργασίας περιγράφει ότι πραγματοποιείται η εξής ακολουθία μηνυμάτων:

- 1: Το μήνυμα **Κλήση Κουμπιού Ανελκυστήρα** αποστέλλεται από το χειριστή **Χρήστη του Ανελκυστήρα** προς το αντίστοιχο αντικείμενο **Οδηγός Κουμπιού Ανελκυστήρα**.
- 2: Το αντικείμενο **Οδηγός Κουμπιού Ανελκυστήρα** στέλνει το μήνυμα **Κλήση Ανελκυστήρα** προς το αντικείμενο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα**.
- 3: Το αντικείμενο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα** αποστέλλει την αίτηση προς το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης**, το οποίο και προσθέτει την κλήση στη λίστα των κλήσεων του ανελκυστήρα για σταμάτημα σε ορόφους.
- 4: Το πλάνο κίνησης ενημερώνεται (αποστέλλεται το μήνυμα **Ενημέρωση**). Στη συνέχεια, μια **Βεβαίωση Λήψης** επιστρέφεται στο αντικείμενο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα**.
- 5: Ο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα** στέλνει το μήνυμα **Ανάθεση Ανελκυστήρα** προς το αντικείμενο **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης**, με σκοπό να την ενημέρωσή του ότι ο συγκεκριμένος ανελκυστήρας έχει τη δέσμευση να επισκεφτεί το συγκεκριμένο όροφο που επιλέχθηκε με την κλήση του αντίστοιχου κουμπιού.
- 6: Αν ο ανελκυστήρας είναι ανενεργός (δεν υπάρχουν άλλες εκκρεμείς κλήσεις γι' αυτόν), τότε ο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα** στέλνει ένα μήνυμα **Πάνω** (ή **Κάτω**) στο αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**, με σκοπό να καθοδηγήσει προς τη σωστή κατεύθυνση τον ανελκυστήρα.

Στη συνέχεια η περίπτωση χρήσης διεκπεραιώνεται περαιτέρω από την περίπτωση χρήσης **Αποστολή Ανελκυστήρα**.

Τα μηνύματα **Ανάθεση Ανελκυστήρα** και **Πάνω** (ή **Κάτω**) μπορούν ταυτόχρονα να αποσταλούν από το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** ορίζοντας έτσι μια παράλληλη ακολουθία μηνυμάτων (parallel message sequence).

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο **Χρήστης του Ανελκυστήρα** κανονικά πρέπει να αλληλεπιδρά με την εξωτερική συσκευή εισόδου **Κουμπι Ανελκυστήρα**, δηλαδή τη φυσική συσκευή που αποστέλλει στο σύστημα το μήνυμα **Κλήση Κουμπιού Ανελκυστήρα**. Τη φυσική αυτή συσκευή δεν την εμφανίζουμε στο διάγραμμα καθώς απεικονίζουμε αντικείμενα του συστήματος ελέγχου και όχι του περιβάλλοντος συστήματος. Θεωρούμε ότι το σύστημα ελέγχου λαμβάνει τις κλήσεις των χρηστών που βρίσκονται σε κάθε ανελκυστήρα από το αντικείμενο **Οδηγός Κουμπιού Ανελκυστήρα**.



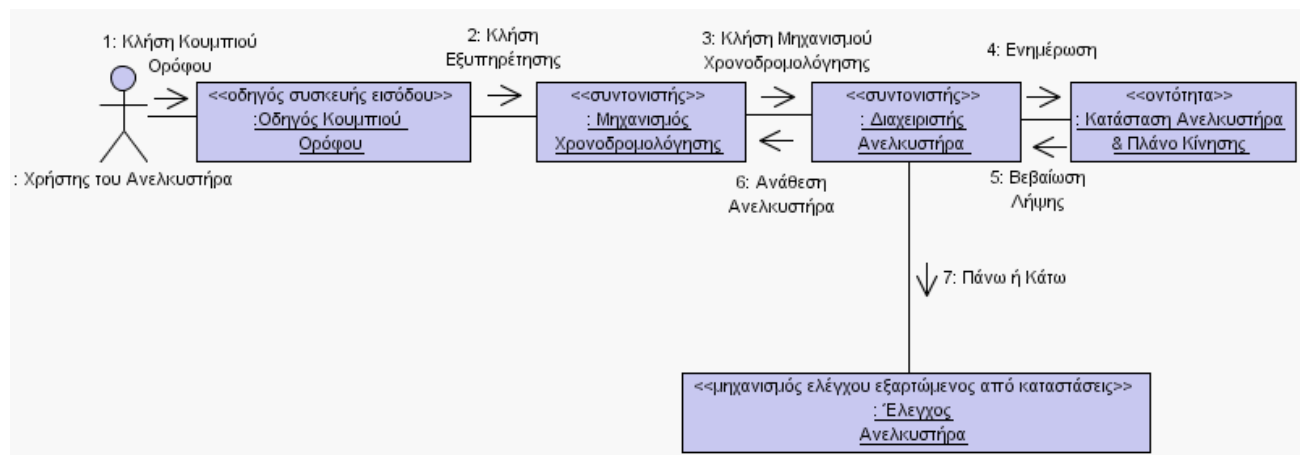
Σχήμα 9: Διάγραμμα συνεργασίας για την περίπτωση χρήσης Επιλογή Προορισμού

### Διάγραμμα Συνεργασίας για την Περίπτωση Χρήσης Κλήση Ανελκυστήρα

Το διάγραμμα συνεργασίας για την περίπτωση χρήσης με τίτλο **Κλήση Ανελκυστήρα** δίνεται στο Σχήμα 10. Η κλήση ενός ανελκυστήρα πραγματοποιείται όταν ο χρήστης που βρίσκεται σε ένα όροφο πιέσει ένα

από τα δύο κουμπιά του ορόφου. Στην περίπτωση αυτή το σύστημα ελέγχου πρέπει να αποφασίσει για το ποιος ανελκυστήρας θα εξυπηρετήσει την κλήση.

Η απόφαση αυτή λαμβάνεται από το αντικείμενο **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης**, το οποίο και περιλαμβάνει πληροφορίες για την κατάσταση του κάθε ανελκυστήρα (δηλαδή την τρέχουσα θέση και την κατεύθυνση κίνησης) του κάθε ανελκυστήρα και για το πλάνο κίνησης του κάθε ανελκυστήρα (δηλαδή τη λίστα των ορόφων που πρόκειται να επισκεφτεί).



Σχήμα 10: Διάγραμμα συνεργασίας για την περίπτωση χρήσης Κλήση Ανελκυστήρα

Το αντίστοιχο διάγραμμα συνεργασίας (Σχήμα 10) περιγράφει ότι πραγματοποιείται η παρακάτω ακολουθία μηνυμάτων:

- 1: Το μήνυμα **Κλήση Κουμπιού Ορόφου** αποστέλλεται από το χειριστή **Χρήστη του Ανελκυστήρα** και φτάνει στο αντικείμενο **Οδηγός Κουμπιού Ορόφου**.
- 2: Το αντικείμενο **Οδηγός Κουμπιού Ορόφου** στέλνει το μήνυμα **Κλήση Εξυπηρέτησης** προς το αντικείμενο **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης**.
- 3: Το αντικείμενο **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης** αποστέλλει το μήνυμα **Κλήση Μηχανισμού Χρονοδρομολόγησης** προς το αντικείμενο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα**. Το αντικείμενο αυτό



διαχειρίζεται τον ανελκυστήρα που επιλέγεται να εξυπηρετήσει την κλήση.

- 4: Το αντικείμενο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα** ενημερώνει το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης** (αποστέλλοντας το μήνυμα **Ενημέρωση**) προκειμένου να προστεθεί η νέα κλήση στο πλάνο κίνησης του ανελκυστήρα. Το πλάνο κίνησης περιλαμβάνει τους ορόφους που θα επισκεφτεί ο ανελκυστήρας που έχει επιλεγεί.
- 5: Στη συνέχεια μια **Βεβαίωση Λήψης** επιστρέφεται στο αντικείμενο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα**. Το αντικείμενο ακολούθως ανιχνεύει αν ο ανελκυστήρας είναι ανενεργός (δεν υπάρχουν άλλες εκκρεμείς κλήσεις γι' αυτόν).
- 6: Ο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα** στέλνει το μήνυμα **Ανάθεση Ανελκυστήρα** προς το αντικείμενο **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης**.
- 7: Αν ο ανελκυστήρας είναι ανενεργός (δεν υπάρχουν άλλες εκκρεμείς κλήσεις γι' αυτόν), τότε ο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα** στέλνει ένα μήνυμα **Πάνω** (ή **Κάτω**) στο αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**, με σκοπό να καθοδηγήσει προς τη σωστή κατεύθυνση τον ανελκυστήρα. Στη συνέχεια η περίπτωση διεκπεραιώνεται περαιτέρω από την περίπτωση χρήσης **Αποστολή Ανελκυστήρα**.

Όπως και στο προηγούμενο διάγραμμα έτσι και εδώ τα δύο τελευταία μηνύματα (**Ανάθεση Ανελκυστήρα** και **Πάνω** (ή **Κάτω**)) μπορούν ταυτόχρονα να αποσταλούν από το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** ορίζοντας έτσι μια παράλληλη ακολουθία μηνυμάτων (parallel message sequence). Επιπρόσθετα, ο **Χρήστης του Ανελκυστήρα** κανονικά αλληλεπιδρά με την εξωτερική συσκευή εισόδου **Κουμπί Ορόφου**, κάτι που δεν παρουσιάζεται στο αντικείμενο. Κάθε αντικείμενο **Κουμπί Ορόφου** αναπαριστά τη αντίστοιχη φυσική συσκευή που αποστέλλει και το μήνυμα **Κλήση Κουμπιού Ορόφου** στο σύστημα ελέγχου. Τη φυσική αυτή συσκευή δεν την εμφανίζουμε στο διάγραμμα καθώς απεικονίζουμε αντικείμενα του συστήματος ελέγχου και όχι του περιβάλλοντος



συστήματος. Το σύστημα ελέγχου λαμβάνει τις κλήσεις των χρηστών που βρίσκονται στους ορόφους από το αντικείμενο **Οδηγός Κουμπιού Ορόφου**.

## **Διάγραμμα Συνεργασίας για την Αφαιρετική Περίπτωση Χρήσης Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε Όροφο – Διάγραμμα Καταστάσεων για το Αντικείμενο Έλεγχος Ανελκυστήρα**

Η εκτέλεση της περίπτωσης χρήσης **Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε Όροφο** εξαρτάται από την τρέχουσα κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο αντίστοιχος ανελκυστήρας. Για το λόγο αυτό, σε συνδυασμό με το αντίστοιχο διάγραμμα συνεργασίας για την περίπτωση χρήσης (Σχήμα 11), θα χρησιμοποιηθεί ένα διάγραμμα καταστάσεων (Σχήμα 12) που περιγράφει τις διάφορες καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί το αντικείμενο ελέγχου **Έλεγχος Ανελκυστήρα**. Ως προϋπόθεση θεωρούμε ότι ο ανελκυστήρας βρίσκεται αρχικά στην κατάσταση **Ανελκυστήρας σε Κίνηση**.

Το διάγραμμα συνεργασίας στο Σχήμα 11 περιγράφει ότι πραγματοποιείται η ακόλουθη ακολουθία μηνυμάτων:

- 1: Το αντικείμενο **Οδηγός Αισθητήρα Άφιξης** λαμβάνει είσοδο από τον αισθητήρα άφιξης.
- 2: Το αντικείμενο **Οδηγός Αισθητήρα Άφιξης** στέλνει τον αριθμό του ορόφου όπου φτάνει ο ανελκυστήρας προς στο αντικείμενο ελέγχου **Έλεγχος Ανελκυστήρα**. Συγκεκριμένα ο αριθμός ορόφου (**# Ορόφου**) αποτελεί παράμετρο στο μήνυμα **Προσέγγιση σε Όροφο**.
- 3: Το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** στέλνει το μήνυμα **Έλεγχος Τρέχοντος Ορόφου** (που περιλαμβάνει τον αριθμό του ορόφου ως παράμετρο) προς το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης**. Ο ρόλος του συγκεκριμένου αντικειμένου είναι να ελέγξει εάν ο όροφος στον οποίο φτάνει ο ανελκυστήρας είναι ένας από τους ορόφους όπου πρέπει να σταματήσει.
- 4: Όταν ο ανελκυστήρας φτάνει σε έναν όροφο που έχει προηγουμένως επιλεγεί το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο**



**Κίνησης** επιστρέφει το μήνυμα **Προσέγγιση Ορόφου** που έχει **Επιλεγεί** προς το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**. Το μήνυμα αυτό περιέχει τον αριθμό του ορόφου και την επόμενη κατεύθυνση κίνησης του ανελκυστήρα (πάνω ή κάτω). Έτσι το μήνυμα πρέπει να αποστέλλεται μαζί με τις παραμέτρους **#Ορόφου** και **Κατεύθυνση** αντίστοιχα. Με τη λήψη του μηνύματος το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** μεταβαίνει από την κατάσταση **Ανελκυστήρας σε Κίνηση** στην κατάσταση **Ανελκυστήρας σε Στάση** (Σχήμα 12).

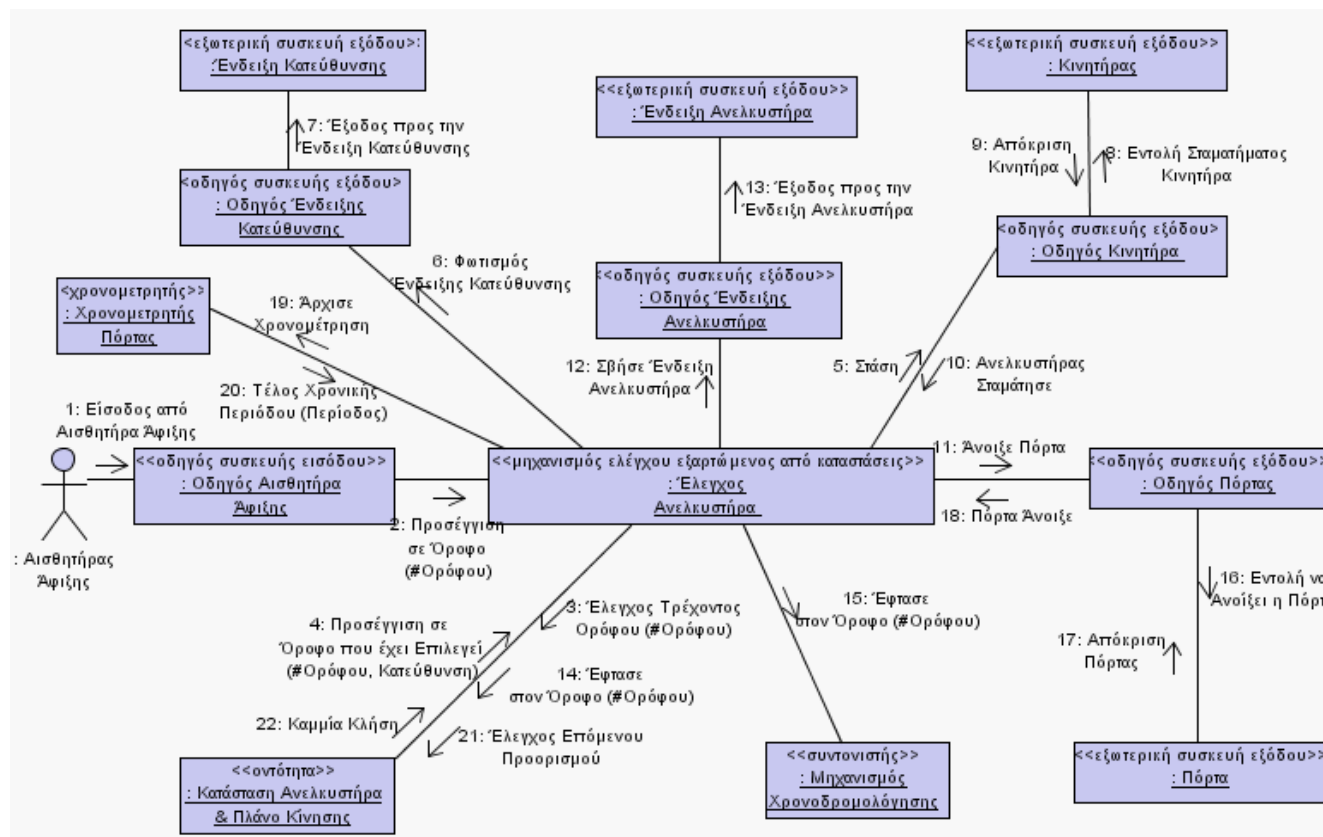
- 5: Ως αποτέλεσμα της μετάβασης στην κατάσταση **Ανελκυστήρας σε Στάση**, το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** στέλνει ένα αντίστοιχο μήνυμα (το μήνυμα **Στάση**) προς το αντικείμενο **Οδηγός Κινητήρα** προκειμένου να σταματήσει ο ανελκυστήρας.
- 6: Το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** στέλνει επίσης το μήνυμα **Φωτισμός Ένδειξης Κατεύθυνσης** (Πάνω ή Κάτω) προς το αντικείμενο **Οδηγός Ένδειξης Κατεύθυνσης**.

Τα μηνύματα **Στάση** και **Φωτισμός Ένδειξης Κατεύθυνσης** μπορούν να ταυτόχρονα να αποσταλούν από το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** ταυτόχρονα ορίζοντας έτσι μια παράλληλη ακολουθία μηνυμάτων (parallel message sequence).

- 7: Μετά την αποστολή του μηνύματος **Φωτισμός Ένδειξης Κατεύθυνσης**, το αντικείμενο **Οδηγός Ένδειξης Κατεύθυνσης** στέλνει ένα μήνυμα (**Έξοδος προς την Ένδειξη Κατεύθυνσης**) προς την αντίστοιχη φωτιζόμενη ένδειξη κατεύθυνσης (προς το αντικείμενο **Ένδειξη Κατεύθυνσης**) προκειμένου να φωτιστεί η κατεύθυνση προορισμού που έχει επιλεγεί.
- 8: Το αντικείμενο **Οδηγός Κινητήρα** στέλνει ως μήνυμα μια **Εντολή Σταματήματος Κινητήρα** προς το αντικείμενο **Κινητήρας** προκειμένου ο κινητήρας να σταματήσει τον ανελκυστήρα στον όροφο.
- 9: Το αντικείμενο **Κινητήρας** επιστρέφει στο αντικείμενο **Οδηγός Κινητήρα** το αντίστοιχο μήνυμα-απόκριση (**Απόκριση Κινητήρα**).



- 10: Το αντικείμενο **Οδηγός Κινητήρα** στέλνει στο αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** το μήνυμα **Ανελκυστήρας Σταμάτησε**. Στη συνέχεια το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** μεταβαίνει στην κατάσταση **Πόρτα Ανελκυστήρα Ανοίγει** (Σχήμα 12).
- 11: Κατά τη μετάβαση στην κατάσταση **Πόρτα Ανελκυστήρα Ανοίγει** (Σχήμα 12) το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** στέλνει προς το αντικείμενο **Οδηγός Πόρτας** την εντολή **Άνοιξε Πόρτα**.



Σχήμα 11: Διάγραμμα συνεργασίας για την περίπτωση χρήσης Σταμάτημα Ανεγκυστήρα σε Όροφο

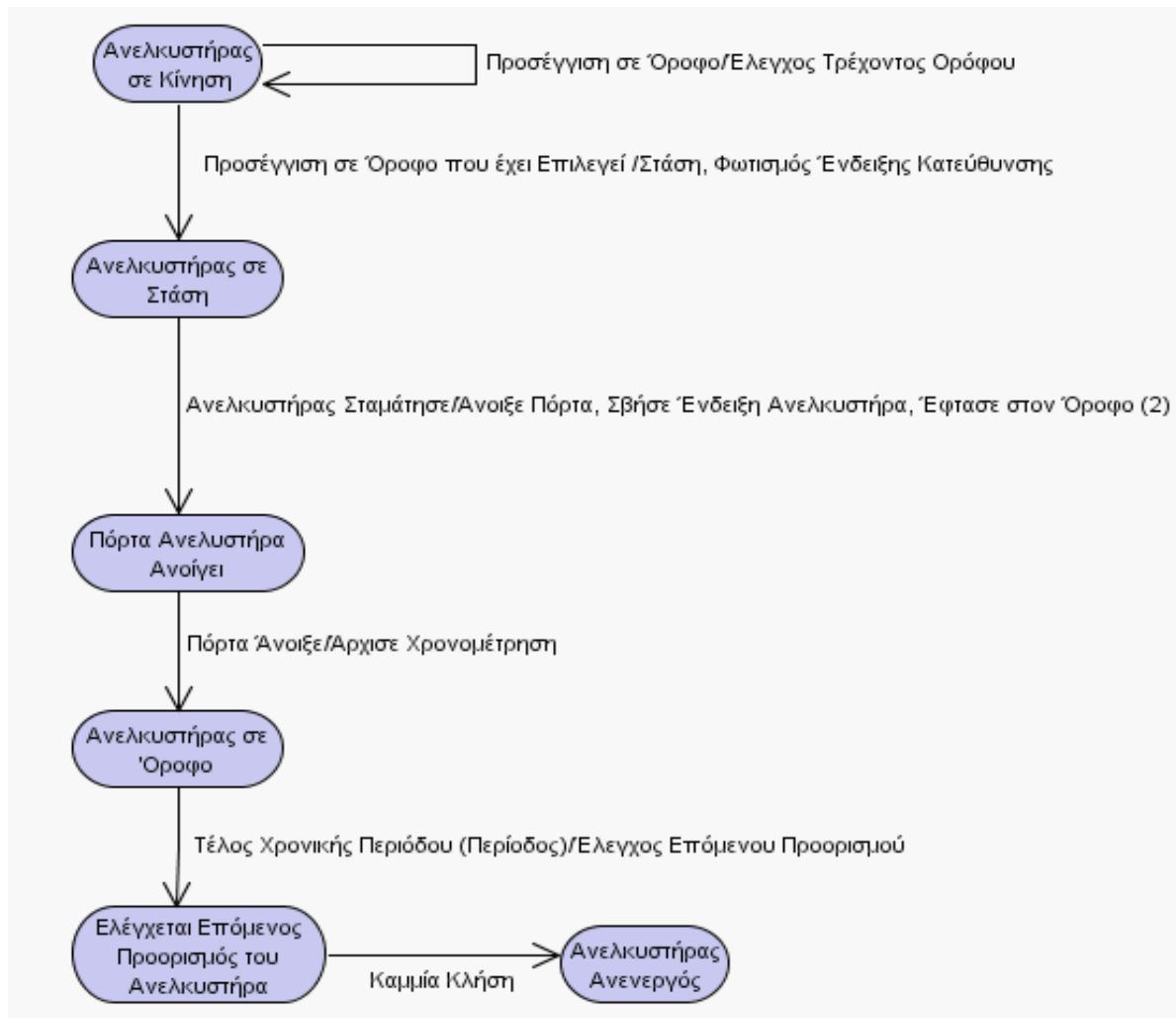


- 12: Το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** στέλνει προς το αντικείμενο **Οδηγός Ένδειξης Ανελκυστήρα** το μήνυμα **Σβήσε Ένδειξη Ανελκυστήρα** προκειμένου να σβήσει η φωτιζόμενη ένδειξη που αντιστοιχεί στον όροφο όπου ο ανελκυστήρας σταμάτησε.
  - 13: Μετά την αποστολή του μηνύματος **Σβήσε Ένδειξη Ανελκυστήρα**, το αντικείμενο **Οδηγός Ένδειξης Ανελκυστήρα** στέλνει στη συνέχεια κατάλληλη εντολή (**Έξοδος προς Ένδειξη Ανελκυστήρα**) προς το αντικείμενο **Ένδειξη Ανελκυστήρα**.
  - 14: Το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** ενημερώνει το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης** με το να στέλνει σε αυτό το μήνυμα **Έφτασε στον Όροφο**. Το μήνυμα περιέχει ως παράμετρο τον αριθμό του ορόφου.
  - 15: Το ίδιο μήνυμα (**Έφτασε στον Όροφο**) αποστέλλεται από το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** και προς το αντικείμενο **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης**.
- Η αποστολή από το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** των μηνυμάτων **Άνοιξε Πόρτα**, **Σβήσε Ένδειξη Ανελκυστήρα** καθώς και των δύο μηνυμάτων **Έφτασε στον Όροφο** μπορεί να πραγματοποιηθεί ταυτόχρονα ορίζοντας μια δεύτερη παράλληλη ακολουθία μηνυμάτων (parallel message sequence).
- 16: Το αντικείμενο **Οδηγός Πόρτας** στέλνει προς το αντικείμενο **Πόρτα** την αντίστοιχη εντολή (**Εντολή να Άνοιξει η Πόρτα**).
  - 17: Το αντικείμενο **Πόρτα** επιστρέφει στο αντικείμενο **Οδηγός Πόρτας** το αντίστοιχο μήνυμα-απόκριση (**Απόκριση Πόρτας**).
  - 18: Το αντικείμενο **Οδηγός Πόρτας** στέλνει το μήνυμα **Πόρτα Άνοιξε** στο αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**, το οποίο με τη σειρά του μεταβαίνει στην κατάσταση **Ανελκυστήρας σε Όροφο** (Σχήμα 12).
  - 19: Το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** ενεργοποιεί ένα χρονομετρητή στέλνοντας το μήνυμα **Άρχισε Χρονομέτρηση** προς το αντικείμενο **Χρονομετρητής Πόρτας**.
  - 20: Ένα “χρονικό” γεγονός δημιουργείται μετά την παρέλευση μιας χρονικής περιόδου που καθορίζεται από την παράμετρο **Περίοδος**. Το



αντίστοιχο μήνυμα (**Τέλος Χρονικής Περιόδου**) αποστέλλεται από το αντικείμενο **Χρονομετρητής Πόρτας** προς το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**. Το αποτέλεσμα είναι για το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** να μεταβεί στην κατάσταση **Ελέγχεται Επόμενος Προορισμός του Ανελκυστήρα** (Σχήμα 12).

- 21: Η μετάβαση στην κατάσταση με τίτλο **Ελέγχεται Επόμενος Προορισμός του Ανελκυστήρα** (Σχήμα 12) έχει ως επακόλουθο αποτέλεσμα το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** να στέλνει το μήνυμα **Έλεγχος Επόμενου Προορισμού** προς το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης**. Στην περίπτωση που συμβεί μια αλλαγή στο πλάνο κίνησης του ανελκυστήρα, βασικός στόχος είναι να καθοριστεί ο επόμενος προορισμός του (ο επόμενος όροφος που θα επισκεφτεί ο ανελκυστήρας) ακριβώς πριν αυτός αναχωρήσει από τον όροφο στον οποίο έχει σταματήσει. Εάν δεν υπάρχουν άλλες εκκρεμείς κλήσεις για τον ανελκυστήρα τότε μεταβαίνει στην κατάσταση **Ανελκυστήρας Ανενεργός**, διαφορετικά εκτελείται η περίπτωση χρήσης **Αποστολή Ανελκυστήρα**.
- 22: Εάν δεν υπάρχουν άλλες εκκρεμείς κλήσεις για τον ανελκυστήρα τότε ο ανελκυστήρας βρίσκεται στην κατάσταση **Ανελκυστήρας Ανενεργός** (Σχήμα 12). Με τη μετάβαση στην κατάσταση αυτή το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης** στέλνει προς το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** το μήνυμα **Καμμία Κλήση**.



Σχήμα 12: Περίπτωση χρήσης Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε Όροφο – Διάγραμμα καταστάσεων για το αντικείμενο Έλεγχος Ανελκυστήρα

Στο αντίστοιχο διάγραμμα καταστάσεων (Σχήμα 12) περιγράφονται:

- Τα βασικά γεγονότα (events) που λαμβάνουν χώρα στο σύστημα κατά την εκτέλεση της περίπτωσης χρήσης **Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε Όροφο**. Τα γεγονότα αυτά είναι τα μηνύματα που προέρχονται από το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**, η συμπεριφορά του οποίου είναι κάθε φορά διαφορετική ανάλογα σε ποια κατάσταση βρίσκεται. Αποτελεί αντικείμενο ελέγχου που ανήκει στην στερεότυπη κλάση «μηχανισμός ελέγχου εξαρτώμενος από καταστάσεις».



- Οι καταστάσεις (states) στις οποίες μπορεί να βρεθεί το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**, ξεκινώντας από την κατάσταση **Ανελκυστήρας σε Κίνηση**.

Στο διάγραμμα καταστάσεων παρατηρούμε ότι οι μεταβάσεις επιγράφονται με εκφράσεις που ακολουθούν τη γενική σύνταξη γεγονός / ενέργεια. Μπορεί να θεωρηθεί, για παράδειγμα, η επιγραφή **Πόρτα Άνοιξε / Άρχισε Χρονομέτρηση** της μετάβασης από την κατάσταση **Πόρτα Ανελκυστήρα Ανοίγει** προς την κατάσταση **Ανελκυστήρας σε Όροφο** (Σχήμα 12). Όταν ανιχνευθεί το γεγονός **Πόρτα Άνοιξε** τότε το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** μεταβαίνει από την κατάσταση **Πόρτα Ανελκυστήρα Ανοίγει** στην κατάσταση **Ανελκυστήρας σε Όροφο** και ως αποτέλεσμα της μετάβασης εκτελείται (στιγμιαία) μια εντολή που περιγράφεται από την ενέργεια **Άρχισε Χρονομέτρηση**.

Στο διάγραμμα (Σχήμα 12) επίσης παρουσιάζεται η κατάσταση **Ανελκυστήρας σε Κίνηση** να συνδέεται με μια αυτο-μετάβαση (self-transition). Ως αυτο-μετάβαση σε ένα διάγραμμα καταστάσεων ορίζεται μια μετάβαση από μια κατάσταση ξανά πίσω στην ίδια κατάσταση. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει την επαναληπτική εκτέλεση της αποστολής του μηνύματος **Προσέγγιση σε Όροφο** και της εκτέλεσης της εντολής **Έλεγχος Τρέχοντος Ορόφου** κάθε φορά που, καθώς ο ανελκυστήρας κινείται, διέρχεται από ένα όροφο.

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ο μη ντετερμινιστικός χαρακτήρας των μηνυμάτων που συνιστούν την παράλληλη ακολουθία μηνυμάτων όταν λαμβάνει χώρα η μετάβαση από την κατάσταση **Ανελκυστήρας σε Στάση** προς την κατάσταση **Πόρτα Ανελκυστήρα Ανοίγει**. Πρόκειται για τα μηνύματα **Άνοιξε Πόρτα**, **Σβήσε Ένδειξη Ανελκυστήρα** καθώς και τα δύο μηνύματα **Έφτασε στον Όροφο**. Αυτά μπορούν να συμβούν με οποιαδήποτε σειρά. Κατά συνέπεια είναι πιθανό η εντολή **Έξοδος προς Ένδειξη Ανελκυστήρα** που δίνεται προς την ένδειξη του ανελκυστήρα (και πραγματοποιείται αφού ληφθεί το μήνυμα **Σβήσε Ένδειξη Ανελκυστήρα**) να συμβεί είτε πριν είτε μετά από την αντίστοιχη **Εντολή**



να **Ανοίξει η Πόρτα** που δίνεται προς την πόρτα του ανελκυστήρα (η οποία ακολουθεί το μήνυμα **Άνοιξε Πόρτα**).

## **Διάγραμμα Συνεργασίας για την Αφαιρετική Περίπτωση Χρήσης Αποστολή Ανελκυστήρα – Διάγραμμα Καταστάσεων για το Αντικείμενο Έλεγχος Ανελκυστήρα**

Στο διάγραμμα συνεργασίας (Σχήμα 13) που απεικονίζει την εκτέλεση της δεύτερης αφαιρετικής περίπτωσης χρήσης, την **Αποστολή Ανελκυστήρα**, οι προϋποθέσεις για την αρχική κατάσταση μπορεί να είναι κάθε φορά διαφορετικές.

Συγκεκριμένα:

Μπορούμε αρχικά να θεωρήσουμε ότι κατά τη μετάβαση προς την κατάσταση **Ελέγχεται Επόμενος Προορισμός του Ανελκυστήρα** (Σχήμα 12) το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** στέλνει το μήνυμα **Έλεγχος Επόμενου Προορισμού** προς το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης** (Σχήμα 11). Στη συνέχεια, το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης** επιστρέφει με τη σειρά του το μήνυμα **Κλήση προς τα Πάνω** (ή αντίστοιχα το μήνυμα **Κλήση προς τα Κάτω**) προς το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**, προκειμένου να κινηθεί ο ανελκυστήρας προς την αντίστοιχη κατεύθυνση προορισμού (προς τα πάνω ή προς τα κάτω). Το μήνυμα αυτό (το μήνυμα **Κλήση προς τα Πάνω** ή το μήνυμα **Κλήση προς τα Κάτω**) είναι το πρώτο στη σειρά γεγονός κατά την εκτέλεση της αφαιρετικής περίπτωσης χρήσης **Αποστολή Ανελκυστήρα** και αποστέλλεται από το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης**.

Είναι όμως δυνατό το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** να βρίσκεται στην κατάσταση **Ανελκυστήρας Ανενεργός** (Σχήμα 12). Τότε το αντικείμενο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα** μπορεί είτε να λάβει ένα μήνυμα από το αντικείμενο **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης** (το μήνυμα **Κλήση Μηχανισμού Χρονοδρομολόγησης** όπως φαίνεται στο Σχήμα 10), είτε να λάβει μια κλήση από το αντικείμενο **Οδηγός Κουμπιού Ορόφου** ώστε να επισκεφτεί ο ανελκυστήρας έναν όροφο που επέλεξε ο χρήστης



(το μήνυμα **Κλήση Ανελκυστήρα** όπως φαίνεται στο Σχήμα 9). Σε κάθε περίπτωση το αντικείμενο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα** θα στείλει στη συνέχεια ένα αντίστοιχο μήνυμα (το μήνυμα **Ενημέρωση**) προς το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης**, με σκοπό να ενημερωθεί το πλάνο κίνησης του ανελκυστήρα για τη νέα κλήση που σημειώθηκε. Αν ο ανελκυστήρας δεν είναι ανενεργός (είναι απασχολημένος στην εξυπηρέτηση μιας κλήσης), τότε το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης** επιστρέφει στο αντικείμενο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα** το μήνυμα **Βεβαίωση Λήψης** χωρίς να προσδιορίζεται η επόμενη κατεύθυνση προορισμού. Αν όμως ο ανελκυστήρας είναι ανενεργός, τότε το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης** επιστρέφει στο αντικείμενο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα** το μήνυμα **Βεβαίωση Λήψης** καθορίζοντας (ως παράμετρο) και την επόμενη κατεύθυνση προορισμού. Επομένως, στην περίπτωση αυτή το αντικείμενο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα** είναι αυτό που θα στείλει το μήνυμα **Κλήση προς τα Πάνω** (ή το μήνυμα **Κλήση προς τα Κάτω**) προς το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**.

Επομένως, το μήνυμα **Κλήση προς Πάνω** (ή αντίστοιχα το μήνυμα **Κλήση προς τα Κάτω**) μπορεί να αποστέλλεται προς το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** κάθε φορά από διαφορετικό αντικείμενο. Αν ο ανελκυστήρας βρίσκεται στην κατάσταση **Ελέγχεται Επόμενος Προορισμός του Ανελκυστήρα**, τότε το συγκεκριμένο μήνυμα το αποστέλλει το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης**. Αν όμως ο ανελκυστήρας βρίσκεται στην κατάσταση **Ανελκυστήρας Ανενεργός**, τότε το ίδιο μήνυμα το αποστέλλει το αντικείμενο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα**.

Στο σενάριο εκτέλεσης για την περίπτωση χρήσης **Αποστολή Ανελκυστήρα** που παρουσιάζεται στο αντίστοιχο διάγραμμα συνεργασίας (Σχήμα 13) θεωρήθηκε ότι το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης** είναι εκείνο που αποστέλλει το μήνυμα **Κλήση προς Πάνω**. Το διάγραμμα συνεργασίας σε συνδυασμό με το διάγραμμα καταστάσεων για το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** (Σχήμα 14)



περιγράφουν ότι πραγματοποιείται η παρακάτω ακολουθία μηνυμάτων και εναλλαγή καταστάσεων:

- 1: Το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης** (ή σε άλλη περίπτωση το αντικείμενο **Διαχειριστής Ανελκυστήρα**) στέλνει προς το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** το μήνυμα **Κλήση προς τα Πάνω** (ή το μήνυμα **Κλήση προς τα Κάτω**). Το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** μεταβαίνει προς την κατάσταση **Πόρτα Ανελκυστήρα Κλείνει για να Κατευθυνθεί προς τα Πάνω** (Σχήμα 14).

Τα βήματα που ακολουθούν πραγματοποιούνται και όταν ληφθεί μήνυμα **Κλήση προς τα Κάτω** από το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**. Ο ανελκυστήρας τότε καλείται να αναχωρήσει προς ένα όροφο που είναι πιο κάτω από τον τρέχων όροφο. Η αντίστοιχη ακολουθία βημάτων προκύπτει εάν στη συνέχεια αντί για τη λέξη **Πάνω** χρησιμοποιήσουμε τη λέξη **Κάτω**.

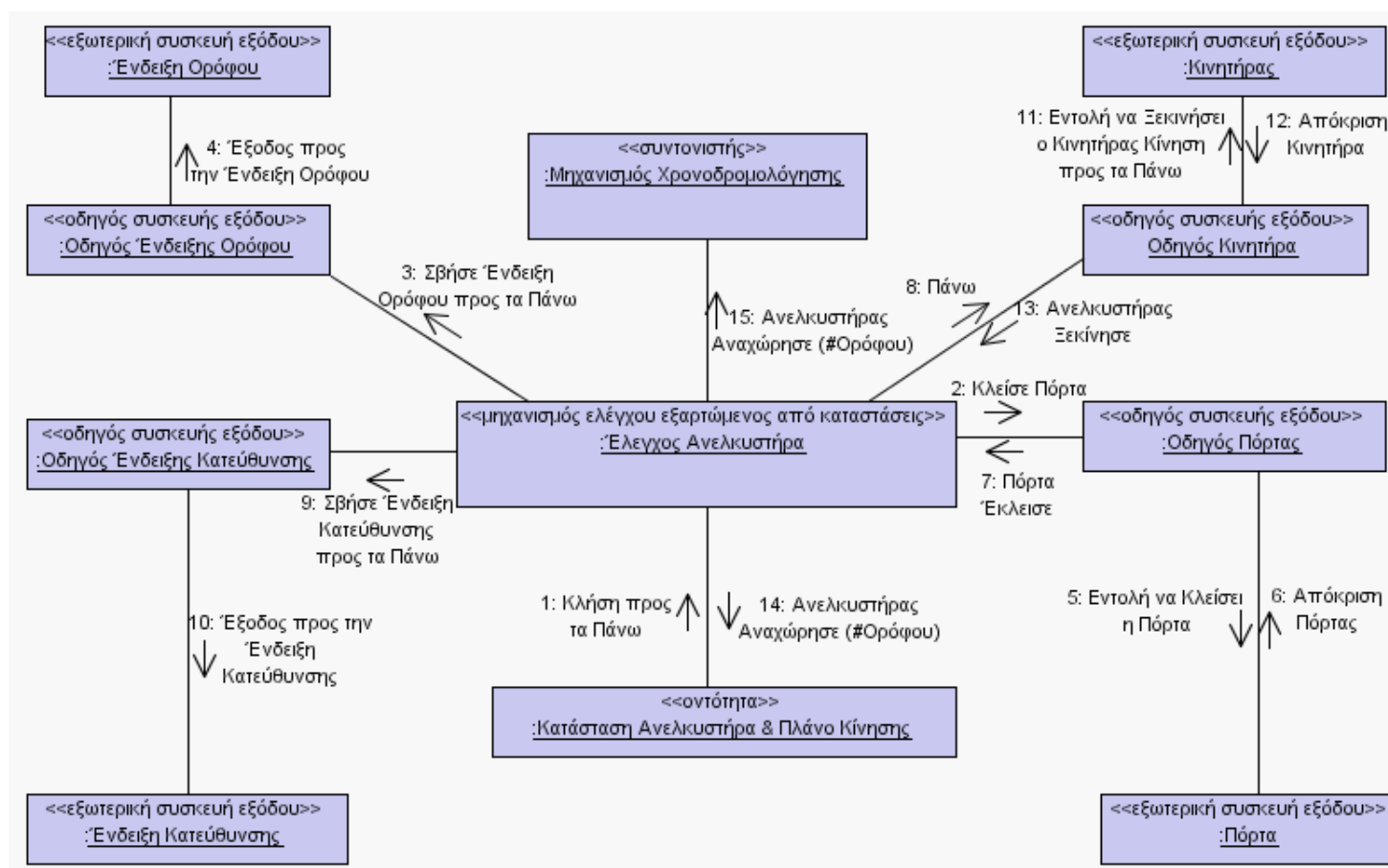
- 2: Το αποτέλεσμα της μετάβασης στην κατάσταση **Πόρτα Ανελκυστήρα Κλείνει για να Κατευθυνθεί προς τα Πάνω** είναι το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** να στείλει την εντολή **Κλείσε Πόρτα** προς το αντικείμενο **Οδηγός Πόρτας**.
- 3: Ταυτόχρονα το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** στέλνει την εντολή **Σβήσε Ένδειξη Ορόφου προς τα Πάνω** προς το αντικείμενο **Οδηγός Ένδειξης Ορόφου**.

Τα μηνύματα **Κλείσε Πόρτα** και **Σβήσε Ένδειξη Ορόφου προς τα Πάνω** μπορούν να σταλούν ταυτόχρονα από το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** ορίζοντας έτσι μια παράλληλη ακολουθία μηνυμάτων.

- 4: Μετά την αποστολή του μηνύματος **Σβήσε Ένδειξη Ορόφου προς τα Πάνω**, το αντικείμενο **Οδηγός Ένδειξης Ορόφου** στέλνει ένα μήνυμα (**Έξοδος προς την Ένδειξη Ορόφου**) προς την αντίστοιχη φωτιζόμενη ένδειξη ορόφου (προς το αντικείμενο **Ένδειξη Ορόφου**) προκειμένου να σβηστεί η κατεύθυνση που έχει επιλεγεί (προς τα πάνω).
- 5: Το αντικείμενο **Οδηγός Πόρτας** στέλνει προς το αντικείμενο **Πόρτα** την αντίστοιχη εντολή (**Εντολή να Κλείσει η Πόρτα**).



- 6: Το αντικείμενο **Πόρτα** επιστρέφει στο αντικείμενο **Οδηγός Πόρτας** το αντίστοιχο μήνυμα-απόκριση (**Απόκριση Πόρτας**).
  - 7: Το αντικείμενο **Οδηγός Πόρτας** επιστρέφει το μήνυμα **Πόρτα Έκλεισε** στο αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**, το οποίο και μεταβαίνει στην κατάσταση **Ανελκυστήρας Ξεκινάει Πορεία προς τα Πάνω** (Σχήμα 14).
  - 8: Το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** στέλνει το μήνυμα **Πάνω** προς το αντικείμενο **Οδηγός Κινητήρα**.
  - 9: Το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** στέλνει την εντολή **Σβήσε Ένδειξη Κατεύθυνσης προς τα Πάνω** προς το αντικείμενο **Οδηγός Ένδειξης Κατεύθυνσης**.
- Τα μηνύματα **Πάνω** και **Σβήσε Ένδειξη Κατεύθυνσης προς τα Πάνω** μπορούν να αποσταλούν ταυτόχρονα από το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** ορίζοντας μια παράλληλη ακολουθία μηνυμάτων.
- 10: Μετά την αποστολή του μηνύματος **Σβήσε Ένδειξη Κατεύθυνσης προς τα Πάνω**, το αντικείμενο **Οδηγός Ένδειξης Κατεύθυνσης** στέλνει ένα μήνυμα (**Έξοδος προς την Ένδειξη Κατεύθυνσης**) προς την αντίστοιχη φωτιζόμενη ένδειξη κατεύθυνσης (που δείχνει προς τα πάνω) προκειμένου να την απενεργοποιήσει (να τη σβήσει).
  - 11: Το αντικείμενο **Οδηγός Κινητήρα** στέλνει ως μήνυμα μια **Εντολή να Ξεκινήσει ο Κινητήρας Κίνηση προς τα Πάνω** προς το αντικείμενο **Κινητήρας** προκειμένου ο κινητήρας να ξεκινήσει να κινεί τον ανελκυστήρα προς τα πάνω.
  - 12: Το αντικείμενο **Κινητήρας** επιστρέφει στο αντικείμενο **Οδηγός Κινητήρα** το αντίστοιχο μήνυμα-απόκριση (**Απόκριση Κινητήρα**).



Σχήμα 13: Διάγραμμα συνεργασίας για την περίπτωση χρήσης Αποστολή Ανελκυστήρα



- 13: Το αντικείμενο **Οδηγός Κινητήρα** στέλνει στο αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** το μήνυμα **Ανελκυστήρας Ξεκίνησε**. Στη συνέχεια το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** μεταβαίνει στην κατάσταση **Ανελκυστήρας σε Κίνηση** (Σχήμα 14).
- 14: Το αντικείμενο **Έλεγχος Κινητήρα** στέλνει το μήνυμα **Ανελκυστήρας Αναχώρησε** (με παράμετρο τον **#Ορόφου**) προς το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης**.
- 15: Ταυτόχρονα το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** στέλνει το ίδιο μήνυμα (**Ανελκυστήρας Αναχώρησε**) και προς το προς το αντικείμενο **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης**.

Η αποστολή του μηνύματος **Ανελκυστήρας Αναχώρησε** μπορεί να πραγματοποιηθεί ταυτόχρονα και προς τα δύο αντικείμενα (**Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης** και **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης**).

Στο διάγραμμα καταστάσεων (Σχήμα 14) οι δράσεις **Κλείσε Πόρτα** και **Σβήσε Ένδειξη Ορόφου προς τα Πάνω** προσδιορίζονται ως ενέργειες εισόδου (entry actions) για την κατάσταση **Πόρτα Ανελκυστήρα Κλείνει για να Κατευθυνθεί προς τα Πάνω**.

Οι ενέργειες εισόδου αποτελούν στιγμιαίες δράσεις που θεωρείται ότι πραγματοποιούνται κατά τη στιγμή της εισόδου σε μια κατάσταση. Μια ενέργεια εισόδου προσδιορίζεται στο διάγραμμα καταστάσεων από την έκφραση entry / ενέργεια και είναι χαρακτηριστικό ότι προσδιορίζει την ίδια την κατάσταση και όχι τη μετάβαση προς αυτή. Ανάλογα με την έκφραση exit / ενέργεια ορίζονται και οι ενέργειες εξόδου (exit actions) ως οι ενέργειες που συμβαίνουν κατά την έξοδο από μια κατάσταση.

Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι αντί να επιγράφεται μια κατάσταση από ενέργειες εισόδου (εξόδου) είναι δυνατό να προσδιορίζονται με αντίστοιχες ενέργειες οι μεταβάσεις εισόδου (εξόδου) προς (από) την κατάσταση. Ενδείκνυται όμως η χρήση των ενεργειών εισόδου (εξόδου) όταν ισχύουν οι ακόλουθες συνθήκες:

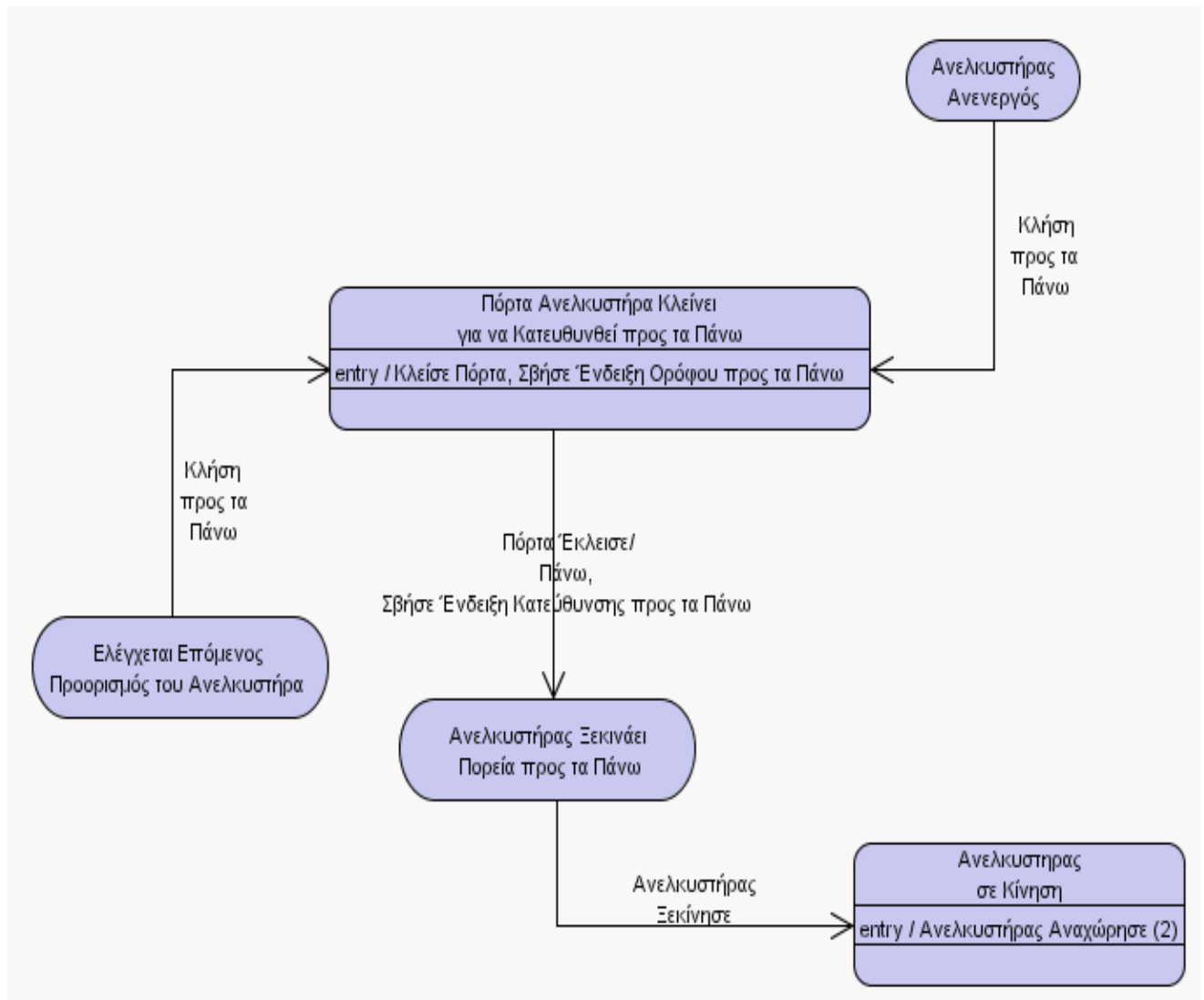
- όταν υπάρχουν περισσότερες από μια μεταβάσεις προς (από) τη κατάσταση,



- η ίδια ενέργεια πρέπει να εκτελεστεί σε καθεμιά από τις μεταβάσεις εισόδου (εξόδου)
- η ενέργεια συνδέεται με τη χρονική στιγμή της εισόδου στην (της εξόδου από την) κατάσταση και όχι με την χρονική στιγμή της εξόδου από (εισόδου προς) την προηγούμενη (επόμενη) κατάσταση.

Στο παράδειγμα είναι φανερό ότι οι προϋποθέσεις αυτές ισχύουν για την κατάσταση **Πόρτα Ανελκυστήρα Κλείνει για να Κατευθυνθεί προς τα Πάνω**. Το ίδιο μήνυμα (το μήνυμα **Κλήση προς τα Πάνω**) μπορεί να προέλθει από την κατάσταση **Ελέγχεται Επόμενος Προορισμός του Ανελκυστήρα** και από τη κατάσταση **Ανελκυστήρας Ανενεργός**. Έτσι το μήνυμα **Κλείσε Πόρτα** όπως και το μήνυμα **Σβήσε Ένδειξη Ορόφου προς τα Πάνω** προσδιορίζονται ως ενέργειες εισόδου για την κατάσταση **Πόρτα Ανελκυστήρα Κλείνει για να Κατευθυνθεί προς τα Πάνω**.

Με την ίδια λογική, ως ενέργεια εισόδου για την κατάσταση **Ανελκυστήρας σε Κίνηση** χαρακτηρίστηκε η αποστολή του μηνύματος **Ανελκυστήρας Αναχώρησε** που πραγματοποιείται δύο φορές: την πρώτη φορά προς το αντικείμενο **Κατάσταση Ανελκυστήρα & Πλάνο Κίνησης** και τη δεύτερη φορά προς το αντικείμενο **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης**.



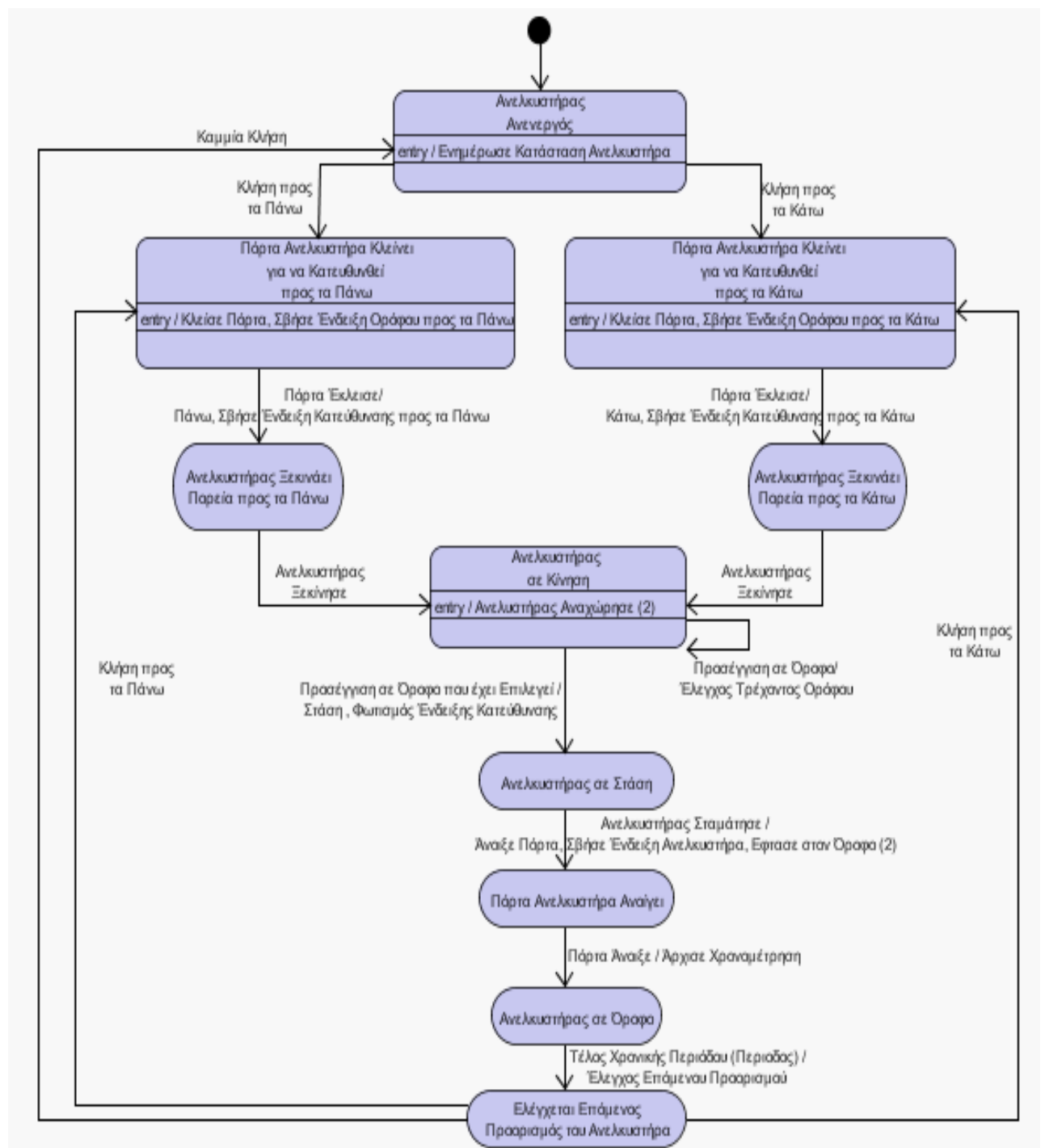
Σχήμα 14: Περίπτωση χρήσης Αποστολή Ανελκυστήρα – Διάγραμμα καταστάσεων για το αντικείμενο Έλεγχος Ανελκυστήρα

### Ενιαίο Διάγραμμα Καταστάσεων για τον Έλεγχο του Ανελκυστήρα – Ιεραρχική Σχεδίαση του Δυναμικού Μοντέλου

Το διάγραμμα καταστάσεων που παρουσιάζεται στο Σχήμα 15 προέκυψε από την ενοποίηση των δύο προηγούμενων διαγραμμάτων καταστάσεων (Σχήμα 12, Σχήμα 14) σε ένα νέο ενιαίο διάγραμμα (consolidated state chart). Σε αυτό παρουσιάζονται ολοκληρωμένα οι καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** κατά την



εκτέλεση και των δύο περιπτώσεων χρήσης (δηλαδή της περίπτωσης **Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε Όροφο** και της περίπτωσης **Αποστολή Ανελκυστήρα**). Επιπρόσθετα, στο νέο ενιαίο διάγραμμα καταστάσεων λαμβάνεται υπόψη η περίπτωση να ληφθεί από το αντικείμενο Έλεγχος Ανελκυστήρα το μήνυμα **Κλήση προς τα Κάτω**.



Σχήμα 15: Ενιαίο διάγραμμα καταστάσεων για το αντικείμενο Έλεγχος Ανελκυστήρα

Είναι εμφανές ότι ένα διάγραμμα κατάστασης μπορεί να γίνει αρκετά πολύπλοκο και δυσνόητο όταν αυξάνει το πλήθος των καταστάσεων. Για



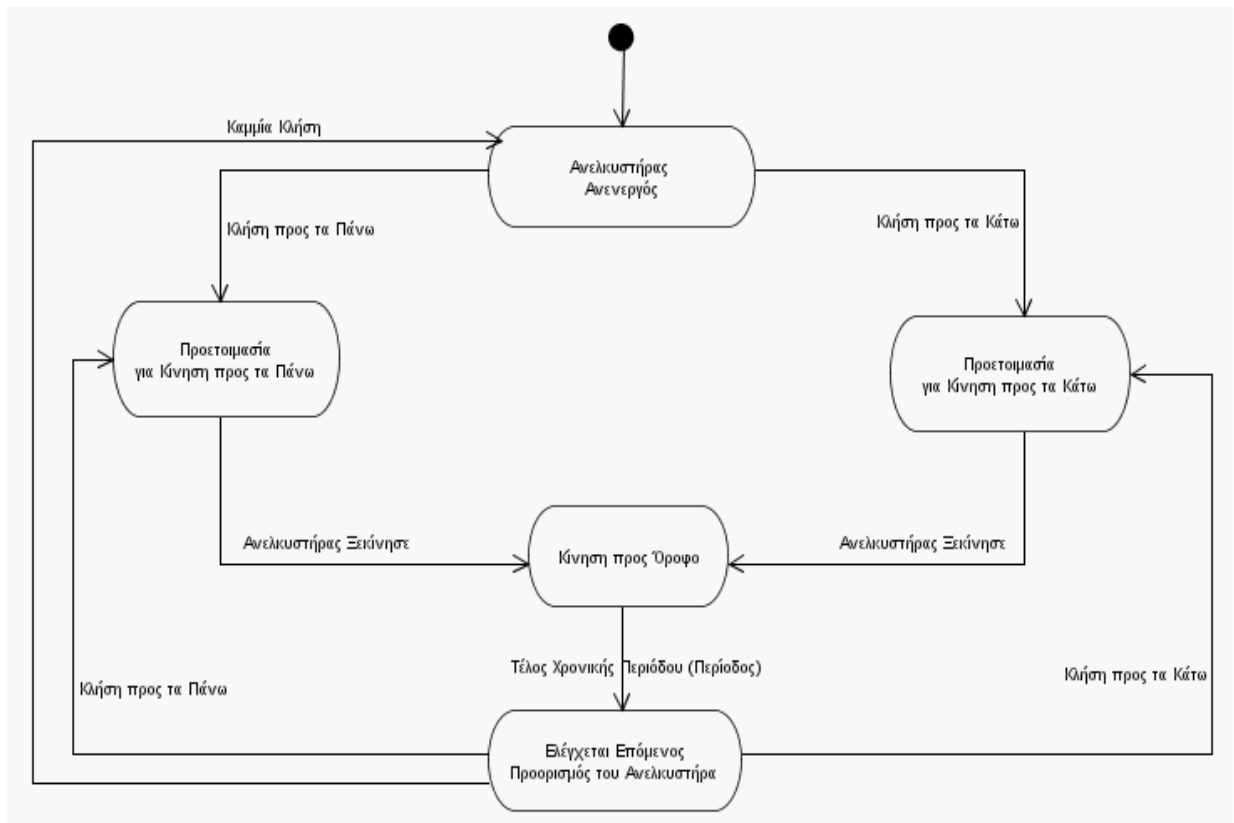
παράδειγμα, το διάγραμμα στο Σχήμα 15 είναι ένα επίπεδο (flat) και σχετικά πολύπλοκο διάγραμμα.

Εναλλακτικά θα μπορούσε το διάγραμμα να είχε σχηματιστεί με ένα πιο συστηματικό και ιεραρχικό τρόπο. Μπορούμε συγκεκριμένα να ορίσουμε τις υπερ-καταστάσεις (super states) του συστήματος, δηλαδή στην περίπτωση της εφαρμογής ΣΕΑ τις βασικές καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί ο ανελκυστήρας.

**Εμφωλευμένες Καταστάσεις σε Διαγράμματα Καταστάσεων.** Για τη συστηματική κατασκευή των διαγραμμάτων καταστάσεων η UML χρησιμοποιεί την τεχνική των εμφωλευμένων καταστάσεων (nested states). Ο προσδιορισμός εμφωλευμένων καταστάσεων βοηθά στη μείωση της πολυπλοκότητας, επιτρέποντας την ιεραρχική αναπαράσταση της δυναμικής συμπεριφοράς πολύπλοκων συστημάτων. Μια υπέρ-κατάσταση (super-state) είναι μια κατάσταση που σε χαμηλότερο επίπεδο ιεραρχίας αναλύεται ώστε να περικλείει εμφωλευμένες καταστάσεις που ονομάζονται υπό-καταστάσεις (sub-states).

Η ανάλυση (decomposition) μιας υπέρ-κατάστασης σε υπό-καταστάσεις συχνά αναφέρεται και ως ανάλυση που ακολουθεί ένα σχήμα λογικής διάζευξης (OR decomposition), αφού το να βρίσκεται το σύστημα σε μια υπέρ-κατάσταση σημαίνει ότι βρίσκεται σε μία μόνο από τις υπό-καταστάσεις που αυτή περικλείει. Μεταβάσεις είναι δυνατό να συμβούν ανάμεσα σε υπό-καταστάσεις, ανάμεσα στις υπό-καταστάσεις και τις καταστάσεις εκτός της υπέρ-κατάστασης που τις περικλείει, ή ακόμη μεταξύ της υπέρ-κατάστασης και άλλων καταστάσεων.

Το αντίστοιχο διάγραμμα καταστάσεων στο υψηλότερο επίπεδο ιεραρχίας (top-level state chart) δίνεται στο Σχήμα 16 και παρουσιάζει τις υπέρ-καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**. Στο διάγραμμα για λόγους απλότητας παρουσιάζονται μόνο τα γεγονότα και όχι οι ενέργειες που συνδέονται με τις μεταβάσεις.



Σχήμα 16: Διάγραμμα καταστάσεων για το αντικείμενο Έλεγχος Ανελκυστήρα στο υψηλότερο επίπεδο ιεραρχίας

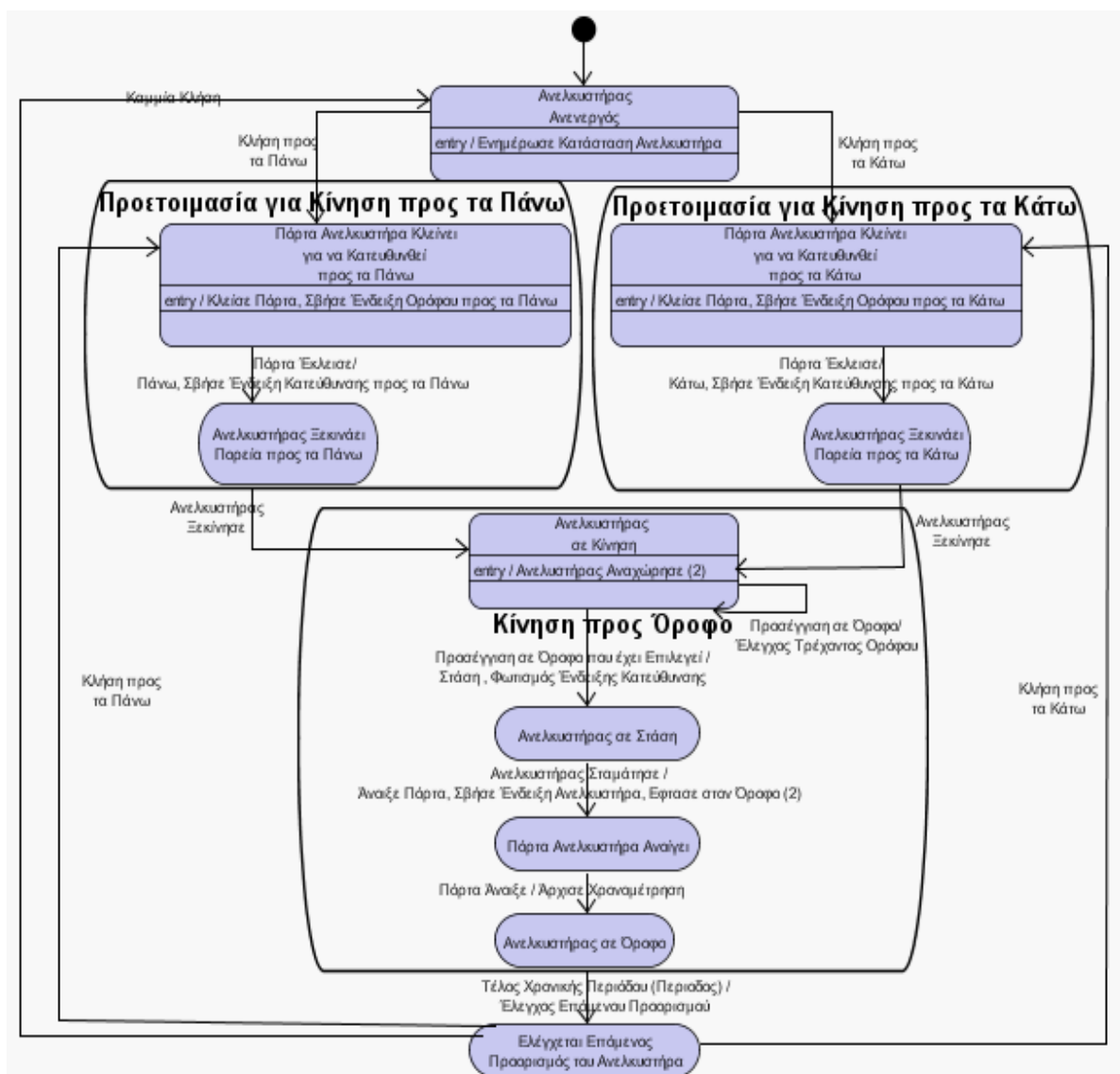
Το αντίστοιχο πλήρες ιεραρχικό διάγραμμα καταστάσεων που δείχνει και σε ποιες υπό-καταστάσεις αναλύεται κάθε υπέρ-κατάσταση δίνεται στο Σχήμα 17.

Συγκεκριμένα, οι βασικές καταστάσεις (υπέρ-καταστάσεις) στις οποίες μπορεί να βρεθεί το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα** (και κατ' επέκταση κάθε ανελκυστήρας στο σύστημα) είναι:

- (i) **Ανελκυστήρας Ανενεργός**. Ο ανελκυστήρας είναι σταματημένος σε ένα όροφο και δεν υπάρχουν εκκρεμείς κλήσεις γι' αυτόν. Ένας ανενεργός ανελκυστήρας παραμένει σε ένα όροφο σταματημένος και έχοντας την πόρτα ανοικτή.
- (ii) **Προετοιμασία για Κίνηση προς τα Πάνω**. Πρόκειται μια υπέρ-κατάσταση που αποτελείται από τις ακόλουθες υπό-καταστάσεις:
  - **Πόρτα Ανελκυστήρα Κλείνει για να Κατευθυνθεί προς τα Πάνω**. Ο ανελκυστήρας εισέρχεται σε αυτή την κατάσταση

όταν ξεκινά να κλείνει την πόρτα με σκοπό να ικανοποιήσει μια κλήση και να μεταβεί σε ένα όροφο που βρίσκεται σε υψηλότερο επίπεδο από τον τρέχων όροφο.

- **Ανελκυστήρας Ξεκινάει Πορεία προς τα Πάνω.** Ο ανελκυστήρας εισέρχεται σε αυτή την κατάσταση αφού κλείσει η πόρτα. Ο ανελκυστήρας αναμένει τον κινητήρα να ξεκινήσει τη μετακίνηση του προς τα πάνω.



Σχήμα 17: Ιεραρχικό Διάγραμμα Καταστάσεων

- (iii) **Προετοιμασία για Κίνηση προς τα Κάτω.** Σε αυτήν περιλαμβάνονται οι εξής υπό-καταστάσεις:



- **Πόρτα Ανελκυστήρα Κλείνει για να Κατευθυνθεί προς τα Κάτω.** Ο ανελκυστήρας εισέρχεται σε αυτή την κατάσταση όταν ξεκινά να κλείνει την πόρτα με σκοπό να ικανοποιήσει μια κλήση και να μεταβεί σε ένα όροφο που βρίσκεται σε χαμηλότερο επίπεδο από τον τρέχων όροφο.
- **Ανελκυστήρας Ξεκινάει Πορεία προς τα Κάτω.** Ο ανελκυστήρας εισέρχεται σε αυτή την κατάσταση αφού κλείσει η πόρτα. Ο ανελκυστήρας αναμένει τον κινητήρα να ξεκινήσει τη μετακίνηση του προς τα κάτω.

Θα πρέπει στο σημείο αυτό να τονιστεί ο λόγος για τον οποίο ορίστηκαν δύο διαφορετικές καταστάσεις, η κατάσταση **Πόρτα Ανελκυστήρα Κλείνει για να Κατευθυνθεί προς τα Πάνω** και η κατάσταση **Πόρτα Ανελκυστήρα Κλείνει για να Κατευθυνθεί προς τα Κάτω**. Αυτό συνέβη γιατί καθεμία ενεργοποιείται από διαφορετικά γεγονότα εισόδου. Η πρώτη ενεργοποιείται από το γεγονός **Κλήση προς τα Πάνω**, ενώ η δεύτερη ενεργοποιείται από το γεγονός **Κλήση προς τα Κάτω**. Επιπλέον, είναι διαφορετικά τα γεγονότα εξόδου που λαμβάνουν χώρα όταν εξέρχεται ο ανελκυστήρας από κάθε κατάσταση. Στην έξοδο από την πρώτη κατάσταση έχουμε τα γεγονότα **Πάνω** και **Σβήσε Ένδειξη Κατεύθυνσης προς τα Πάνω**, ενώ στην έξοδο από τη δεύτερη κατάσταση έχουμε τα γεγονότα **Κάτω** και **Σβήσε Ένδειξη Κατεύθυνσης προς τα Κάτω**.

(iv) **Κίνηση προς Όροφο.** Σε αυτήν την υπέρ-κατάσταση περικλείονται οι εξής υπό-καταστάσεις:

- **Ανελκυστήρας σε Κίνηση.** Ο ανελκυστήρας εισέρχεται σε αυτή την κατάσταση όταν έχει ξεκινήσει να κινείται προς τα πάνω ή προς τα κάτω.
- **Ανελκυστήρας σε Στάση.** Ο ανελκυστήρας εισέρχεται σε αυτή την κατάσταση όταν προσεγγίζει τον όροφο στον οποίο πρέπει να σταματήσει.
- **Πόρτα Ανελκυστήρα Ανοίγει.** Ο ανελκυστήρας εισέρχεται σε αυτή την κατάσταση όταν έχει σταματήσει σε ένα όροφο και η πόρτα του ανελκυστήρα ανοίγει.



- **Ανελκυστήρας σε Όροφο.** Ο ανελκυστήρας εισέρχεται σε αυτή την κατάσταση όταν έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία και έχει ανοίξει η πόρτα.
- (v) Η τελευταία υπέρ-κατάσταση είναι η κατάσταση με όνομα **Ελέγχεται Επόμενος Προορισμός του Ανελκυστήρα**. Σε αυτήν την κατάσταση ο ανελκυστήρας ελέγχει ποιος είναι ο επόμενος όροφος που πρέπει να επισκεφτεί και συνεπώς προς ποια κατεύθυνση πρέπει να κινηθεί (προς τα πάνω ή προς τα κάτω). Ταυτόχρονα όμως ελέγχεται αν ο ανελκυστήρας πρέπει να μεταβεί στην κατάσταση **Ανελκυστήρας Ανενεργός**. Αυτό συμβαίνει όταν δημιουργηθεί ένα κατάλληλο χρονικό γεγονός (όταν τελειώσει η αντίστοιχη χρονική περίοδος και δεν ληφθεί καμία κλήση) καθώς ο ανελκυστήρας βρίσκεται στην κατάσταση **Ανελκυστήρας σε Όροφο**.



## ΑΡΧΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Μετά τέλος της φάσης της ανάλυσης και κατά τη μετάβαση στο στάδιο της σχεδίασης είναι πολλές φορές χρήσιμο να καθορίσουμε ένα αρχικό μοντέλο για τη σχεδίαση του συστήματος (initial system design). Το μοντέλο αυτό θα βοηθήσει στη συνέχεια να προσδιοριστούν τα βασικά υποσυστήματα (subsystems) από τα οποία αποτελείται το σύστημα.

**Υποσυστήματα.** Με τον όρο υποσύστημα θεωρούμε ένα σύνολο από αντικείμενα που παρουσιάζουν “ισχυρές” λειτουργικές εξαρτήσεις μεταξύ τους, δηλαδή μια συλλογή αντικειμένων που εμφανίζουν υψηλό βαθμό σύζευξης (coupling). Στη σχεδίαση λογισμικού με τον όρο “σύζευξη” εννοούμε το βαθμό της αλληλεπίδρασης μεταξύ των δομικών ενοτήτων ενός συστήματος, που στην περίπτωση της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης-σχεδίασης είναι τα αντικείμενα. Ο βαθμός σύζευξης θα είναι υψηλός όταν αναφέρεται σε αντικείμενα που συμμετέχουν στην ίδια περίπτωση χρήσης και ανταλλάσσουν μεταξύ τους μηνύματα. Αντικείμενα με υψηλό βαθμό σύζευξης θα αποτελούν μαζί ένα υποσύστημα του συστήματος. Ο προσδιορισμός των υποσυστημάτων έχει ως αποτέλεσμα τη λεγόμενη αρχική σχεδίαση του συστήματος (initial system design). Αυτή προκύπτει από τη σύνθεση και ενοποίηση όλων των διαγραμμάτων που αναπτύχθηκαν κατά την ανάλυση.

Η διαδικασία της ανάλυσης της εφαρμογής ΣΕΑ ακολούθησε τη συνηθισμένη πρακτική κατά την οποία αναπτύσσεται ένα ξεχωριστό διάγραμμα συνεργασίας για καθεμιά περίπτωση χρήσης. Η σύνθεση όλων αυτών των διαγραμμάτων εμφανίζεται σε ένα **ενιαίο διάγραμμα συνεργασίας (consolidated collaboration diagram)** που δείχνει όλες τις δυνατές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αντικειμένων (Σχήμα 18). Στόχος του διαγράμματος είναι να μας διευκολύνει να ανιχνεύσουμε ποια αντικείμενα είναι υποψήφια να αποτελέσουν μαζί κάθε υποσύστημα.



Το νέο ενιαίο διάγραμμα παρουσιάζει όλα τα αντικείμενα που συμμετέχουν σε όλες τις περιπτώσεις χρήσης εμφανίζοντας επίσης κάθε τύπου αλληλεπίδραση (υπό μορφή μηνυμάτων) που λαμβάνει χώρα ανάμεσα στα αντικείμενα. Στο διάγραμμα μπορεί να παρουσιάζονται όλα τα μηνύματα αλλά, για λόγους απλότητας, δεν εμφανίζεται η αρίθμηση των μηνυμάτων. Η επιλογή να μην χρησιμοποιείται αρίθμηση για τα μηνύματα έχει ως συνέπεια να μην περιγράφεται και η ακολουθία των μηνυμάτων.

Συγκεκριμένα, το διάγραμμα στο Σχήμα 18 προέκυψε από τη συνένωση των τεσσάρων προηγούμενων διαγραμμάτων συνεργασίας (Σχήμα 9, Σχήμα 10, Σχήμα 11, Σχήμα 13) σε ένα νέο ενιαίο διάγραμμα συνεργασίας. Μετά από τη σχεδίαση των διαγραμμάτων συνεργασίας μπορούμε να διακρίνουμε δύο κατηγορίες για τα αντικείμενα:

- Υπάρχουν αντικείμενα που συμμετέχουν σε περισσότερες από μία περιπτώσεις χρήσης. Για παράδειγμα, τα αντικείμενα **Οδηγός Πόρτας**, **Οδηγός Κινητήρα** και **Έλεγχος Ανελκυστήρα** συμμετέχουν τόσο στην περίπτωση χρήσης **Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε Όροφο** όσο και στην περίπτωση χρήσης **Αποστολή Ανελκυστήρα**. Κάθε αντικείμενο που συμμετέχει σε περισσότερες από μία περιπτώσεις χρήσης παρουσιάζεται στο διάγραμμα μια μόνο φορά.
- Τα υπόλοιπα αντικείμενα (όπως, για παράδειγμα, τα αντικείμενα **Οδηγός Κουμπιού Ορόφου** και **Οδηγός Αισθητήρα Άφιξης**) που συμμετέχουν σε μια μόνο περίπτωση χρήσης. Για τα αντικείμενα που συμμετέχουν σε μια μόνο περίπτωση χρήσης εμφανίζεται κάθε φορά το μήνυμα που εισέρχεται ή εξέρχεται από αυτά καθώς το μήνυμα αυτό λαμβάνεται ή αποστέλλεται κατά την εκτέλεση της περίπτωσης χρήσης.

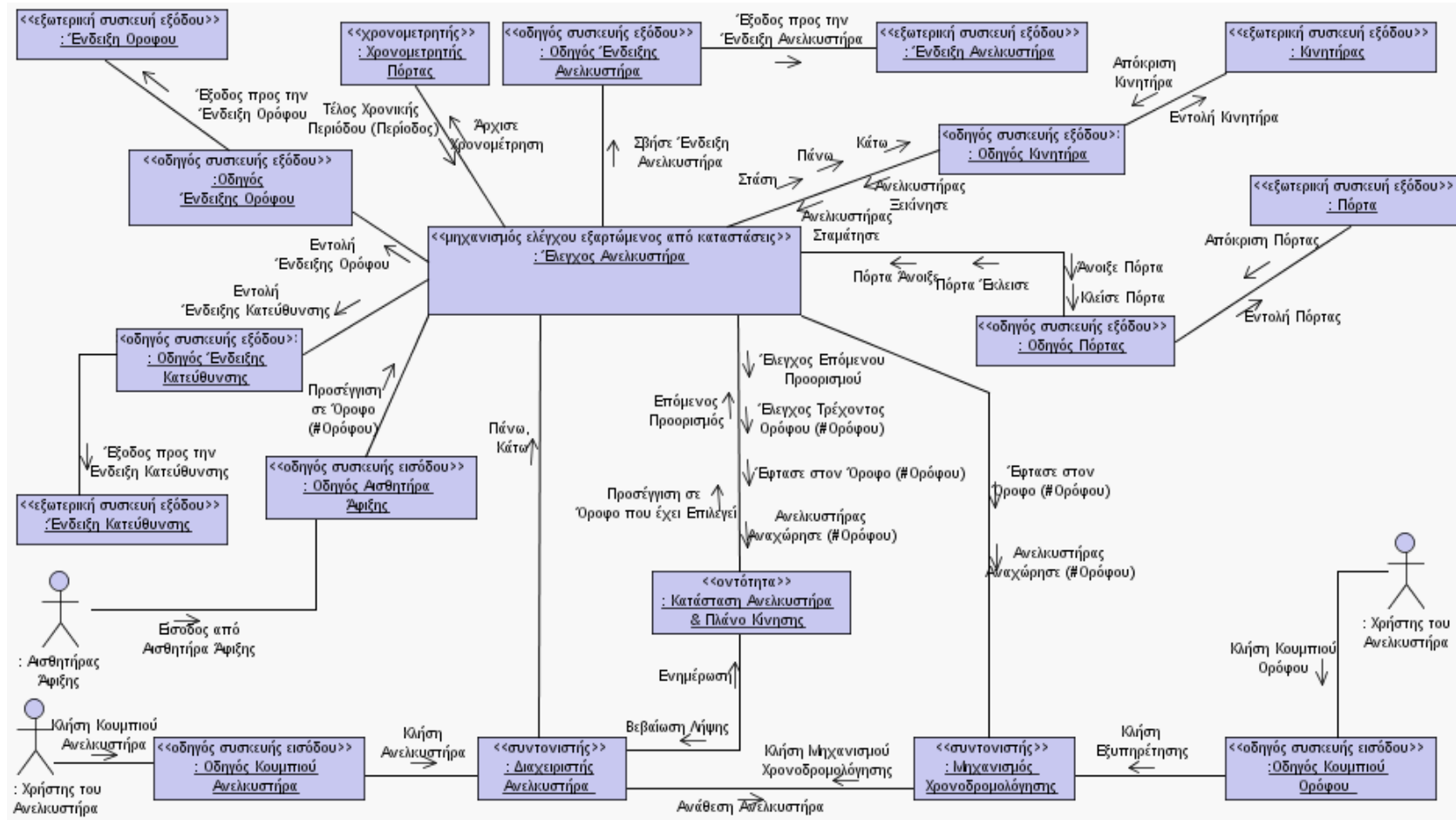
Επίσης, όπως προαναφέρθηκε, για κάθε αντικείμενο παρουσιάζονται όλα τα μηνύματα που αποστέλλονται προς αυτό ή λαμβάνονται από αυτό. Για παράδειγμα, το αντικείμενο **Οδηγός Πόρτας** κατά την εκτέλεση της περίπτωσης χρήσης **Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε όροφο** (Σχήμα 11) λαμβάνει το μήνυμα **Άνοιξε Πόρτα** και αποστέλλει το μήνυμα **Πόρτα Άνοιξε**. Το ίδιο αντικείμενο κατά την εκτέλεση της άλλης περίπτωσης χρήσης όπου συμμετέχει, δηλαδή όταν εκτελείται η **Αποστολή**



**Ανελκυστήρα** (Σχήμα 13), λαμβάνει το μήνυμα **Κλείσε Πόρτα** και αποστέλλει το μήνυμα **Πόρτα Έκλεισε**. Όλα τα αυτά τα μηνύματα εμφανίζονται στο διάγραμμα (Σχήμα 18) να επιγράφουν τη σύνδεση μεταξύ του αντικειμένου **Έλεγχος Ανελκυστήρα** και του αντικειμένου **Οδηγός Πόρτας**.

Όλα τα μηνύματα που προσδιορίστηκαν προηγουμένως παρουσιάζονται στο ενιαίο διάγραμμα συνεργασίας. Αυτό σημαίνει ότι εμφανίζονται όλα τα μηνύματα που λαμβάνουν χώρα τόσο όταν ο ανελκυστήρας καλείται να μεταβεί προς ένα όροφο προς τα πάνω αλλά και όταν καλείται να μεταβεί προς ένα όροφο προς τα κάτω. Δηλαδή ένα ενιαίο διάγραμμα συνεργασίας μπορεί να εμφανίσει μια πλήρη εικόνα για την επικοινωνία (αποστολή/λήψη) μηνυμάτων, χωρίς ωστόσο να εξετάσει ποια μηνύματα αποστέλλονται ή λαμβάνονται σε κάθε εναλλακτική εκτέλεση μιας περίπτωσης χρήσης.

Τέλος, για λόγους απλοποίησης, έχουν συγχωνευτεί πολλά ονόματα μηνυμάτων σε ένα κοινό μήνυμα. Για παράδειγμα, το μήνυμα **Εντολή Ένδειξης Κατεύθυνσης** ουσιαστικά ομαδοποιεί τέσσερα διαφορετικά μηνύματα. Πρόκειται για τα μηνύματα: (i) **Σβήσε Ένδειξη Κατεύθυνσης προς τα Πάνω**, (ii) **Φωτισμός Ένδειξης Κατεύθυνσης προς τα Πάνω**, (iii) **Σβήσε Ένδειξη Κατεύθυνσης προς τα Κάτω** και (iv) **Φωτισμός Ένδειξης Κατεύθυνσης προς τα Κάτω**. Για την πλήρη καταγραφή και τεκμηρίωση όλων των μηνυμάτων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και ένα Λεξικό Δεδομένων (Data Dictionary).



Σχήμα 18: Ενιαίο διάγραμμα συνεργασίας για το αντικείμενο Έλεγχος Ανελκουστήρα



## ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΑ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η διαχείριση της πολυπλοκότητας της σχεδίασης ενός συστήματος λογισμικού είναι μια δύσκολη διαδικασία που συχνά απαιτεί από τους σχεδιαστές να υιοθετήσουν κατάλληλες πρακτικές και κανόνες. Συγκεκριμένα, η σχεδίαση σύνθετων συστημάτων μπορεί να εξυπηρετηθεί από την ανάπτυξη μιας γενικής αρχιτεκτονικής για το λογισμικό του συστήματος (software architecture of the system). Ο καθορισμός της αρχιτεκτονικής του υπό σχεδίαση λογισμικού συνεισφέρει στο να παρουσιαστεί με σαφήνεια η διάκριση μεταξύ της γενικότερης δομής του συστήματος και των εσωτερικών λεπτομερειών που χαρακτηρίζουν την υλοποίηση της κάθε δομικής του ενότητας. Η αρχιτεκτονική του λογισμικού δίνει λοιπόν έμφαση στις δομικές ενότητες-συστατικά του συστήματος (system components) και στον τρόπο με τον οποίο αυτές αλληλοσυνδέονται και όχι στην εσωτερική δομή της κάθε δομικής ενότητας.

Ανάλογη, για παράδειγμα, είναι η εργασία της εκπόνησης του αρχιτεκτονικού σχεδίου ενός σπιτιού. Το αρχιτεκτονικό σχέδιο του σπιτιού δείχνει το πως δομείται το σπίτι σε δωμάτια, σε κοινόχρηστους και σε εξωτερικούς χώρους κλπ. και αποφεύγει να παρουσιάσει λεπτομέρειες της υλοποίησης, όπως είναι το είδος της μόνωσης, η υλοποίηση της ηλεκτρολογικής και της υδραυλικής εγκατάστασης σε κάθε χώρο. Η αρχιτεκτονική του λογισμικού εξετάζει το πως δομείται και το πως αποσυντίθεται το σύστημα σε βασικές ενότητες-συστατικά λογισμικού (software components) που καλούνται υποσυστήματα λογισμικού (software subsystems). Κάθε υποσύστημα θεωρούμε ότι περιλαμβάνει ένα σύνολο αντικειμένων που εμφανίζουν μεταξύ τους ισχυρές λειτουργικές εξαρτήσεις.

**Στυλ Αρχιτεκτονικής Σχεδίασης.** Στον καθορισμό της αρχιτεκτονικής του λογισμικού ενός συστήματος μπορεί να βοηθήσει η επιλογή ενός



κατάλληλου στυλ για τη δόμηση της αρχιτεκτονικής και τον προσδιορισμό των υποσυστημάτων (software architectural style). Συγκεκριμένα με τον όρο στυλ αρχιτεκτονικής σχεδίασης αναφερόμαστε σε μια σειρά από αρχιτεκτονικά πρότυπα για το λογισμικό (software architecture patterns) που συναντώνται ευρύτατα σε διαφορετικές περιπτώσεις εφαρμογών. Τα πιο διαδεδομένα στυλ περιγράφονται στην επόμενη παράγραφο όπου και παρουσιάζεται και ποιο στυλ που θα υιοθετηθεί για τη σχεδίαση της αρχιτεκτονικής της εφαρμογής ΣΕΑ.

## Στυλ Αρχιτεκτονικής Σχεδίασης

Πολλές σύγχρονες εφαρμογές λογισμικού ακολουθούν ένα από τα ακόλουθα, ευρύτατα διαδεδομένα στυλ αρχιτεκτονικής σχεδίασης ή ακόμη και συνδυασμούς αυτών:

- **Αρχιτεκτονική Πελάτη/Εξυπηρετητή (Client/Server Architectural Style).**

Πρόκειται για ένα στυλ αρχιτεκτονικής σχεδίασης που συναντάται σε σύγχρονες καταμεμημένες εφαρμογές λογισμικού που λειτουργούν σε δικτυακά περιβάλλοντα. Με τον όρο εξυπηρετητής (server) θεωρείται μια (συνήθως) δομική ενότητα-υποσύστημα που "παρέχει" υπηρεσίες σε πολλές δομικές ενότητες-υποσυστήματα που έχουν το ρόλο του πελάτη (clients) και "καταναλώνουν" αυτές τις υπηρεσίες. Εφαρμογή της αρχιτεκτονικής πελάτη/εξυπηρετητή μπορούμε να συναντήσουμε σε δικτυακές εφαρμογές.

Ένα παράδειγμα είναι η σχεδίαση του δικτύου των μηχανών αυτόματων συναλλαγών για μια τράπεζα (Automated Teller Machines-ATMs), μηχανές που είναι καταμεμημένες στο γεωγραφικό πλαίσιο μιας χώρας. Τα ATMs μπορούν να θεωρηθούν ως τα υποσυστήματα "πελάτες" και επικοινωνούν με τον κεντρικό υπολογιστή της τράπεζας όπου είναι εγκατεστημένο το υποσύστημα "εξυπηρετητής".

- **Αρχιτεκτονική με Επίπεδα Ιεραρχίας (Layers of Abstraction/Hierarchy Architectural Style).**



Στην αρχιτεκτονική ενός συστήματος μπορούμε διακρίνουμε διάφορα επίπεδα ιεραρχίας. Παραδείγματα τέτοιων συστημάτων αποτελούν τα περισσότερα λειτουργικά συστήματα, διάφορες δικτυακές εφαρμογές επικοινωνίας και εφαρμογές βάσεων δεδομένων. Σε μια πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική τα υποσυστήματα που βρίσκονται σε χαμηλότερα επίπεδα ιεραρχίας υπολογίζουν τιμές, παρέχουν πληροφορίες και υπηρεσίες σε υποσυστήματα που ανήκουν σε υψηλότερο επίπεδο ιεραρχίας.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας πολυεπίπεδης αρχιτεκτονικής αποτελεί το τυποποιημένο μοντέλο αναφοράς ISO OSI (International Standards Organization Open Systems Interconnection), το πιο διαδεδομένο μοντέλο αναφοράς για την υλοποίηση μιας στοίβας πρωτοκόλλων (protocol stack) στις επικοινωνίες δεδομένων.

- **Αρχιτεκτονική Επικοινωνούντων Έργων (Communicating Tasks Architectural Style).**

Με τον όρο διεργασία ή έργο (task) συνήθως καλούμε κάθε ενεργητικό αντικείμενο (active object). Τα αντικείμενα σε μια εφαρμογή θεωρούνται ότι ανήκουν σε δύο γενικές κατηγορίες: μπορεί να είναι είτε ενεργητικά (active objects) είτε παθητικά (passive objects). Από τη μια πλευρά, κάθε ενεργό αντικείμενο δρα (εκτελείται) αυτόνομα (independently) και ταυτόχρονα (concurrently) με τα άλλα αντικείμενα. Από την άλλη πλευρά, ως παθητικό χαρακτηρίζεται ένα αντικείμενο που περιμένει να λάβει ένα μήνυμα ώστε να καλέσει και να εκτελεστεί μια αντίστοιχη λειτουργία/μέθοδος. Έτσι τα παθητικά αντικείμενα, σε αντίθεση με τα ενεργητικά, ποτέ δεν ξεκινούν "από μόνα τους" την εκτέλεση μιας λειτουργίας. Σε μια αρχιτεκτονική επικοινωνούντων έργων θεωρούμε το σύστημα ως ένα δίκτυο έργων που επικοινωνούν μεταξύ τους.

Το στυλ αρχιτεκτονικής σχεδίασης των επικοινωνούντων έργων θα εφαρμοστεί κατά τη σχεδίαση του συστήματος του ελέγχου των ανελκυστήρων που μελετάμε εδώ καθώς στο σύστημα η επικοινωνία μεταξύ των αντικειμένων πραγματοποιείται κυρίως με ανταλλαγή μηνυμάτων. Γενικότερα όμως το συγκεκριμένο στυλ βρίσκει εφαρμογή στην περίπτωση



της σχεδίασης κατανεμημένων εφαρμογών πραγματικού χρόνου (distributed real-time applications) αφού σε αυτό το πεδίο εφαρμογών η ταυτόχρονη εκτέλεση έργων (concurrency) και η ανταλλαγή μηνυμάτων (message-based communication) αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα.

Γενικά διακρίνουμε δύο περιπτώσεις αναφορικά με τον τύπο της επικοινωνίας σε μια εφαρμογή:

- (i) όταν για την επικοινωνία χρησιμοποιείται μια κοινά διαμοιραζόμενη μνήμη (shared memory) στην οποία έχουν πρόσβαση τα διάφορα έργα (τα ενεργητικά αντικείμενα) της εφαρμογής ή
- (ii) όταν δεν υπάρχει κοινή μνήμη.

Συνήθως στην πρώτη περίπτωση τα έργα που χρησιμοποιούν την κοινή μνήμη ανήκουν στον ίδιο υπολογιστικό κόμβο σε ένα κατανεμημένο δικτυακό περιβάλλον. Στη δεύτερη περίπτωση η επικοινωνία πραγματοποιείται καθαρά με ανταλλαγή μηνυμάτων και τα επικοινωνούντα έργα μπορεί να "τρέχουν" σε διαφορετικούς κόμβους.

Η πρώτη προσέγγιση θα υιοθετηθεί στη συνέχεια κατά τη σχεδίαση μιας έκδοσης της εφαρμογής ΣΕΑ που λειτουργεί σε ένα μη κατανεμημένο, ενώ η δεύτερη θα μπορούσε να θεωρηθεί για μια έκδοση της εφαρμογής που λειτουργεί όμως σε ένα κατανεμημένο περιβάλλον.

## **Κριτήρια για τον Προσδιορισμό των Υποσυστημάτων**

Στον καθορισμό των υποσυστημάτων ενός συστήματος μπορεί να βοηθήσει ένα ενιαίο διάγραμμα συνεργασίας το οποίο παρουσιάζει όλα τα αντικείμενα, σαν αυτό που σχεδιάστηκε προηγουμένως για την περίπτωση της εφαρμογής ΣΕΑ (Σχήμα 18). Αντικείμενα που συμμετέχουν στην ίδια περίπτωση χρήσης και δεν είναι γεωγραφικά απομακρυσμένα μεταξύ τους συνήθως θα ανήκουν στο ίδιο υποσύστημα. Πρέπει όμως να ληφθεί απόφαση για το ποιο είναι το υποσύστημα που θα συμπεριλάβει εκείνα τα αντικείμενα που συμμετέχουν σε περισσότερες από μία περιπτώσεις χρήσης. Η επιλογή για καθένα από αυτά αντικείμενα να ενσωματωθεί σε



ένα αντίστοιχο υποσύστημα γίνεται έχοντας ως στόχο να επιτευχθεί υψηλός βαθμός σύζευξης (high coupling).

Ο καθορισμός των υποσυστημάτων εξυπηρετεί ιδιαίτερα τη σχεδίαση κατανεμημένων εφαρμογών. Βασική αρχή είναι το σύνολο των αντικειμένων που αποτελούν το κάθε υποσύστημα ουσιαστικά συνθέτουν ένα τμήμα του λογισμικού που εκτελείται στον ίδιο επεξεργαστή. Η σχεδίαση του κάθε υποσυστήματος μπορεί να γίνεται ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα. Έτσι θα δούμε στη συνέχεια ότι το **Υποσύστημα Ανελκυστήρας** μπορεί να σχεδιαστεί ανεξάρτητα από το **Υποσύστημα Όροφος**. Η επικοινωνία μεταξύ των υποσυστημάτων βασίζεται σε μηνύματα και έτσι τα αντίστοιχα υποσυστήματα μπορούν να εκτελούνται σε διαφορετικούς επεξεργαστές.

**Κριτήρια για τα Υποσυστήματα.** Γενικά, ένας “πετυχημένος” καθορισμός υποσυστημάτων έχει ως στόχο να εξασφαλίσει το κριτήριο του υψηλού βαθμού σύζευξης “μέσα” σε κάθε υποσύστημα και το χαμηλό βαθμό σύζευξης “ανάμεσα” στα υποσυστήματα. Αυτό σημαίνει ότι αντικείμενα που επικοινωνούν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας πολλά μηνύματα, εμφανίζουν ισχυρές λειτουργικές εξαρτήσεις μεταξύ τους και είναι λογικό να ανήκουν στο ίδιο υποσύστημα. Σε διαφορετική περίπτωση τα αντικείμενα διαχωρίζονται λογικά μεταξύ τους με το να ανήκουν σε διαφορετικά υποσυστήματα. Πρέπει λοιπόν να έχουμε υπόψη λοιπόν ότι κάθε υποσύστημα πραγματοποιεί μια σημαντική λειτουργία στο σύστημα η οποία και εκτελείται ανεξάρτητα από τις άλλες λειτουργίες που επιτελούν τα άλλα υποσυστήματα. Στην ομαδοποίηση των αντικειμένων σε υποσυστήματα μπορούν να βοηθήσουν ορισμένες παρατηρήσεις που συνιστούν και αντίστοιχους κανόνες για τον καθορισμό των υποσυστημάτων.

Συγκεκριμένα, ρόλο στον καθορισμό των υποσυστημάτων έχουν:

- **Οι συσχετίσεις συναρμολόγησης/σύνθεσης (aggregation/composition).**



Αντικείμενα-μέρη που αποτελούν τμήματα στο ίδιο αντικείμενο-όλο μπορούν να συμπεριληφθούν στο ίδιο υποσύστημα, εξασφαλίζοντας έτσι τον υψηλό βαθμό σύζευξης μεταξύ τους. Μπορούμε χαρακτηριστικά να αναφέρουμε ότι κατά την ανάλυση της εφαρμογής ΣΕΑ (στο διάγραμμα κλάσεων που δώσαμε στο Σχήμα 6) κάθε αντικείμενο της κλάσης **Ανελκυστήρας** καθορίστηκε να είναι ένα σύνθετο αντικείμενο. Κάθε **Ανελκυστήρας** αποτελείται από ένα **Κινητήρα**, μια **Πόρτα**,  $m$  σε πλήθος **Κουμπιά Ανελκυστήρα** (ανάλογα με το πλήθος των ορόφων) και  $m$  σε πλήθος **Ενδείξεις Ανελκυστήρα** (ανάλογα πάλι με το πλήθος των ορόφων). Υπάρχουν επίσης πολλά στιγμιότυπα της κλάσης **Ανελκυστήρας**, ένα για κάθε ανελκυστήρα που λειτουργεί στο κτήριο. Όλα λοιπόν αυτά τα αντικείμενα μπορούν να αποτελέσουν ένα κοινό υποσύστημα, το **Υποσύστημα Ανελκυστήρας**. Ανάλογα κάθε αντικείμενο της σύνθετης κλάσης **Όροφος** αποτελείται από δύο αντικείμενα της κλάσης **Κουμπι Όρόφου**, δύο αντικείμενα της κλάσης **Ένδειξη Όρόφου** και δύο αντικείμενα της κλάσης **Ένδειξη Κατεύθυνσης** (αυτό ισχύει για όλους τους ορόφους εκτός του ισογείου και τους τελευταίου ορόφου που έχουν μόνο ένα αντικείμενο για καθεμιά από τις προαναφερόμενες κλάσεις). Υπάρχουν επίσης πολλά στιγμιότυπα της κλάσης **Όροφος**, ένα στιγμιότυπο για καθένα από τους ορόφους του κτηρίου. Όλα τα αντικείμενα μπορούν να αποτελέσουν το **Υποσύστημα Όροφος**.

- **Η γεωγραφική θέση (geographical location) των αντικειμένων.**  
Αν δύο αντικείμενα μπορούν φυσικά (γεωγραφικά) να λειτουργούν σε διαφορετικές θέσεις, τότε είναι λογικό να ανήκουν σε διαφορετικά υποσυστήματα που σε ένα κατανομημένο περιβάλλον δικτύου θα επικοινωνούν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας μηνύματα. Έτσι κάθε στιγμιότυπο του υποσυστήματος με όνομα **Υποσύστημα Ανελκυστήρας** μπορεί να εκτελείται σε ένα ξεχωριστό μικροεπεξεργαστή (microprocessor) που να βρίσκεται τοποθετημένος σε καθένα από τους ανελκυστήρες. Ανάλογα κάθε στιγμιότυπο του υποσυστήματος που έχει όνομα **Υποσύστημα Όροφος** μπορεί να



“τρέχει” σε ένα ξεχωριστό μικροεπεξεργαστή ο οποίος που βρίσκεται τοποθετημένος σε καθένα από τους ορόφους.

- **Τα αντικείμενα πελάτες και τα αντικείμενα εξυπηρετητές (clients/servers).**

Τα αντικείμενα με ρόλο πελάτη πρέπει να ανήκουν σε διαφορετικά υποσυστήματα με τα αντικείμενα με ρόλο εξυπηρετητή. Η περίπτωση αυτή μπορεί να θεωρηθεί ότι θεωρηθεί ως υποπερίπτωση του προηγούμενου κανόνα της γεωγραφικής θέσης, καθώς τα αντικείμενα πελάτες συνήθως βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις από τα αντικείμενα εξυπηρετητές.

- **Το μέσο διεπαφής μεταξύ χρήστη-συστήματος (user-system interface).**

Τα αντικείμενα λογισμικού που υλοποιούν τις λειτουργίες του διεπαφής των χρηστών με το σύστημα συνήθως αποτελούν ένα ξεχωριστό υποσύστημα.

- **Το μέσο διεπαφής μεταξύ του συστήματος και των εξωτερικών αντικειμένων (interface to external objects).**

Στην περίπτωση των εφαρμογών ελέγχου πραγματικού χρόνου ένας πρακτικός κανόνας είναι κάθε αντικείμενο που υλοποιεί τις λειτουργίες μιας εξωτερικής συσκευής (αισθητήρα ή ενεργοποιητή) να συνδέεται με ένα και μόνο υποσύστημα. Έτσι για παράδειγμα καθένα από τα αντικείμενα **Ένδειξη Ανελκυστήρα, Κουμπί Ανελκυστήρα, Κινητήρας, Αισθητήρας Άφιξης** και **Πόρτα** θα συνδέεται μόνο με το **Υποσύστημα Ανελκυστήρας**. Ομοίως καθένα από τα αντικείμενα **Κουμπί Ορόφου, Ένδειξη Ορόφου, Ένδειξη Κατεύθυνσης** θα συνδέεται μόνο με το **Υποσύστημα Όροφος**.

- **Το εύρος του ελέγχου (scope of control).**

Στο ίδιο υποσύστημα συνήθως ανήκει κάθε αντικείμενο ελέγχου (control object) μαζί με όλα εκείνα τα αντικείμενα που ελέγχει άμεσα, δηλαδή τα αντικείμενα οντότητες (entity objects) και τα αντικείμενα που αποτελούν τους οδηγούς συσκευών (interface objects).

- **Τα αντικείμενα οντότητες (entity objects).**



Ένα αντικείμενο οντότητα συνήθως παρουσιάζει μεγαλύτερη συνοχή με εκείνα τα αντικείμενα που το “ενημερώνουν” (αντικείμενα που καλούν λειτουργίες τύπου update στο αντικείμενο οντότητα) παρά με εκείνα τα αντικείμενα που “διαβάζουν” από αυτό (αντικείμενα που καλούν λειτουργίες τύπου read στο αντικείμενο οντότητα). Κατά συνέπεια, ένα αντικείμενο οντότητα συνήθως βρίσκεται στο ίδιο υποσύστημα με τα εκείνα τα αντικείμενα που ενημερώνουν τα δεδομένα που αυτό αποθηκεύει.

## Τύποι Υποσυστημάτων

Κατά την ανάλυση της εφαρμογής, όταν περιγράψαμε τις κλάσεις αντικειμένων παρουσιάσαμε ορισμένα στερεότυπα που χρειάζονται για την προδιαγραφή κλάσεων αντικειμένων λογισμικού που συναντάμε στην περίπτωση των εφαρμογών πραγματικού χρόνου. Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζουμε αντίστοιχους τύπους για τα υποσυστήματα που συνήθως χρειάζονται στο πεδίο της σχεδίασης των εφαρμογών ελέγχου με απαιτήσεις πραγματικού χρόνου. Οι τύποι αυτοί ορίζουν αντίστοιχα στερεότυπα για τα υποσυστήματα ενός συστήματος ελέγχου πραγματικού χρόνου.

Συγκεκριμένα διακρίνουμε:

- **Τα υποσυστήματα ελέγχου (control subsystems).**

Ένα υποσύστημα ελέγχου χαρακτηρίζεται με το στερεότυπο «υποσύστημα ελέγχου». Ο ρόλος του είναι να πραγματοποιεί λειτουργίες ελέγχου και να αποστέλλει τις αντίστοιχες εντολές προς το τμήμα του συστήματος που ελέγχει. Το υποσύστημα ελέγχου λαμβάνει δεδομένα εισόδου από τις συσκευές του εξωτερικού περιβάλλοντος και αποστέλλει προς αυτές δεδομένα εξόδου συνήθως χωρίς τη μεσολάβηση του χρήστη. Η λειτουργία του ελέγχου συνήθως εξαρτάται από την τρέχουσα κατάσταση (state-dependent control) των αντικειμένων του υποσυστήματος. Έτσι ένα υποσύστημα ελέγχου περιλαμβάνει ένα τουλάχιστον αντικείμενο μηχανισμού ελέγχου που εξαρτάται από καταστάσεις (state-dependent control object). Στην εφαρμογή ΣΕΑ



χαρακτηριστικό παράδειγμα υποσυστήματος ελέγχου μπορεί να αποτελεί ένα υποσύστημα με όνομα **Υποσύστημα Ανελκυστήρας** που θα περιλαμβάνει (μεταξύ άλλων) και το αντικείμενο **Έλεγχος Ανελκυστήρα**.

- **Τα υποσυστήματα με ρόλο συντονιστή (coordinator subsystems).**

Στην περίπτωση που παρουσιάζονται περισσότερα από ένα υποσυστήματα με ρόλο ελέγχου (control subsystems) που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους είναι αναγκαίο πολλές φορές να υπάρχει ένα υποσύστημα που έχει ρόλο συντονιστή καθώς συντονίζει τα υποσυστήματα ελέγχου. Κάθε υποσύστημα συντονιστής χαρακτηρίζεται με το στερεότυπο «υποσύστημα συντονιστής». Στην εφαρμογή ΣΕΑ παράδειγμα υποσυστήματος με ρόλο συντονιστή αποτελεί ένα υποσύστημα με όνομα **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης**. Όπως παρουσιάστηκε και προηγουμένως κάθε ανελκυστήρας ελέγχει με τρόπο ανεξάρτητο από τους υπόλοιπους κάθε κλήση του που προέρχεται από χρήστες που βρίσκονται μέσα σε αυτόν όταν πιεστεί ένα από τα κουμπιά του ανελκυστήρα. Ωστόσο, χρειάζεται συντονισμός του ελέγχου όταν η κλήση εξυπηρέτησης προέρχεται από ένα χρήστη που βρίσκεται σε ένα όροφο ο οποίος και πιέζει ένα από τα κουμπιά του ορόφου. Τότε πρέπει να ληφθεί μια απόφαση για το ποιος ανελκυστήρας θα εξυπηρετήσει τη συγκεκριμένη κλήση. Εάν ένας ανελκυστήρας έχει ήδη αναχωρήσει προς τον όροφο όπου σημειώθηκε η κλήση εξυπηρέτησης και επίσης κατευθύνεται προς την επιθυμητή κατεύθυνση (πάνω ή κάτω) τότε δεν χρειάζεται ιδιαίτερη δράση συντονισμού αφού αυτός ο ανελκυστήρας θα εξυπηρετήσει την κλήση. Σε διαφορετική περίπτωση όμως η απόφαση για το ποιος ανελκυστήρας θα μεταβεί στον όροφο για να εξυπηρετήσει μια κλήση λαμβάνεται από το υποσύστημα **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης** που εμφανίζει ρόλο συντονιστή. Το υποσύστημα δέχεται από το **Υποσύστημα Όροφος** μια **Κλήση Εξυπηρέτησης**. Η απόφαση για το ποιος ανελκυστήρας θα εξυπηρετήσει την κλήση θα βασιστεί στο πόσο κοντά βρίσκονται οι ανελκυστήρες στον όροφο όπου



σημειώθηκε η κλήση καθώς και στην κατεύθυνση προορισμού του κάθε ανελκυστήρα. Εάν το υποσύστημα **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης** αποφασίσει ότι ένας συγκεκριμένος ανελκυστήρας πρέπει να αποσταλεί προς τον όροφο τότε αποστέλλει το μήνυμα **Κλήση Μηχανισμού Χρονοδρομολόγησης** προς το **Υποσύστημα Ανελκυστήρας**.

- **Τα υποσυστήματα με ρόλο τη συλλογή δεδομένων (data collection subsystems).**

Τα υποσυστήματα αυτά χαρακτηρίζονται από το στερεότυπο «υποσύστημα συλλογής δεδομένων». Ο ρόλος ενός υποσυστήματος αυτής της κατηγορίας είναι να συλλέγει δεδομένα από τις συσκευές του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα να συλλέγει τιμές που προέρχονται από τους αισθητήρες. Τα δεδομένα αυτά μετά τη συλλογή μπορεί να αποθηκεύονται, να υπόκεινται σε επεξεργασία και ανάλυση. Τα αντικείμενα του υποσυστήματος όμως πρέπει σε πραγματικό χρόνο να αποκρίνονται σε αιτήσεις από άλλα υποσυστήματα και να παρέχουν σε αυτά άμεσα τα δεδομένα που συλλέγουν ή άλλες τιμές που προκύπτουν από την επεξεργασία των αρχικών δεδομένων. Παράδειγμα υποσυστήματος που εμφανίζει ρόλο συλλογής δεδομένων στην εφαρμογή *ΣΕΑ* είναι το **Υποσύστημα Όροφος**. Το συγκεκριμένο υποσύστημα πραγματοποιεί τις ακόλουθες λειτουργίες: (i) συλλέγει (από κάθε αντικείμενο με όνομα **Κουμπι Όρόφου**) τις κλήσεις των χρηστών από τα κουμπιά των ορόφων (δηλαδή τα μηνύματα με όνομα **Κλήση Κουμπιού Όρόφου**), (ii) δέχεται από το **Υποσύστημα Ανελκυστήρας** τα μηνύματα που αφορούν την ένδειξη κατεύθυνσης σε κάθε όροφο και για κάθε ανελκυστήρα (δηλαδή τα μηνύματα με όνομα **Εντολή Ένδειξης Κατεύθυνσης**), (iii) δέχεται επίσης από το **Υποσύστημα Ανελκυστήρας** τα μηνύματα που αφορούν την ένδειξη του κάθε ορόφου (δηλαδή τα μηνύματα με όνομα **Εντολή Ένδειξης Όρόφου**), (iv) αποστέλλει προς το **Υποσύστημα Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης** κάθε **Κλήση Εξυπηρέτησης**, (v) παρέχει το μήνυμα **Έξοδος προς την Ένδειξη Κατεύθυνσης** προς το αντικείμενο



**Ένδειξη Κατεύθυνσης** και (vi) παρέχει το μήνυμα **Έξοδος προς την Ένδειξη Ορόφου** προς το αντικείμενο **Ένδειξη Ορόφου**.

Επιπρόσθετα, στο χώρο της σχεδίασης εφαρμογών πραγματικού χρόνου, εκτός από τα παραπάνω στερεότυπα υποσυστημάτων, διακρίνουμε:

- **υποσυστήματα με ρόλο εξυπηρετητή (server subsystems)**, που δέχονται κλήσεις και παρέχουν αντίστοιχες υπηρεσίες σε άλλα υποσυστήματα,
- **υποσυστήματα διεπαφής με το χρήστη (user interface subsystems)**, που παρέχουν τις λειτουργίες του υποσυστήματος της διεπαφής με το χρήστη,
- **υποσυστήματα εισόδου/εξόδου (I/O subsystems)**, που ομαδοποιούν αντικείμενα που αναπαριστούν οδηγούς συσκευών,
- **υποσυστήματα υπηρεσιών συστήματος (system services subsystems)**, που ομαδοποιούν τις λειτουργίες που παρέχει το υποκείμενο λειτουργικό σύστημα δηλαδή τις κλήσεις (system calls) του λειτουργικού συστήματος από την εφαρμογή.

## Προσδιορισμός των Υποσυστημάτων του Συστήματος ΣΕΑ

Η εφαρμογή των παραπάνω κριτηρίων και η ταξινόμηση των υποσυστημάτων με βάση συγκεκριμένα στερεότυπα που συναντάμε στις εφαρμογές πραγματικού χρόνου οδηγούν στον προσδιορισμό των υποσυστημάτων του συστήματος ΣΕΑ. Το βασικότερο κριτήριο που λάβαμε υπόψη ήταν οι συσχετίσεις συναρμολόγησης/σύνθεσης. Προσδιορίστηκαν τρία βασικά υποσυστήματα που απεικονίζονται στο διάγραμμα συνεργασίας στο Σχήμα 19.

Συγκεκριμένα:

- (i) Όλα τα αντικείμενα που συνθέτουν καθένα από τους  $n$  ανελκυστήρες ανήκουν σε ένα κοινό υποσύστημα με όνομα **Υποσύστημα Ανελκυστήρας** που αποτελεί υποσύστημα ελέγχου. Σε αυτό περιλαμβάνονται τα αντικείμενα **Οδηγός Πόρτας** (διακρίνουμε  $n$  σε πλήθος στιγμιότυπα, ένα για κάθε ανελκυστήρα), **Οδηγός Κινητήρα** ( $n$  σε πλήθος στιγμιότυπα), **Οδηγός Κουμπιού Ανελκυστήρα**



(διακρίνουμε  $m$  σε πλήθος στιγμιότυπα, ένα για κάθε όροφο) και **Οδηγός Ένδειξης Ανελκυστήρα** (ομοίως  $m$  σε πλήθος στιγμιότυπα, ένα για κάθε όροφο). Επιπρόσθετα, στο **Υποσύστημα Ανελκυστήρας** περιλαμβάνονται τα αντικείμενα **Έλεγχος Ανελκυστήρα** ( $n$  σε πλήθος στιγμιότυπα), **Διαχειριστής Ανελκυστήρα** ( $n$  σε πλήθος στιγμιότυπα) και **Κατάσταση Ανελκυστήρα και Πλάνο Κίνησης** ( $n$  σε πλήθος στιγμιότυπα).

(ii) Υπάρχουν  $m$  όροφοι στο κτήριο. Για καθέναν από τους  $m$  ορόφους προσδιορίζουμε το **Υποσύστημα Όροφος** που αποτελεί συλλογής δεδομένων και περιλαμβάνει τα αντικείμενα **Οδηγός Ένδειξης Ορόφου** ( $m$  σε πλήθος στιγμιότυπα), **Οδηγός Κουμπιού Ορόφου** ( $m$  σε πλήθος στιγμιότυπα).

(iii) Τέλος, το αντικείμενο **Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης** αποτέλεσε ένα ξεχωριστό υποσύστημα που φέρει και το ίδιο όνομα (**Μηχανισμός Χρονοδρομολόγησης**). Αυτό είναι ανεξάρτητο από το πλήθος των ορόφων και των ανελκυστήρων και αποτελεί υποσύστημα με ρόλο συντονιστή.

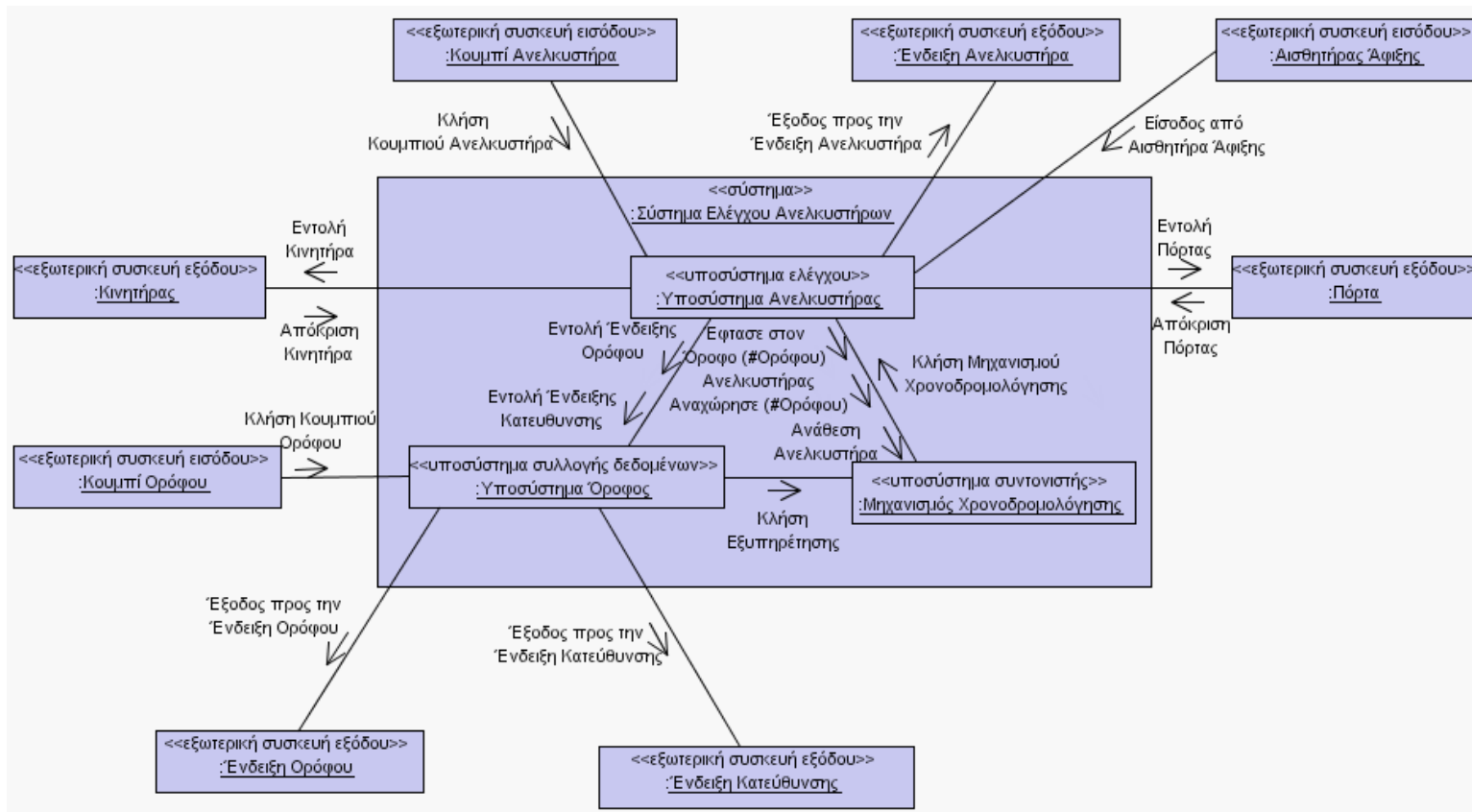
Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι υπάρχουν ορισμένα αντικείμενα που εμφανίζουν  $m \times n$  σε πλήθος στιγμιότυπα. Αυτά θα μπορούσαν να περιληφθούν είτε στο **Υποσύστημα Ανελκυστήρας**, είτε στο **Υποσύστημα Όροφος**, είτε σε ένα άλλο διαφορετικό υποσύστημα. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το αντικείμενο **Οδηγός Αισθητήρας Άφιξης** αφού υπάρχει ένας αισθητήρας άφιξης σε κάθε όροφο και για κάθε ανελκυστήρα. Το συγκεκριμένο αντικείμενο αποφασίστηκε να περιληφθεί στο **Υποσύστημα Ανελκυστήρας** καθώς όπως είδαμε προηγουμένως συμμετέχει στην περίπτωση χρήσης **Σταμάτημα Ανελκυστήρα σε Όροφο** και για το λόγο αυτό φαίνεται να παρουσιάζει μεγαλύτερη λειτουργική εξάρτηση με καθένα από τους ανελκυστήρες. Παρόμοια περίπτωση είναι το αντικείμενο **Οδηγός Ένδειξης Κατεύθυνσης** αφού υπάρχει μία ένδειξη κατεύθυνσης σε κάθε όροφο και μία για κάθε ανελκυστήρα. Το αντικείμενο αυτό αποφασίστηκε να συμπεριληφθεί στο **Υποσύστημα Όροφος** αφού η



θέση του είναι σε κάθε όροφο και συνεπώς σχετίζεται περισσότερο με κάθε όροφο παρά με κάθε ανελκυστήρα.

Εδώ για να αποφευχθεί η σύγχυση θα πρέπει να σημειώσουμε ότι για την αναπαράσταση των παραπάνω υποσυστημάτων δεν χρησιμοποιήσαμε τους συμβολισμούς που δίνει η UML για τη στατική ομαδοποίηση κλάσεων και αντικειμένων. Αναφερόμαστε στις δομές των πακέτων (packages) και των υποσυστημάτων (subsystems) που παρέχει η UML για να προδιαγραφούν συλλογές από κλάσεις αντικειμένων και συλλογές αντικειμένων αντίστοιχα. Οι συγκεκριμένες δομές όμως αναπαριστούν τη στατική δομή, δηλαδή λογικές σχέσεις και εξαρτήσεις που ορίζουν το λογικό διαχωρισμό μεταξύ ομάδων κλάσεων (στην περίπτωση των πακέτων) και ομάδων αντικειμένων (στην περίπτωση των υποσυστημάτων). Οι δομές αυτές δεν χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα διαγράμματα συνεργασίας γιατί δεν επιτρέπουν την περιγραφή της ανταλλαγής μηνυμάτων μεταξύ δύο δομικών ενοτήτων. Έτσι στη UML δεν επιτρέπεται για παράδειγμα η ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ δύο πακέτων ή μεταξύ δύο υποσυστημάτων. Στην περίπτωση της εφαρμογής ΣΕΑ η προδιαγραφή του δυναμικού μοντέλου έχει ήδη προχωρήσει σε σημαντικό βαθμό και έχουμε ένα ενιαίο διάγραμμα συνεργασίας που παρουσιάζει όλα τα αντικείμενα (Σχήμα 18). Επίσης έχουμε στη διάθεσή μας ένα διάγραμμα κλάσεων που παρουσιάζει το πλαίσιο λειτουργίας του συστήματος (Σχήμα 7), δηλαδή τις εξωτερικές συσκευές που συσχετίζονται με το σύστημα.

Ως επακόλουθο προτιμήσαμε στο διάγραμμα συνεργασίας (Σχήμα 19) να παρουσιάσουμε σύνθετα αντικείμενα με ρόλο υποσυστημάτων (composite subsystems) που ομαδοποιούν αντικείμενα και ταυτόχρονα απεικονίζουν όλες τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους αλλά και με τις εξωτερικές συσκευές του συστήματος ΣΕΑ. Τέλος, η αναλυτική σχεδίαση για ένα από αυτά τα υποσυστήματα, για το υποσύστημα Ανελκυστήρας παρουσιάζεται στο Σχήμα 20 με τη μορφή ενός διαγράμματος συνεργασίας.



Σχήμα 19: Τα υποσυστήματα της εφαρμογής





## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή παρουσιάσαμε τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να εφαρμοστεί η Unified Modeling Language (UML) και οι μεθοδολογίες της αντικειμενοστρεφούς τεχνολογίας στη φάση της ανάλυσης και στα πρώτα στάδια της σχεδίασης σύνθετων εφαρμογών που εμφανίζουν απαιτήσεις πραγματικού χρόνου. Οι αυξημένες λειτουργικές και χρονικές απαιτήσεις, η ασύγχρονη φύση της εισόδου, η πολυπλοκότητα τόσο της στατικής δομής όσο και της συμπεριφοράς των συστημάτων πραγματικού χρόνου είναι μερικές παράμετρος που καθιστούν την ανάλυση και τη σχεδίαση τους ένα πολύ ενδιαφέρον και ιδιαίτερα πολύπλοκο πρόβλημα.

Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε στην πράξη εφαρμόζοντας τους κανόνες της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης-σχεδίασης με τη χρήση της UML. Προσπαθήσαμε μέσα από μια σύνθετη περίπτωση μελέτης να περιγράψουμε ένα σύνολο από πρακτικά βήματα και οδηγίες για μια αποδοτική λύση του προβλήματος. Ως περίπτωση μελέτης χρησιμοποιήσαμε ένα σύστημα που ελέγχει την κίνηση ανελκυστήρων σε ένα πολυώροφο κτήριο. Με αφορμή την περίπτωση μελέτης εξετάσαμε μια σειρά ζητημάτων που συνδέονται ειδικότερα με την ανάλυση και τη σχεδίαση συστημάτων πραγματικού χρόνου.

Για τη συγκεκριμένη εφαρμογή ελέγχου ξεκινήσαμε από την επιλογή και τον προσδιορισμό των περιπτώσεων χρήσης και των χειριστών. Στη συνέχεια, προχωρήσαμε στο βήμα της αναλυτικής προδιαγραφής των περιπτώσεων χρήσης. Μας απασχόλησε ο τρόπος με τον οποίο δημιουργούμε το στατικό μοντέλο ενός συστήματος, ο προσδιορισμός και η αναπαράσταση των εξωτερικών κλάσεων αντικειμένων και των κλάσεων του συστήματος ελέγχου. Περιγράψαμε αναλυτικά το δυναμικό μοντέλο του συστήματος και προτείναμε συμβουλές για την ενοποίηση των διαγραμμάτων, την περαιτέρω σχεδίαση, την κατασκευή της αρχιτεκτονικής του λογισμικού και για την αποσύνθεση του συστήματος σε υποσυστήματα. Τέλος, παρουσιάσαμε αναλυτικά παραδείγματα για το πως



χρησιμοποιούνται τα διάφορα μοντέλα της UML σε κάθε βήμα και δώσαμε πρακτικές συμβουλές και κανόνες για την ανάπτυξη των μοντέλων.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διάφορες εκδόσεις της εφαρμογής ΣΕΑ παρουσιάζονται σε αρκετές βιβλιογραφικές πηγές. Η έκδοση που περιγράψαμε εδώ στηρίζεται κυρίως στην περιγραφή που δίνεται στην αναφορά:

H. Gomma, *Designing Concurrent, Distributed, and Real-Time Applications with UML*, Addison-Wesley.

Συνιστούμε επίσης στον αναγνώστη να ανατρέξει στην ακόλουθη βιβλιογραφία που είναι ενδεικτική για UML, real-time systems και SW Engineering γενικότερα:

1. Grady Booch, *Object-Oriented Analysis and Design with Applications*, Second Edition. Addison-Wesley.
2. Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson: *The Unified Modeling Language User Guide*. Addison Wesley Longman.
3. Martin Fowler, *UML Distilled*, Addison-Wesley.
4. Ivar Jacobson, Magnus Christerson, Patrick Jonsson, Gunnar Overgaard, *Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach*. Addison-Wesley.
5. Doug Rosenberg, Kendall Scott, *Applying Use Case Driven Object Modelling with UML*, Addison-Wesley.
6. James Rumbaugh, Michael Blaha, William Premerlani, Frederick Eddy, William Lorenzen: *Object-Oriented Modeling and Design*. Prentice Hall.
7. Shari Lawrence Pfleeger, *Τεχνολογία Λογισμικού, Θεωρία και Πράξη, Τόμος 1*, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
8. Hermann Kopetz. *Real-Time Systems, Design Principles for Distributed Embedded Applications*.
9. Bruce Powel Douglass. *Doing Hard Time: Developing Real-time Ssystems with UML, Objects, Frameworks, and Patterns*.
10. Desmond F. D'Souza and Alan Cameron Wills. *Objects, Components, and Frameworks with UML*.
11. Alan Moore and Niall Cooling. *Developing Real-Time Systems using Object Technology*, A white paper from Artisan Software Tools.