
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 28

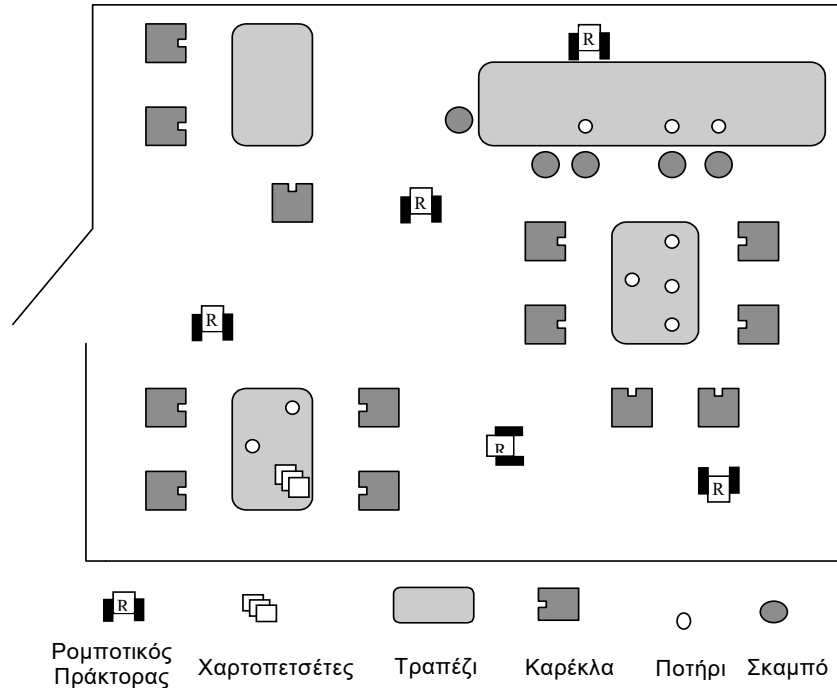
Πολυπρακτορικά Συστήματα

Ασκήσεις - Ερωτήσεις

1. Ένα σύνολο από πανομοιότυπους λογισμικούς πράκτορες συνεργάζονται σε ένα δίκτυο υπολογιστών αναζητώντας κείμενα. Ο στόχος τους είναι να συγκεντρώνουν τα κείμενα που σχετίζονται στην ίδια φυσική τοποθεσία (physical site). Στο σύστημα υπάρχει μια καθολική ατζέντα η οποία περιέχει το σύνολο των τρεχόντων στόχων, από το οποίο κάθε πράκτορας αντλεί τους επιμέρους στόχους του. Οι πράκτορες μπορούν να μεταφερθούν ανάμεσα στους υπολογιστές του δικτύου. Υποθέστε ότι για κάθε κείμενο στο δίκτυο υπάρχει συνημμένη μια μικρή περιγραφή με λέξεις κλειδιά η οποία περιγράφει το περιεχόμενο του κειμένου. Υποθέστε επίσης ότι αρχικά κάθε πράκτορας γνωρίζει μόνο την τοπολογία του δικτύου. Οι πράκτορες αγνοούν επίσης τα περιεχόμενα των δίσκων του κάθε υπολογιστή και ο μόνος τρόπος για να αποκτήσουν τη γνώση αυτή είναι να "επισκεφτούν" τον αντίστοιχο υπολογιστή. Κατά τη διάρκεια μιας τέτοιας "επίσκεψης" ο κάθε πράκτορας μπορεί να ανανεώσει τη γνώση του για τα αποθηκευμένα κείμενα. Με την πάροδο όμως του χρόνου ο κόσμος μεταβάλλεται, καθώς οι ενέργειες των πρακτόρων επηρεάζουν την κατάστασή του. Αυτό σημαίνει απλά ότι οι πεποιθήσεις (beliefs) του πράκτορα για τον "κόσμο" μπορεί να είναι διαφορετικές από την πραγματικότητα.
 - α) Περιγράψτε σύντομα τους υποστόχους (subtasks) τους οποίους θα πρέπει να μπορεί να εκτελεί ο πράκτορας καθώς και το είδος της γνώσης την οποία θα πρέπει να είναι ικανός να επεξεργάζεται για την επίτευξη των υποστόχων.
 - β) Σκιαγραφείστε την αρχιτεκτονική του κάθε πράκτορα και περιγράψτε σύντομα κάθε μέρος αυτής (module) και την αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών των μερών. Επίσης να δείξετε πώς αυτά τα μέρη συνδέονται με τις πεποιθήσεις του πράκτορα και τον κόσμο του προβλήματος.
 - γ) Πώς μπορεί ο πράκτορας να περιέχει περισσότερη γνώση για τον πραγματικό κόσμο; Περιγράψτε σύντομα τι είδους επικοινωνία πρέπει να λαμβάνει χώρα ανάμεσα στους πράκτορες σχετικά με τις πεποιθήσεις και τους στόχους τους, για την πιο αποδοτική επίλυση του προβλήματος.
 - δ) Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των πλάνων που εκπονεί ο κάθε πράκτορας, μπορεί να συμβούν αναπάντεχα γεγονότα. Κάποια μπορεί να οφείλονται σε ενέργειες άλλων πρακτόρων, όπως για παράδειγμα το κείμενο το οποίο είχε την πρόθεση να πάρει ο πράκτορας Α έχει ήδη μετακινηθεί από τον πράκτορα Β, ενώ

κάποια άλλα σε ενδογενείς αιτίες, π.χ. ένας υπολογιστής του δικτύου είναι εκτός λειτουργίας με αποτέλεσμα μια συγκεκριμένη διαδρομή η οποία είχε σχεδιαστεί να είναι αδύνατη. Περιγράψτε σύντομα πώς θα πρέπει να αντιδρά ένας πράκτορας σε τέτοιου είδους γεγονότα.

2. Το σενάριο της καφετέριας (βλ. αντίστοιχη άσκηση του προηγούμενου κεφαλαίου) απαιτεί ουσιαστικά την υλοποίηση ενός πολυπρακτορικού συστήματος.



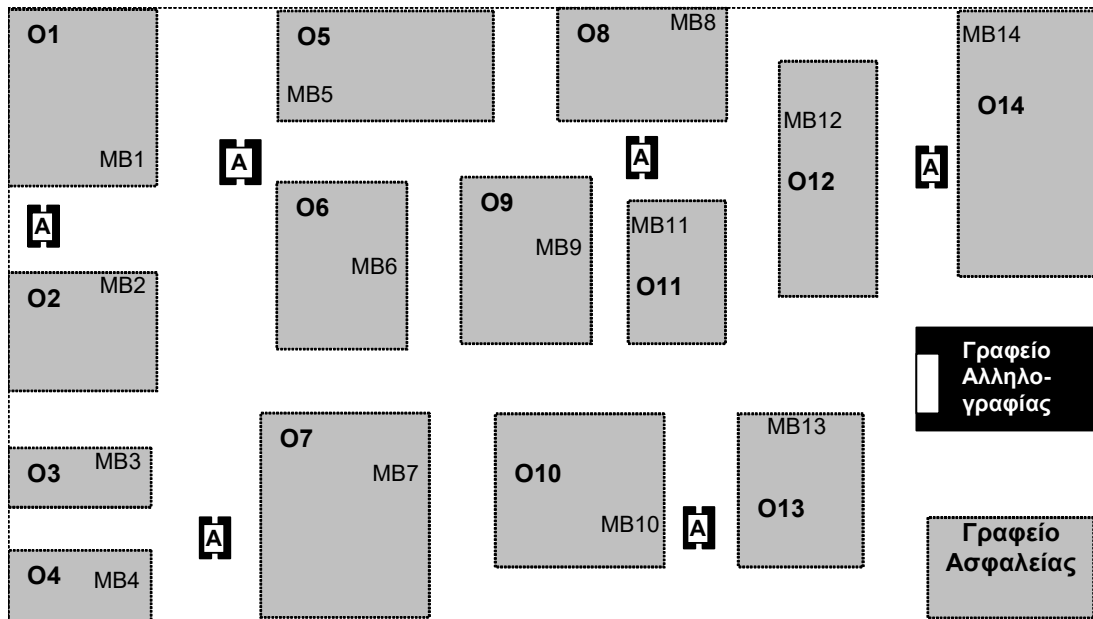
Σε ένα τέτοιο σύστημα είναι δυνατό να προκύψουν καταστάσεις στις οποίες είναι απαραίτητη η επικοινωνία μεταξύ των πρακτόρων. Σκιαγραφείστε την αρχιτεκτονική ολόκληρου του πολυπρακτορικού συστήματος. Συγκρίνετε τα πλεονεκτήματα μεταξύ ενός μοντέλου όπου τα μηνύματα μεταδίδονται από έναν πράκτορα σε όλους και ενός μοντέλου στο οποίο η εκάστοτε διαδικασία διαπραγμάτευσης λαμβάνει χώρα ανάμεσα σε δύο μόνο πράκτορες.

3. Ένα εργοστάσιο κατασκευής αυτοκινήτων παράγει αυτοκίνητα τα οποία έχουν ένα ενσωματωμένο σύστημα βοήθειας προσανατολισμού του οδηγού σε μια πόλη. Ο οδηγός θα μπορεί να θέτει ερωτήσεις στο σύστημα χρησιμοποιώντας φυσική γλώσσα, όπως για παράδειγμα ποιο δρόμο να ακολουθήσει για να φτάσει σε ένα συγκεκριμένο προορισμό. Το σύστημα θα απαντά επίσης σε φυσική γλώσσα, πληροφορώντας συνεχώς τον οδηγό για τις ενέργειες που πρέπει να κάνει καθώς κινείται στην πόλη και στις εθνικές οδούς. Η ακριβής θέση του αυτοκινήτου θα δίνεται από ένα παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS) μέσω επικοινωνίας με τους αντίστοιχους δορυφόρους.
- Το παραπάνω σύστημα μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα ομογενές μονοπρακτορικό σύστημα ή σαν ένα ανομοιογενές πολυπρακτορικό σύστημα. Σκιαγραφείστε την αρχιτεκτονική του συστήματος και για τις δύο προηγούμενες επιλογές.
 - Περιγράψτε σύντομα τους στόχους που θα πρέπει να μπορεί να επιτύχει ο πράκτορας καθώς και το είδος γνώσης που θα πρέπει να επεξεργάζεται για την επίτευξή τους.

- γ) Συζητήστε την ικανότητα του πρακτορικού συστήματος να χειριστεί αναπάντεχες καταστάσεις, για παράδειγμα ότι ένας δρόμος είναι κλειστός λόγω έργων, ή ότι ο οδηγός δεν ακολούθησε τη σωστή στροφή, κτλ.
4. Χρησιμοποιώντας μια από τις αρχιτεκτονικές πρακτόρων που θεωρείτε κατάλληλη περιγράψτε ένα ρομποτικό πράκτορα ο οποίος έχει τη δυνατότητα να παίζει ποδόσφαιρο, ως μέλος μιας ομάδας.
 5. Επιλέξτε ένα πρόβλημα για την επίλυση του οποίου απαιτείται η τεχνική σύναψης συμβολαίων μεταξύ ενός διαχειριστή και ενός εργολάβου. Δώστε παραδείγματα εκφρασμένα σε KQML που να αντιστοιχούν στα μηνύματα δημοσιοποίησης, προτροπών, απόρριψης και ανάθεσης του έργου από τους πράκτορες που συμμετέχουν.
 6. Εξηγήστε τι σημαίνει το παρακάτω μήνυμα σε KQML:

```
(advertise
  :sender steffen
  :receiver petros
  :in-reply-to id1
  :reply-with id2
  :language kqml
  :content (ask-if
    :sender petros
    :receiver steffen
    :in-reply-to id2
    :reply-with id3
    :language Prolog
    :content "a(X)")
)
```

7. Μια αυτοματοποιημένη υπηρεσία παράδοσης αλληλογραφίας λειτουργεί σε έναν όροφο ενός εταιρικού κτιρίου, με στόχο την παράδοση τόσο εσωτερικής όσο και εξωτερικής αλληλογραφίας. Η υπηρεσία αποτελείται από ένα αριθμό αυτόνομων πρακτόρων οι οποίοι παραλαμβάνουν και διανέμουν γράμματα και μικρά δέματα από και προς τα γραφεία που βρίσκονται στον όροφο. Οι πράκτορες έχουν τη δυνατότητα να κινούνται στους διαδρόμους του ορόφου αλλά όχι μέσα στα γραφεία για να μην ενοχλούν τους υπαλλήλους. Η αλληλογραφία παραλαμβάνεται από και διανέμεται σε συγκεκριμένες σταθερές θέσεις (γραμματοκιβώτια) για κάθε γραφείο όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί. Η εσωτερική αλληλογραφία μεταξύ των γραφείων του ορόφου διεκπεραιώνεται πλήρως από τους πράκτορες, ενώ η εξωτερική παραδίδεται στο γραφείο αλληλογραφίας για να προωθηθεί στον τελικό της προορισμό.



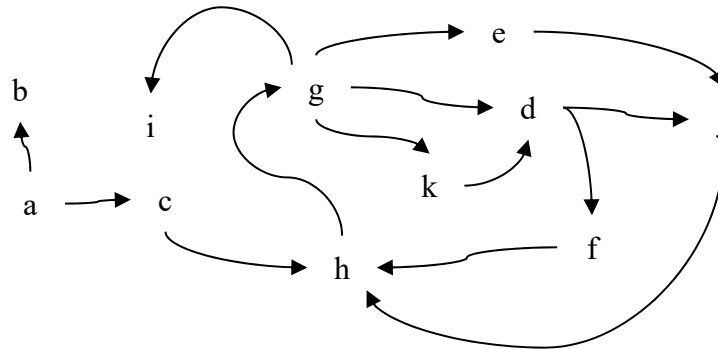
O14: Γραφεία
MB1-MB14: Γραμματοκιβώτια
A: Αυτόνομοι Πράκτορες

Κατά τη διάρκεια μιας ημέρας το γραφείο αλληλογραφίας δέχεται γράμματα και δέματα τα οποία πρέπει να διανεμηθούν στα αντίστοιχα γραφεία. Οι πράκτορες έχουν μια εσωτερική αναπαράσταση (χάρτη) του ορόφου ο οποίος περιέχει την ακριβή θέση όλων των γραφείων και των αντίστοιχων γραμματοκιβωτίων. Η διανομή ενός αντικειμένου ανατίθεται σε έναν πράκτορα μόνο και κάθε πράκτορας μπορεί να μεταφέρει ανά πάσα στιγμή μόνο ένα αντικείμενο.

Θεωρήστε ότι το γραφείο αλληλογραφίας διαχειρίζεται όλες τις αιτήσεις υπαλλήλων για διεκπεραίωση αλληλογραφίας: αν κάποιος επιθυμεί την αποστολή ενός δέματος, τότε τοποθετεί το δέμα στο γραμματοκιβώτιο του γραφείου του και ενημερώνει το γραφείο αλληλογραφίας για τις λεπτομέρειες της αποστολής. Έπειτα το γραφείο βρίσκει έναν κατάλληλο πράκτορα στον οποίο και αναθέτει την παραλαβή και παράδοση του αντικειμένου. Όταν ολοκληρωθεί η παράδοση ο πράκτορας ενημερώνει το γραφείο για την κατάσταση του αντικειμένου.

- α) Η επικοινωνία μεταξύ των πρακτόρων και του γραφείου αλληλογραφίας γίνεται με τη χρήση της γλώσσας FIPA ACL. Δώστε παραδείγματα FIPA ACL μηνυμάτων που ανταλλάσσονται κατά την ανάθεση και ολοκλήρωση διεκπεραίωσης αλληλογραφίας. Μπορείτε να υποθέσετε ότι η γλώσσα επικοινωνία είναι η Ελληνική.
- β) Το γραφείο αλληλογραφίας δεν μπορεί να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή την ακριβή θέση των πρακτόρων και κατά συνέπεια δεν μπορεί να καθορίσει ποιος πράκτορας μπορεί να ικανοποιήσει την αίτηση ενός υπαλλήλου για διεκπεραίωση αλληλογραφίας με ελάχιστο δυνατό κόστος (συντομότερη διαδρομή). Πολλές φορές δε, οι πράκτορες δυσλειτουργούν και δεν είναι ικανοί να φέρουν εις πέρας καμία εργασία, χωρίς παράλληλα να ενημερώνουν το γραφείο για τη δυσλειτουργία τους. Περιγράψτε σύντομα ένα πρωτόκολλο συνεργασίας πρακτόρων (cooperation protocol) το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανάμεσα στο γραφείο αλληλογραφίας και τους πράκτορες έτσι ώστε να ανατίθεται η διεκπεραίωση αλληλογραφίας σε κατάλληλο πράκτορα.

- γ) Δώστε παραδείγματα KQML μηνυμάτων που ανταλλάσσονται στο πλαίσιο του πρωτοκόλλου που ορίσατε στο προηγούμενο ερώτημα (ερώτημα (β)).
- δ) Είναι η αρχιτεκτονική αντιδραστικών πρακτόρων (reactive agent architecture) κατάλληλη για πράκτορες οι οποίοι συνεργάζονται βάσει του πρωτοκόλλου που δώσατε ως απάντηση στο ερώτημα (β); Δικαιολογείστε την απάντησή σας
8. Στο ακόλουθο σχήμα υπάρχει ένα σύστημα αφηρημένων επιχειρημάτων (abstract argument system).



Ποια είναι η κατάσταση (status) των ακόλουθων επιχειρημάτων; Για κάθε περίπτωση να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

a b c d e f g h i j k

9. Η στρατηγική Zeuthen (Zeuthen strategy) σε μια διαπραγμάτευση δίνει απάντηση σε δύο ερωτήσεις που πρέπει να απαντηθούν σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης: Ποιος πράκτορας πρέπει να κάνει παραχώρηση όσον αφορά τις απαιτήσεις του και πόσο;
- (α) Εξηγήστε σύντομα τις απαντήσεις που δίνει η στρατηγική Zeuthen στα παραπάνω δύο ερωτήματα.
- (β) Έχω 2 πράκτορες: έναν αγοραστή ενός αγαθού και έναν πωλητή αυτού του αγαθού. Αυτοί εμπλέκονται σε μια διαπραγμάτευση προκειμένου να συμφωνήσουν για την τιμή της αγοραπωλησίας του αγαθού. Ο αγοραστής ξεκινάει από την τιμή 100 και ο πωλητής από την τιμή 200. Σε κάποια φάση της διαπραγμάτευσης, η τιμή που έχει ζητήσει ο αγοραστής είναι 140 ενώ η τιμή που έχει προσφέρει ο πωλητής είναι 170. Ποιος από τους δύο πράκτορες θα κάνει παραχώρηση στις απαιτήσεις του στον επόμενο γύρο σύμφωνα με την στρατηγική Zeuthen; Πόσο εκτιμάτε ότι θα είναι αυτή η παραχώρηση κατ' ελάχιστο;
10. Δύο πράκτορες-γραμματείς είναι υπεύθυνοι για την αποστολή φαξ για λογαριασμό των ιδιοκτητών τους. Ο πράκτορας Α έχει να στείλει δύο φαξ στη Ρώμη, δύο στην Αθήνα και ένα στη Βοστώνη. Ο πράκτορας Β έχει να στείλει ένα φαξ στο Λονδίνο, δύο στο Παρίσι, ένα στη Βοστώνη και ένα στην Ρώμη. Θεωρήστε ότι η αποστολή φαξ έχει κόστος μόνο όσο απαιτείται για να γίνει η τηλεφωνική κλήση προς τον τόπο προορισμού του φαξ, ανεξάρτητα από τον αριθμό των μηνυμάτων που αποστέλλονται. Η κλήση προς την Αθήνα κοστίζει 1 ευρώ, προς το Λονδίνο, το Παρίσι, και τη Ρώμη 2 ευρώ, και προς τη Βοστώνη 3 ευρώ.
- (α) Γράψτε σε συμβολική μορφή την αρχική ανάθεση εργασιών και το κόστος της για κάθε πράκτορα.

- (β) Έστω ότι οι πράκτορες διαπραγματεύονται για να αλλάξουν την αρχική ανάθεση εργασιών τους. Ποια θα μπορούσε να είναι η αρχική πρόταση που καταθέτει ο καθένας τους στον πρώτο γύρο των διαπραγματεύσεων, σύμφωνα με το μονότονο πρωτόκολλο συμβιβασμού (monotonic concession protocol). Να αιτιολογήσετε την επιλογή της. (Αν υπάρχουν περισσότερες από μια ενδεχόμενες αρχικές προτάσεις, αρκεί να δώσετε μόνο μια).
- (γ) Αξιολογήστε για λογαριασμό του κάθε πράκτορα τις προτάσεις που διαμορφώσατε στο ερώτημα (β) και αιτιολογήστε ποια είναι η έκβαση της αξιολόγησης για τον καθένα (αποδοχή, απόρριψη). Σε περίπτωση απόρριψης, να προσδιορίσετε τα κριτήρια που θα πρέπει να ικανοποιούν οι προτάσεις που θα κατατεθούν στον επόμενο γύρο της διαπραγμάτευσης και να προτείνετε ποια πιθανώς να είναι η επόμενη κίνηση κάθε πράκτορα.