

Σχήμα 27.6: Ο βασικός πράκτορας όπως προκύπτει με τη συμβολή της διαδραστικότητας.

27.1.2 Χαρακτηριστικά Πρακτόρων

Ένα σημαντικό ερώτημα που τίθεται είναι ποιες είναι οι διαφορές των πρακτόρων (λογισμικών) από τα συμβατικά προγράμματα. Η απάντηση δεν είναι απλή, καθώς από τη μία τα όρια είναι πολλές φορές δυσδιάκριτα και από την άλλη ο όρος πράκτορας περιλαμβάνει ένα πλήθος συστημάτων με διαφορές τόσο στην πολυπλοκότητα όσο και στα επιμέρους χαρακτηριστικά.

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός νοήμονα πράκτορα, τα οποία αποτελούν και τις βασικές διαφορές μεταξύ των πρακτόρων και συμβατικών προγραμμάτων, δίνονται από τους Wooldridge και Jennings, σύμφωνα με τους οποίους πράκτορας είναι ένα σύστημα υλικού ή λογισμικού που έχει τις εξής ιδιότητες:

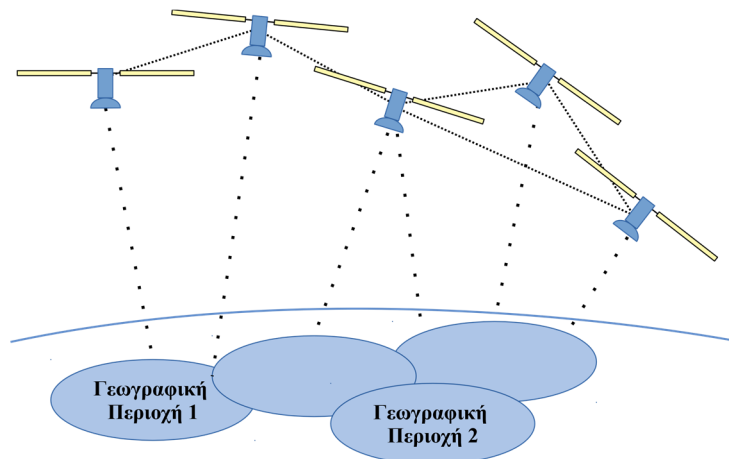
- *Αυτονομία (autonomy)*: Οι πράκτορες λειτουργούν χωρίς την άμεση και συνεχή παρέμβαση των χρηστών ή άλλων πρακτόρων και έχουν αυτοέλεγχο, δηλαδή έλεγχο της εσωτερικής τους κατάστασης και αυτενέργεια. Αυτό σημαίνει ότι οι πράκτορες έχουν τη δυνατότητα να επιδιώκουν τους στόχους τους χωρίς να δέχονται συνεχώς εντολές από το χρηστή ή κάποια άλλη εξωτερική πηγή, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα να αφήνει στο χρήστη μόνο τον προσδιορισμό του γενικού στόχου και να τον απελευθερώνει από το βάρος της λήψης των επιμέρους αποφάσεων.
- *Αντιδραστικότητα (reactiveness)*: Οι πράκτορες αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους και αντιδρούν μέσα σε συγκεκριμένα χρονικά πλαίσια στις αλλαγές που επέρχονται σε αυτό.
- *Προνοητικότητα (pro-activeness)*: Οι πράκτορες δεν αντιδρούν απλά αντανακλαστικά στο περιβάλλον αλλά είναι ικανοί να επιδείξουν και συμπεριφορά που βασίζεται σε στόχους, λαμβάνοντας ουσιαστικά πρωτοβουλία ανάλογα με τις συνθήκες οι οποίες εμφανίζονται στο περιβάλλον τους. Τόσο η προνοητικότητα όσο και η αντιδραστικότητα απαιτούν σε κάποιο βαθμό τη δυνατότητα συλλογισμού από τον πράκτορα.
- *Κοινωνικότητα (social ability)*: Οι πράκτορες επικοινωνούν με άλλους πράκτορες και χρήστες μέσω μίας κοινά κατανοητής γλώσσας, έτσι ώστε να μπορούν να συνεργαστούν για την επίτευξη των στόχων τους. Υπάρχει δηλαδή αλληλεπίδραση μεταξύ των πρακτόρων είτε για την επίτευξη των ανεξάρτητων στόχων των πρακτόρων ή για την επίτευξη ενός κοινού στόχου.

Υπάρχουν και μερικά ακόμη δευτερεύοντα χαρακτηριστικά που αποδίδονται στους πράκτορες, τα οποία όμως δεν εμφανίζονται σε όλες τις κατηγορίες, όπως:

- *Κινητικότητα (mobility)*: Οι πράκτορες δεν είναι πάντα στατικοί, αλλά μπορούν να αλλάξουν τη φυσική τους θέση σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον.
- *Προσαρμοστικότητα (adaptivity)*: Οι πράκτορες προσαρμόζονται διαρκώς στο περιβάλλον τους, ή τις απαιτήσεις του χρήστη, έχουν δηλαδή ικανότητα για μάθηση.
- *Ειλικρίνεια (veracity)*: Οι πράκτορες δεν δίνουν εσκεμμένα λάθος πληροφορίες.
- *Αγαθή προαίρεση (benevolence)*: Οι πράκτορες προσπαθούν να επιτύχουν πάντα τους στόχους που τους έχουν ανατεθεί και δεν έχουν δικούς τους ιδιοτελείς και κρυφούς στόχους.
- *Ορθολογικότητα (rationality)*: Οι πράκτορες δρουν για να πετύχουν τους στόχους τους, δηλαδή δεν κάνουν αναίτιες ενέργειες και δεν λειτουργούν εναντίον της επίτευξης των στόχων τους.
- *Συναίσθημα (emotion)*: Κάποιοι πράκτορες, κάτω από ορισμένες συνθήκες, δρουν βάση (τεχνητών) συναισθημάτων για να πετύχουν τους στόχους τους, όπως για παράδειγμα για να επιδείξουν στοργή (affectiveness).

27.2 Παράδειγμα: Μικροσκοπικοί Δορυφόροι

Οι επικοινωνίες μέσω δορυφόρων είναι μια καθιερωμένη τεχνολογία εδώ και πολλά χρόνια. Η σύγχρονη τάση είναι η δημιουργία ενός δικτύου πάρα πολλών μικρών δορυφόρων (mini/micro-satellites) οι οποίοι θα προσφέρουν υπηρεσίες διαδικτύου (internet) σε όλους τους χρήστες του πλανήτη, χωρίς την ανάγκη για την κλασική καλωδιακή σύνδεση. Οι δορυφόροι, εκτός της σύνδεσής τους με επίγειες συσκευές χρηστών, θα πρέπει να έχουν και σύνδεση μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο σχήμα (Σχήμα 27.7). Να σημειωθεί ότι οι δορυφόροι δεν ανήκουν απαραίτητα σε μια εταιρεία (πάροχο) αλλά μπορεί να ανήκουν σε περισσότερες.



Σχήμα 27.7: Το δίκτυο των μικροσκοπικών τηλεπικοινωνιακών δορυφόρων

Εκτός από τις κλασικές υπηρεσίες δικτύων σύνδεσης ή/και δρομολόγησης (linking, routing, κλπ), οι δορυφόροι θα προσφέρουν και υπηρεσίες υπολογιστικής παρυφών (edge cloud computing), δηλαδή θα φιλοξενούν μικρούς εξυπηρετητές

υπηρεσιών παγκόσμιου ιστού (web servers), με σκοπό τη μείωση της "κίνησης" (traffic) του δικτύου. Για παράδειγμα, αν μια σελίδα είναι πολύ δημοφιλής σε μια γεωγραφική περιοχή, τότε "ανεβαίνει" στους αντίστοιχους δορυφόρους που καλύπτουν την περιοχή και τα αιτήματα εξυπηρετούνται άμεσα, χωρίς την ανάγκη για επικοινωνία με τον επίγειο εξυπηρετητή.

Η διαχείριση ενός τόσο μεγάλου δικτύου δεν μπορεί να γίνει αποδοτικά χωρίς κάποια μορφή ευφυές λογισμικό, καθώς ο όγκος της πληροφορίας είναι μεγάλος και υφίσταται δυσκολία και καθυστέρηση στην επικοινωνία μεταξύ των δορυφόρων και του κέντρου ελέγχου. Το λογισμικό μπορεί να μοντελοποιηθεί σαν ένα πολυπρακτορικό σύστημα, όπου κάθε δορυφόρος ελέγχεται από δύο πράκτορες: τον **sat-agent** και τον **manager-agent**. Οι πράκτορες **sat-agents** είναι υπεύθυνοι για:

- να ελέγχουν πλήρως την λειτουργία του δορυφόρου, την κατάσταση του συστήματος ηλιακής φόρτισης (περιστροφή πτερυγίων προς στην κατεύθυνση του ήλιου), τη σύνδεση με επίγειους σταθμούς (αύξηση/μείωση σήματος, δυναμική διόρθωση τροχιάς),
- να αποφεύγουν βροχές "διαστημικών σκουπιδιών" και μετεωριτών, οι οποίες είναι συχνές στις τροχιές γύρω από τη Γη, και να μένουν σε ικανές αποστάσεις από τους άλλους δορυφόρους ώστε να έχουν καλή επικοινωνία.

Οι **manager-agents** είναι υπεύθυνοι για:

- να φορτώνουν τις κατάλληλες ιστοσελίδες στα υπολογιστικά συστήματά τους και να φροντίζουν το σωστό προγραμματισμό υλοποίησης των αιτημάτων που λαμβάνουν,
- να συνεργάζονται με άλλους δορυφόρους για την βελτιστοποίηση των παρεχόμενων υπηρεσιών,
- να διαπραγματεύονται με γειτονικούς δορυφόρους (**manager-agents**) διαφορετικών εταιρειών την "ενοικίαση" εύρους δικτύου (bandwidth), ή ακόμη και υπολογιστικών πόρων (edge cloud resources), ώστε να εξυπηρετήσουν αυξημένα αιτήματα για υπηρεσίες πελατών τους,
- να γνωρίζουν ποιες (επίγειες) περιοχές μπορούν να καλύψουν,
- να καταγράφουν την κατάσταση του δορυφόρου (βλάβες, κλπ).

Οι πράκτορες του παραπάνω παραδείγματος, εμφανίζουν όλα τα χαρακτηριστικά πρακτόρων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Έχουν *αυτονομία* και *αντιδραστικότητα*, καθώς αποφασίζουν για τις ενέργειες τις οποίες πρέπει να κάνουν βάσει της τρέχουσας κατάστασης του περιβάλλοντος, για παράδειγμα να ανιχνεύουν κοντινές απειλές και να διορθώνουν την τροχιά τους για αποφυγή εμποδίων. Είναι *προνοητικοί* καθώς ενεργούν για την επίτευξη των στόχων τους, για παράδειγμα όταν δέχονται ένα αίτημα φιλοξενίας ιστοσελίδας ενεργούν για την επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου, και τέλος *κοινωνικοί* καθώς πρέπει να διαπραγματευθούν την ενοικίαση υπολογιστικής ισχύος. Το εύλογο ερώτημα που δημιουργείται είναι πώς θα σχεδιαστεί και θα υλοποιηθεί ένα τέτοιο σύστημα; Σε αυτό απαντούν οι αρχιτεκτονικές πρακτόρων, οι οποίες περιγράφονται στην επόμενη ενότητα.

Είναι σχετικά εύκολο να δούμε αναλογίες του παραπάνω παραδείγματος με άλλες πιθανές εφαρμογές της τεχνολογίας πρακτόρων. Ένα προφανές παράδειγμα, σε συστή-