

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Τρέχουσες και Μελλοντικές Ερευνητικές Κατευθύνσεις

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφουμε νέες κατευθύνσεις και συζητούμε τις προοπτικές της αλγοριθμικής θεωρίας στους καταναμημένους υπολογισμούς.

Ο Claude Shannon [Shannon, 1952] αναφέρεται ως ο πρώτος που σχεδίασε ένα πεπερασμένο αυτόματο ικανό να εξερευνήσει ένα οποιονδήποτε λαβύρινθο μεγέθους 5×5 . Από τότε πολλοί επιστήμονες μελέτησαν προβλήματα εξερεύνησης και αναζήτησης σε γραφήματα αλλά και γεωμετρικά περιβάλλοντα με τη βοήθεια κατάλληλων κινητών πρακτόρων. Παρόλ' αυτά η περιοχή αυτή παραμένει μια ανεξάντλητη πηγή προβλημάτων που αναζητούν λύση.

Σήμερα, η έρευνα έχει εστιάσει στη σχεδίαση και ανάλυση αλγορίθμων για την εξερεύνηση γραφημάτων, την αναζήτηση πληροφοριών, τα προβλήματα της συνάντησης και της ανακάλυψης εχθρικών κόμβων, κλπ. Μερικά από αυτά μελετήσαμε στις προηγούμενες σελίδες του βιβλίου αυτού. Τα προβλήματα αυτά μαζί με άλλα σχετικά προβλήματα, όπως το πρόβλημα της επίτευξης ενός συγκεκριμένου σχηματισμού από πράκτορες σε ένα περιβάλλον, το πρόβλημα του καθαρισμού ενός μολυσμένου δικτύου και άλλα παρουσιάζονται πολύ συχνά τόσο σε δίκτυα επικοινωνίας όσο και σε κοινωνικά δίκτυα. Οι μέθοδοι λύσεις τέτοιων προβλημάτων βρίσκουν εφαρμογές σε πολλούς τομείς όπως η συντήρηση δικτύων επικοινωνίας, το ηλεκτρονικό εμπόριο, η εξερεύνηση ενός περιβάλλοντος με τη βοήθεια ρομπότ αλλά και η διαχείριση και λήψη αποφάσεων σε καταναμημένα περιβάλλοντα (π.χ., δημοπρασίες στο Internet).

Το γενικό ερώτημα που συνεχίζει να απασχολεί τους ερευνητές είναι το εξής:

Πώς μπορούμε να εξερευνήσουμε ένα δίκτυο και να αναζητήσουμε πληροφορίες όσο το δυνατόν πιο γρήγορα και με το μικρότερο δυνατό κόστος, με τη βοήθεια κινητών πρακτόρων;

Μολονότι το παραπάνω ερώτημα είναι πολύ γενικό, αναφέρουμε παρακάτω μερικές από τις πιο ενδιαφέρουσες τρέχουσες και μελλοντικές κατευθύνσεις της έρευνας.

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. ΤΡΕΧΟΥΣΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

Ισοζύγια χρόνου/μνήμης/αρχικής γνώσης με τεχνικές της Θεωρίας Παιγνίων: Η μελέτη του ισοζυγίου μεταξύ χρόνου και μνήμης σε προβλήματα των κατανεμημένων υπολογισμών δεν έχει μελετηθεί αρκετά. Η κατασκευή μεθόδων που εκτελούνται σε βέλτιστο χρόνο έχοντας σαν παράμετρο τη μνήμη που χρησιμοποιείται ή την αρχική γνώση για το περιβάλλον, θα είναι πολύ χρήσιμες στη σχεδίαση μηχανισμών που χρησιμοποιούνται στην οικονομία αλλά και άλλες περιοχές στις οποίες η εκπροσώπηση των χρηστών με πράκτορες που δρουν με μόνο κριτήριο το συμφέρον τους (και συνήθως δεν γνωρίζουν τις στρατηγικές των άλλων πρακτόρων) βρίσκει πολλές εφαρμογές. Γενικώς η μελέτη προβλημάτων κατανεμημένων υπολογισμών με τεχνικές της Αλγοριθμικής Θεωρίας Παιγνίων είναι ένα πολύ ενδιαφέρον και ελάχιστα μελετημένο πεδίο. Για παράδειγμα στο άρθρο [Karakostas and Markou, 2014] μελετάται με τεχνικές της Θεωρίας Παιγνίων, το πρόβλημα της διατήρησης της συνεκτικότητας ενός δικτύου χωρίς κεντρική αρχή όταν οι (ακίνητοι) πράκτορες ενδιαφέρονται μόνο για τη δική τους επικοινωνία.

Συστήματα με πολλαπλούς πράκτορες: Τα συστήματα με πολλαπλούς πράκτορες είναι πολύ χρήσιμα στην αναζήτηση και στην εξερεύνηση, ιδιαίτερα όταν ο συγχρονισμός τους δεν είναι δεδομένος. Η βαθύτερη μελέτη αυτής της περιοχής θα μπορούσε να προσφέρει νέες πιο αποδοτικές τεχνικές για την αναζήτηση στο διαδίκτυο. Ακόμη και πολύ απλά προβλήματα δεν έχουν μελετηθεί πλήρως σε ασύγχρονα μοντέλα δικτύων με πολλαπλούς πράκτορες.

Σενάρια με πράκτορες που έχουν ελάχιστη μνήμη και περιορισμένες δυνατότητες: Οι πράκτορες με περιορισμένη μνήμη (δηλαδή ανεξάρτητη από το μέγεθος του δικτύου) και δυνατότητα να αντιλαμβάνονται μόνο μια περιορισμένη τοπική περιοχή του περιβάλλοντός τους για να πάρουν αποφάσεις, αποτελούν στοιχεία μοντέλων που έχουν πολλές εφαρμογές στην εξερεύνηση δικτύων, ιδιαίτερα όταν οι κόμβοι τους έχουν περιορισμούς σε μνήμη και δυνατότητες. Για παράδειγμα ένα σημαντικό πρόβλημα που παρά την εκτεταμένη μελέτη του παραμένει ανοικτό είναι πόσο γρήγορα μπορεί ένας πράκτορας να εξερευνήσει ένα οποιοδήποτε δίκτυο όταν έχει πρόσβαση μόνο σε τοπική πληροφορία [Kalyanasundaram and Pruhs, 1994, Megow et al., 2011, Miyazaki et al., 2009, Dobrev et al., 2012].

Γεωμετρικά περιβάλλοντα: Η πλοήγηση και δρομολόγηση σε γεωμετρικά περιβάλλοντα δύο και τριών διαστάσεων με τη βοήθεια μόνο τοπικής πληροφορίας είναι μια περιοχή με πολλά ανοιχτά προβλήματα και εφαρμογές, όπως για παράδειγμα στην εξερεύνηση ενός επικίνδυνου περιβάλλοντος (π.χ., ναρκοπέδιο) στα οποία είναι προτιμητέα η χρήση φθηνών και αναλώσιμων ρομπότ για την εξερεύνηση.

Ασφάλεια κατανεμημένων συστημάτων με κινητούς πράκτορες: Όπως τονίστηκε σε διάφορα κεφάλαια αυτού του βιβλίου, η ασφάλεια των κατανεμημένων συστημάτων στα οποία δρουν κινητοί πράκτορες έχει θεμελιώδη σημασία ενώ παράλληλα είναι μία δύσκολη και όχι πολύ μελετημένη πε-

ριοχή, ιδίως όσον αφορά την ανακάλυψη εχθρικών κόμβων μεγάλης δύναμης ή εχθρικών κινητών πρακτόρων ή την λύση του προβλήματος παρά την ύπαρξη τέτοιων εχθρικών οντοτήτων. Σε αυτή την κατεύθυνση, ένα από τα προβλήματα που έχει σχετικά πρόσφατα μελετηθεί είναι η περιοδική επίσκεψη των κόμβων ενός δικτύου από κινητούς πράκτορες και η μεταφορά πληροφοριών από τους κόμβους αυτούς σε έναν δεδομένο κόμβο παρά την ύπαρξη εχθρικών κόμβων μεγάλης δύναμης [Krašević and Miklik, 2010, Bampas et al., 2015]. Υπάρχουν όμως ελάχιστα αποτελέσματα για σενάρια στα οποία συμμετέχουν εχθρικοί πράκτορες που είναι ικανοί να αλλοιώσουν τα περιεχόμενα κόμβων ή άλλων πρακτόρων. Ένα άλλο σενάριο που έχει μελετηθεί πρόσφατα, είναι η επίτευξη της συνάντησης όλων των πρακτόρων που δρουν σε ένα δίκτυο παρά την ύπαρξη ενός εχθρικού κινητού πράκτορα που έχει τη δυνατότητα να εμποδίζει οποιονδήποτε άλλον πράκτορα να μετακινηθεί στη θέση που καταλαμβάνει κάθε φορά ο εχθρικός πράκτορας [Das et al., 2015].

Καθαρισμός μολυσμένων δικτύων με τη βοήθεια κινητών πρακτόρων: Ένα σημαντικό πρόβλημα με πολλές εφαρμογές είναι η σχεδίαση και ανάλυση μεθόδων για τον καθαρισμό ενός μολυσμένου δικτύου με τη βοήθεια κινητών πρακτόρων. Το πρόβλημα έχει μελετηθεί αρκετά για μια σειρά σεναρίων που έχουν να κάνουν με τους τρόπους που επιτρέπεται να κινούνται και να καθαρίζουν οι πράκτορες στο δίκτυο, κυρίως όμως για πράκτορες με διαφορετικές ετικέτες που παίρνουν εντολές από μια κεντρική αρχή και συνεπώς δεν δρουν αυτόνομα [Breisch, 1967, Parson, 1978, Kirousis and Papadimitriou, 1986, Bienstock and Seymour, 1991, Blin et al., 2012, Blin et al., 2013]. Όταν οι πράκτορες είναι αναγκασμένοι να δρουν αυτόνομα, το πρόβλημα έχει μελετηθεί ελάχιστα. Τέτοια σενάρια έχουν εφαρμογές σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, όπως είναι η κατάσβεση μιας πυρκαγιάς που εξαπλώνεται, και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου τα δίκτυα επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών που προσπαθούν να βοηθήσουν στην κατάσβεση είτε έχουν καταρρεύσει είτε δεν μπορούν να λειτουργήσουν λόγω των συνθηκών (π.χ., παγίδευση σε ορυχεία).

Βιβλιογραφία

- [Bampas et al., 2015] Bampas, E., Leonardos, N., Markou, E., Pagourtzis, A., and Petrolia, M. (2015). Improved periodic data retrieval in asynchronous rings with a faulty host. *Theoretical Computer Science*, 608:231–254.
- [Bienstock and Seymour, 1991] Bienstock, D. and Seymour, P. (1991). Monotonicity in graph searching. *Journal of Algorithms*, 12:239–245.
- [Blin et al., 2012] Blin, L., Burman, J., and Nisse, N. (2012). Brief announcement: Distributed exclusive and perpetual tree searching. In *26th Int. Symp. on Distributed Computing (DISC)*, volume 7611 of *LNCS*, pages 403–404. Springer.
- [Blin et al., 2013] Blin, L., Burman, J., and Nisse, N. (2013). Exclusive graph searching. In *21st European Symposium on Algorithms (ESA)*, volume 8125 of *LNCS*, pages 181–192. Springer.

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. ΤΡΕΧΟΥΣΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

- [Breisch, 1967] Breisch, R. (1967). An intuitive approach to speleotopology. *Southwestern Cavers VI(5)*, pages 72–78.
- [Das et al., 2015] Das, S., Luccio, F., and Markou, E. (2015). Mobile agents rendezvous in spite of a malicious agent. In *Proc. 11th International Symposium on Algorithms and Experiments for Wireless Sensor Networks (ALGOSENSORS)*, LNCS 9536, pages 211–224.
- [Dobrev et al., 2012] Dobrev, S., Kràlovic, R., and Markou, E. (2012). Online graph exploration with advice. In *Proc. 19th International Colloquium on Structural Information and Communication Complexity (SIROCCO)*, LNCS 7355, pages 267–278.
- [Kalyanasundaram and Pruhs, 1994] Kalyanasundaram, B. and Pruhs, K. R. (1994). Constructing competitive tours from local information. *Theoretical Computer Science*, 130(1):125 – 138.
- [Karakostas and Markou, 2014] Karakostas, G. and Markou, E. (2014). Emergency connectivity in ad-hoc networks with selfish nodes. *Algorithmica*, 68(2):358–389.
- [Kirousis and Papadimitriou, 1986] Kirousis, L. and Papadimitriou, C. (1986). Searching and pebbling. *Theoretical Computer Science*, 47(2):205–218.
- [Kràlovic and Miklik, 2010] Kràlovic, R. and Miklik, S. (2010). Periodic data retrieval problem in rings containing a malicious host. In *Proc. of 17th Int. Colloquium on Structural Information and Communication Complexity*, pages 156–167.
- [Megow et al., 2011] Megow, N., Mehlhorn, K., and Schweitzer, P. (2011). Online graph exploration: New results on old and new algorithms. In *ICALP (2)*, pages 478–489.
- [Miyazaki et al., 2009] Miyazaki, S., Morimoto, N., and Okabe, Y. (2009). The online graph exploration problem on restricted graphs. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 92(9):1620–1627.
- [Parson, 1978] Parson, T. (1978). The search number of a connected graph. In *Proceedings of 9th Southeastern Conference on Combinatorics, Graph Theory and Computing*, pages 549–554. Utilitas Mathematica.
- [Shannon, 1952] Shannon, C. (1952). Presentation of a Maze Solving Machine in Cybernetics: Circular, Causal and Feedback Mechanisms in Biological and Social Systems. In *Transactions Eighth Conf., von Foerster, H., Mead, M. and Teuber, HL (eds). New York, Josiah Macy Jr. Foundation*, pages 169–181.