

Η έννοια της ασφάλειας και οι συγχρονιστές του Awerbuch.

Υπάρχουν δύο είδη κατανεμημένων συστημάτων, τα σύγχρονα και τα ασύγχρονα.

Σύγχρονα είναι αυτά που όλοι οι κόμβοι υπακούουν σε ένα κοινό καθολικό ρολόι.

Είναι εύκολα στην υλοποίηση αλγορίθμων, αλλά έχουν μικρή ανοχή σε λάθη, αφού έτσι και το κεντρικό ρολόι "πέσει", οι υπόλοιποι κόμβοι δεν μπορούν πια να συνεργαστούν.

Για τον λόγο αυτόν, χρησιμοποιούνται ασύγχρονα δίκτυα, χωρίς κεντρικό ρολόι.

Στους κόμβους αυτούς όμως εκτελούμε σύγχρονους αλγόριθμους μιας και οι ασύγχρονοι αλγόριθμοι είναι πιο δύσκολο να δημιουργηθούν και να εκτελεστούν.

Για αυτόν τον λόγο, για να μπορέσουν οι κόμβοι του ασύγχρονου δικτύου να συντονιστούν μεταξύ τους, απαιτούν και αυτοί με την σειρά τους έναν συγχρονιστή.

Συγχρονιστής είναι ένας ασύγχρονος αλγόριθμος που τρέχει παράλληλα με τον κύριο σύγχρονο αλγόριθμο που επιθυμούμε να εκτελέσουμε.

Έχει ως στόχο τον συντονισμό των κόμβων έτσι ώστε να μην προχωράνε στο επόμενο βήμα του κύριου αλγόριθμου πριν την κατάλληλη στιγμή.

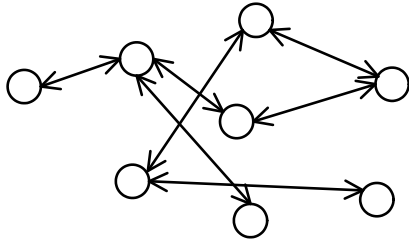
Όταν μιλήσαμε για τα ρολόγια Lamport, είχαμε πει ότι δεν παίζει ρόλο η χρονική στιγμή που γίνονται κάποια γεγονότα.

Έτσι, μπορούμε να πούμε, ότι δεν έχει σημασία πόσο θα καθυστερήσει να εκτελέσει ένας κόμβος το κομμάτι του αλγόριθμου που του αντιστοιχεί, να στείλει και να λάβει τα μηνύματα που πρέπει. Ανεξάρτητα από την χρονική διάρκεια, για να εκτελεστεί ένας κατανεμημένος αλγόριθμος, χρησιμοποιούμε την έννοια του βήματος ή αλλιώς παλμού. Έτσι σε κάθε παλμό, ένας κόμβος πρέπει να στείλει και να λάβει ορισμένο αριθμό μηνυμάτων ανάλογα τον αλγόριθμο.

Θα λέμε ότι ένας κόμβος είναι ασφαλής ως προς τον παλμό, όταν γνωρίζει ότι έχει στείλει και έχει λάβει αυτόν τον συγκεκριμένο αριθμό μηνυμάτων που πρέπει κατά την διάρκεια του παλμού αυτού. Αυτό επιτυγχάνεται με μηνύματα γνωστοποίησης λήψης από τους αποδέκτες του. Άρα, όταν πάρει μήνυμα γνωστοποίησης λήψης από όλους τους γείτονές του που έχει στείλει μήνυμα, ξέρει ότι ο ίδιος είναι ασφαλής ως προς τον παλμό.

Ο Awerbuch πηγαίνοντας ένα βήμα πιο πέρα από το να ορίσει την έννοια της ασφάλειας που είπαμε, πρότεινε και 3 αλγόριθμους συγχρονισμού, τέτοιους ώστε να ικανοποιείται η βασική αρχή ενός συγχρονιστή που είναι να μην επιτρέπει σε έναν κόμβο να προχωρήσει στο επόμενο βήμα- παλμό του ασύγχρονου αλγορίθμου αν δεν είναι ασφαλής και αυτός αλλά και οι γείτονές του, με τους οποίους και αλλάζουν δεδομένα.

Συγχρονιστής α

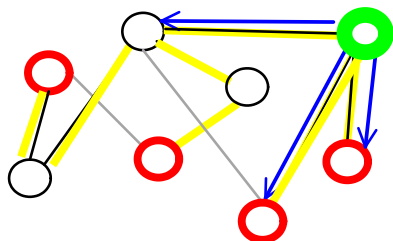


Στον συγχρονιστή α όλοι οι κόμβοι μόλις διαπιστώσουν ότι είναι ασφαλείς ως προς τον παλμό, στέλνουν μήνυμα ασφάλειας προς όλους τους γείτονές τους. Μόλις ένας κόμβος που είναι ο ίδιος ασφαλής, πάρει από όλους τους γείτονές του μήνυμα ότι και αυτοί είναι ασφαλείς, μόνο τότε προχωράει στον επόμενο παλμό, στο επόμενο βήμα δηλαδή του βασικού αλγόριθμου.

Είναι αποδοτικός σε χρόνο μιας και στην ουσία γίνεται σε σταθερό χρόνο, δηλαδή σε μια χρονική στιγμή και άρα πολυπλοκότητα σε χρόνο είναι $O(1)$.

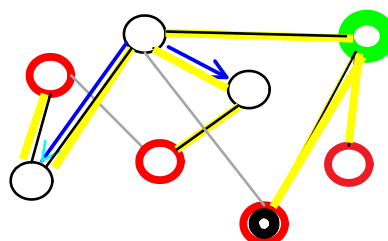
Αντίθετα σε μηνύματα είναι μη αποδοτικός ως προς τα μηνύματα, καθώς σε κάθε παλμό από κάθε ακμή που ενώνει 2 κόμβους περνάνε ακριβώς δυο μηνύματα. Η χειρότερη περίπτωση για έναν γράφο, είναι να είναι πλήρης, δηλαδή όλοι οι κόμβοι να ενώνονται με όλους. Σε αυτήν την περίπτωση οι ακμές E του γράφου είναι $E = (N * (N-1))/2$ και συνεπώς η πολυπλοκότητα ως προς N είναι $O(N^2)$.

Συγχρονιστής β



1ο στάδιο

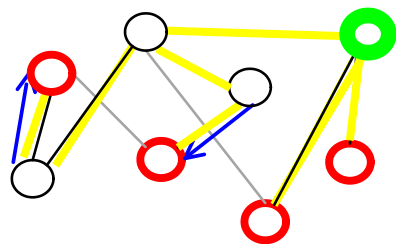
Η ρίζα στέλνει μήνυμα ενεργοποίησης παλμού



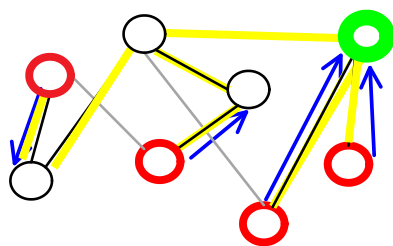
2ο στάδιο

Οι ενδιάμεσοι κόμβοι στέλνουν το μήνυμα Ενεργοποίησης στα παιδιά τους.

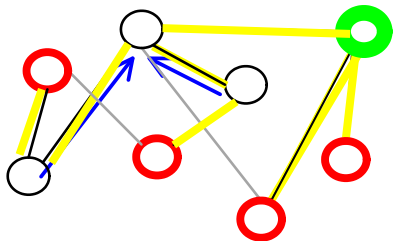
Την ίδια στιγμή ένα φύλλο (μαύρη κουκίδα) αποφασίζει ότι είναι ασφαλής Και στέλνει μήνυμα στον πατέρα του.



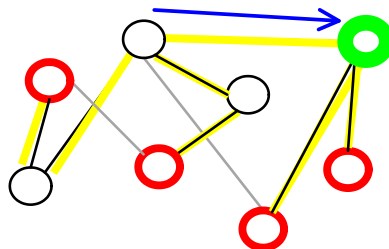
3ο στάδιο
(το μήνυμα ενεργοποίησης
έφτασε σε όλα τα φύλλα)



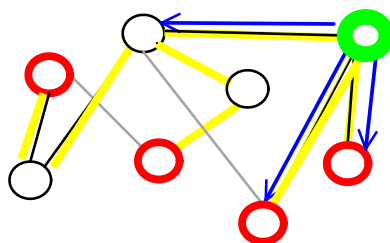
4ο στάδιο
(τα φύλλα στέλνουν μήνυμα
Ασφάλειας στον πατέρα τους)



5ο στάδιο
(οι ενδιαμέσοι κόμβοι μόλις γίνουν ασφαλείς
και έχουν πάρει μήνυμα ασφάλειας από όλα τα
παιδιά τους στέλνουν με την σειρά τους μήνυμα
ασφάλειας στον πατέρα τους)



6ο στάδιο
Ο κόμβος κάτω από την ρίζα στέλνει στην ρίζα πατέρα του
Μήνυμα ασφάλειας.



Μόλις η ρίζα αρχηγός, πάρει μήνυμα ασφαλείας,
όταν γίνει και αυτός ασφαλής, ξεκινάει την ίδια διαδικασία
για τον επόμενο παλμό.

Στον συγχρονιστή αυτόν επιλέγεται πρώτα ένας αρχηγός κόμβος και με ρίζα αυτόν μετατρέπεται ο γράφος σε γεννητικό δέντρο, δέντρο δηλαδή που περιέχει όλους τους κόμβους. Θυμίζουμε, δέντρο είναι ένας γράφος που δεν περιέχει κυκλικές διαδρομές, όπως για παράδειγμα, το κίτρινο δέντρο του σχήματος. Αφού δημιουργηθεί το δέντρο, η ρίζα αρχηγός, (εδώ με πράσινο χρώμα) στέλνει μήνυμα σε όλα τα παιδιά του να προχωρήσουν στον παλμό. Αυτά με την σειρά τους το στέλνουν στα δικά τους παιδιά κ.ο.κ. Μόλις φτάσει το μήνυμα ενεργοποίησης παλμού στα φύλλα, αυτά ξεκινάνε να τρέχουν το βήμα του αλγορίθμου. Μόλις γίνουν ασφαλή, στέλνουν μήνυμα ασφάλειας στον πατέρα τους. Οι ενδιαμέσοι κόμβοι, στέλνουν μήνυμα ασφάλειας στον πατέρα τους, μόνο όταν έχουν πάρει μήνυμα ασφάλειας από όλα τα παιδιά τους και είναι και οι ίδιοι ασφαλείς. Έτσι τελικά, η ρίζα αρχηγός, μαθαίνει ότι όλοι οι απόγονοί του είναι ασφαλείς και μόλις είναι και ο ίδιος ασφαλής, δίνει το μήνυμα ενεργοποίησης παλμού με τον ίδιο τρόπο.

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται με χρωματικό τρόπο αυτή η διαδικασία.

Με κίτρινο χρώμα απεικονίζεται το γεννητικό δέντρο, και είναι οι ακμές όπου μόνο από αυτές θα περάσουν τα μηνύματα του συγχρονιστή. Με πράσινο απεικονίζεται η ρίζα αρχηγός που αναφέραμε, με κόκκινο τα φύλλα του δέντρου και με μπλε βέλη τα μηνύματα που στέλνονται σε κάθε στάδιο του συγχρονιστή.

Ο συγχρονιστής β είναι αποδοτικός σε μηνύματα αλλά όχι σε χρόνο.

Κάθε δέντρο V κορυφών έχει αριθμό ακμών $E = V-1$.

Σε κάθε παλμό από κάθε ακμή περνάνε 2 μηνύματα (1 προς τα κάτω, μήνυμα ενεργοποίησης και 1 προς τα πάνω, μήνυμα ασφάλειας)

Έτσι ο συνολικός αριθμός μηνυμάτων που περνάνε είναι $2E$ ή ισοδύναμα $2(V-1)$. Άρα η πολυπλοκότητα σε μηνύματα είναι $O(V)$.

Θυμηθείτε ότι στην πολυπλοκότητα δεν μας ενδιαφέρουν οι συντελεστές αλλά η μεγαλύτερη τάξη της μεταβλητής.

Όσον αφορά τον χρόνο, αυτός εξαρτάται από το ύψος του δέντρου H. Η χειρότερη περίπτωση είναι να έχουμε δέντρο- γραμμή και άρα $H = V-1$.

Συνεπώς στην χειρότερη περίπτωση η πολυπλοκότητα σε χρόνο είναι $O(H) = O(V-1) = O(V)$.

Τέλος ο συγχρονιστής γ είναι συνδυασμός των συγχρονιστών α και β.

Το σύνολο των κόμβων χωρίζεται σε επιμέρους δέντρα επιλέγοντας περισσότερες από μία ρίζες αρχηγούς, και κάθε δέντρο συνδέεται με τα γειτονικά του Μέσω ενός κόμβου αντιπροσώπου (δεν είναι απαραίτητο να συνδέονται οι ρίζες μεταξύ τους) .

Έτσι, σε κάθε δέντρο εφαρμόζεται ο συγχρονιστής β ενώ μεταξύ των κόμβων αντιπροσώπων ο συγχρονιστής α.

Για να επιτευχθεί αυτό, υπάρχουν 4 είδη μηνύματος που κυκλοφορούν στο σύστημα.

Μήνυμα ενεργοποίησης παλμού. PULSE

Μήνυμα ασφάλειας SAFE

Μήνυμα ασφάλειας δέντρου CLUSTER_SAFE

Μήνυμα ετοιμότητας READY

Κάθε φορά που τελειώνει ο συγχρονιστής α σε ένα δέντρο, η ρίζα αντί να στείλει αμέσως μήνυμα ενεργοποίησης επόμενου παλμού,

στέλνει μήνυμα ασφάλειας δέντρου, ενημερώνοντας όλους τους κόμβους ότι το δέντρο είναι όλο ασφαλές.

Το μήνυμα αυτό είναι φυσικό ότι φτάνει και στους αντιπροσώπους του δέντρου.

Είπαμε ότι μεταξύ των αντιπροσώπων των δέντρων εκτελείται ο συγχρονιστής α. Έτσι τα μηνύματα που στέλνονται κατά τον συγχρονισμό α, είναι τα μηνύματα

ασφάλειας δέντρου που στέλνει ο κάθε αντιπρόσωπος στους γείτονές του για να τους ενημερώσει ότι το δέντρο του είναι ασφαλές.

Μόλις ένας αντιπρόσωπος λάβει από όλους τους γειτονικούς αντιπροσώπους μήνυμα ότι τα δέντρα τους είναι ασφαλή, στέλνει μήνυμα ετοιμότητας στον πατέρα του έτσι ώστε τελικά αυτό να φτάσει στην ρίζα αρχηγό του. Τότε και μόνο τότε, η ρίζα αρχηγός, στέλνει εκ νέου το μήνυμα ενεργοποίησης του επόμενου παλμού και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Για την πολυπλοκότητα σε μηνύματα έχουμε.

Από κάθε ακμή του δέντρου, σε κάθε παλμό περνάνε απαραίτητα τα 4 μηνύματα που αναφέραμε. Άρα πολυπλοκότητα $O(E)$. Επίσης από κάθε αντιπρόσωπο περνάνε ανά παλμό τα δύο μηνύματα CLUSTER_SAFE και READY. Άρα επίσης πολυπλοκότητα $O(E)$ μιας και είναι της ίδιας τάξης αφού μιλάμε για ακμές και όχι για παράδειγμα για ακμές στο τετράγωνο. **Άρα πολυπλοκότητα σε μηνύματα $O(E)$.** (Αυτό είναι λίγο στριφνό στην κατανόηση, απλά γράψτε μόνο τα έντονα γράμματα σαν απάντηση. Έτσι είναι διατυπωμένο και ιστις σημειώσεις του.

Όσον αφορά τον χρόνο, εξαρτάται μιας και έχουμε δέντρο, από το μέγιστο ύψος H, το ύψος δηλαδή του υψηλότερου δέντρου.

Σε κάθε δέντρο όπως είδαμε, ο χρόνος ενός παλμού ισούται με $2H$ όπου H το ύψος του δέντρου. Επίσης για να μεταδοθεί το μήνυμα ασφάλειας δέντρου, απαιτείται χρόνος H. Συνεπώς ο χρόνος που απαιτείται είναι ανάλογος του H και άρα πολυπλοκότητα είναι ίση με $O(H)$.

Ουφ... Τα 'πα και ξελάφρωσα....

Πολύ μανίκι να τα διατυπώσεις έτσι ώστε να γίνουν όσο περισσότερα κατανοητά γίνεται....

Ελπίζω με τα χρώματα να γίνανε λίγο πιο σαφή τα πράγματα...

Καλή επιτυχία...