



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Πρόγραμμα Προπτυχιακών Σπουδών

Ειδίκευση : Ροή Δικτύων
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Age of Information (Ηλικία της Πληροφορίας)

Στυλιανή Α. Παπακωνσταντίνου
Α.Μ. 71347244

Εισηγητής: Νικόλαος Μυριδάκης, Καθηγητής

(Κενό φύλλο)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σχεδίαση συγγραφής διπλωματικής εργασίας

Στυλιανή Α. Παπακωνσταντίνου

A.M. 71347244

Εισηγητής:

Νικόλαος Μυριδάκης

Εξεταστική Επιτροπή:

A/α	ΟΝΟΜ/ΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΜΥΡΙΔΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	Επίκουρος Καθηγητής	
2	ΚΑΡΚΑΖΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ	Επίκουρος Καθηγητής	
3	ΜΑΥΡΟΜΜΑΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ	Λέκτορας	

Ημερομηνία εξέτασης: 28/02/2022

(Κενό φύλλο)

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Στέλα Παπακωνσταντίνου του Αθανασίου, με αριθμό μητρώου 71347244, φοιτητής/τρια του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου». Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι την απόκτηση του πτυχίου μου και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Ο/Η Δηλών/ούσα



(Κενό φύλλο)

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώθηκε κάτω από αρκετά δύσκολες συγκυρίες που διανύουμε και καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε στις δύσκολες αυτές προκλήσεις. Θα ήθελα με τη σειρά μου να ευχαριστήσω τους καθηγητές του προπτυχιακού κύκλου σπουδών οι οποίοι μου μετέφεραν τις γνώσεις που έχω σήμερα και συνέβαλαν στο να «δημιουργήσω εκ νέου» τον εαυτό μου.

Την προσπάθειά μου αυτή υποστήριξε ιδιαίτερα ο επιβλέπων καθηγητής μου, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω καθώς με συμβούλευε και με βοήθησε να φέρω εις πέρας την διπλωματική μου εργασία, λύνοντάς μου κάθε απορία που μου προέκυψε. Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου η οποία καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου με εμπύχωνε και με υποστήριζε προκειμένου να ολοκληρώσω τις σπουδές μου.

(Κενό φύλλο)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με την σύγχρονη μετρική που εμφανίστηκε πρόσφατα και είναι παρούσα σε πολλές εκφάνσεις της ζωής μας. Ειδικότερα ,στο πρώτο κεφάλαιο μελετάται η συσχέτιση του ΑοΙ με τις συσκευές ΙοΤ.Παράλληλα,προκειμένου να ανταποκριθούμε με επιτυχία σε πολλά χειρουργεία που είναι απαραίτητο να γίνουν εξ αποστάσεως χρειαζόμαστε την πιο πρόσφατη πληροφορία. Αυτό όπως όλοι γνωρίζουμε είναι πολύ σημαντικό να επιτευχθεί καθώς στη σύγχρονη εποχή λόγω των δύσκολων συγκυριών η πανδημία μας οδήγησε σε πολλές εξ αποστάσεως διαδικασίες. Σημαντικός τομέας που μελετάται είναι ο τομέας των δικτύων και των τηλεπικοινωνιών και συγκεκριμένα στα δίκτυα 5G, 4G. Τέλος, η οδική ασφάλεια επιτυγχάνεται ολοένα και περισσότερο μέσω των πιο προσφάτων ειδοποιήσεων σχετικά με τις πληροφορίες που λαμβάνουμε οι οποίες αφορούν κάποιο διερχόμενο όχημα τη δεδομένη χρονική στιγμή.

ABSTRACT

The present thesis concerns the development of the Age of Information metric with the contemporary metric which appeared in our days. In the first chapter presents the metric Age of Information through the IoT devices. Furthermore, this metric is very useful in many operating rooms in the long distance surgeries. Also, is very significant the most recent information in order to response successfully. This, as we all know, is very important to achieve as in modern times due to difficult times the pandemic has led us to many remote processes. An important area to be studied is the sector of networks and telecommunications and specifically in networks such as 5G or 4G. Finally, road safety is increasingly achieved through the most recent notifications about the information we receive according to a passing vehicle at a given time.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ : Δίκτυα Υπολογιστών, Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ : IoT (Internet of Things), κόμβος προορισμού (access point), primary/secondary user model, LCFS, non-preemptive CSMA, V2V, UAV, Markov Decision Process (MDP), CPS σύστημα, energy harvesting, BCE, πολιτική δεικτών Whittle, Blockchain, BCE, scheduling algorithm, MR Technology, Ad-Hoc, (H)ARQ, QoS, CMDP,

Peak Age of Information , CBR ,BSM, URLLC ,Mini Mental State Examination, average Age of Information, queue systems, DSS.

Πίνακας Περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ABSTRACT	9
IoT (ΕΞΥΠΝΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ) ΚΑΙ AoI	13
1.1 Δίκτυο IoT : ποιες συσκευές ενδεικτικά συναντούμε σε αυτό.....	14
1.2 Συσκευές IoT και βελτιστοποίηση του AoI	14
1.3 IoT και πως σχετίζεται με MDP (Markov Decision Process)	15
1.4 IoT δίκτυα και βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας	16
1.5 Δίκτυο IoT και κόμβος προορισμού	17
1.6 Peak Age of Information – A o I και access point	19
1.7 IoT και πολιτική εξυπηρέτησης LCFS	20
1.8 Primary User Model -Secondary User IoT.....	21
V2V (Vehicular communication systems)	23
2.1 Πόσο σημαντική είναι η φρεσκάδα των πληροφοριών σε ένα σύστημα V2V και σε ένα UAV;	25
2.2 Ποιες είναι οι πιο γνωστές τεχνικές για τη μείωση του AoI και ποια τεχνική συναντούμε στα ευφυή συστήματα μεταφορών;	25
2.3 Τι προτιμάται για την βέλτιστη ηλικία συλλογής των δεδομένων;	25
2.4 Οδική ασφάλεια, είναι ο στόχος των V2V οχημάτων.....	27
2.5 Πώς σχετίζεται το AoI με την επιτυχία ενός V2V συστήματος.....	27
2.6 Ποιο θα είναι το αποτέλεσμα μιας μη ενημερωμένης κατάστασης.....	28
2.7 Υποβρύχια συστήματα και ακριβής εντοπισμός θέσης, είναι κάτι τέτοιο εφικτό.....	30
2.8 Πώς μπορεί να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της κατανάλωσης ενέργειας.....	31
2.9 Ποια μοντέλα έχουν παρατηρηθεί στα V2V οχήματα;.....	32
2.10 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ (VEHICLE)	32
2.10.1 Λειτουργία των φαναριών ,γνωστή και ως beacon και πως σχετίζεται με το Age of Information ;	33
ΟΥΡΕΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ	34
3.1 Τι είναι μια πολιτική προγραμματισμού;	35
3.1.1 Πώς λειτουργεί πομπός-δέκτης και οργανώνει τα πακέτα μέσα σε ένα ασύρματο κανάλι επικοινωνίας	36
3.2 Υπάρχει συσχέτιση του AoI με τη χρονική σήμανση του λαμβανόμενου πακέτου	36
3.3 Πώς θα υπολογιστεί το AoI σε ουρές αναμονής όπως είναι οι εξής: LCFS και FCFS.	38

3.4 Διαδικασία άφιξης Markov (MDP)	39
3.5 G/G/1 , M/G/1 , M/G/1 (LCFS)	42
3.6 Πώς μπορούμε να υπολογίσουμε τη βέλτιστη ηλικία σε συστήματα FCFS	42
3.7 Πώς σχετίζεται το peak age of information με το συντελεστή μ (όπου μ είναι ο χρόνος εξυπηρέτησης)	43
3.8 Ουρές προτεραιότητας και πώς θα υπολογίσουμε το Peak Age of Information στις ουρές αναμονής	46
3.9 Πολιτική δεικτών Whittle ως μέσο βελτιστοποίησης του Aoi	47
3.10 Κωδικοποίηση, ως μέσο βελτιστοποίησης της μέσης ηλικίας	48
BLOCKCHAIN – ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΥΓΕΙΑ/ΣΑΚΧΑΡΟ	49
4.1.2 Πώς χρησιμοποιείται το blockchain-Με ποια τεχνολογία το συναντάμε συνήθως; ..	51
4.2. Ποια είναι η δομή του blockchain;	52
4.2.2 Πώς ορίζεται το Aoi στην τεχνολογία του blockchain;Συσχετίζεται με το δίκτυο BCE(Billing and Charging Evolution)	53
4.2.3 Πώς σχετίζεται ο κυβερνοχώρος με την μετρική Aoi και τι περιλαμβάνει ένα CPS σύστημα ;	56
4.6 Blockchain – πρακτικές εφαρμογές στο IoT	58
4.7 Ποια είναι τα οφέλη του blockchain και πως γίνεται η δικτύωση σε ένα δίκτυο IoT;.....	58
4.8 Πώς σχετίζεται το IoT και η ηλεκτρονική υγεία;.....	59
4.9 MR Technology, μία πολλά υποσχόμενη ιατρική μέθοδος για την ίαση πολλών ασθενειών	59
4.10 Ποιες είναι οι πρακτικές εφαρμογές του IoT στην καθημερινή πραγματικότητα;.....	60
4.11 Ποια συσχέτιση θα υπάρχει μεταξύ της δειγματοληψίας και του Aoi σε ένα κύκλωμα από κόμβους;	61
4.12 Βέλτιστο διάστημα δειγματοληψίας και IoT κόμβοι.....	61
URLLC	63
5.1 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΕ ΚΟΜΒΟ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ-ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ENERGY HARVESTING)	63
5.2. BROADCAST(ΕΚΠΟΜΠΗ) ΣΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ Aoi.....	65
5.3. ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΩΝ	68
5.4. AD HOC.....	70
5.5. ΕΙΣΑΓΩΓΗ : ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΚΑΙ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ-ΑΦΙΞΕΙΣ.....	71
5.6. (H)ARQ	72
5.7 5G ΚΑΙ 6G ΚΑΙ DYNAMIC SPECTRUM SHARING(DSS), ΓΕΝΙΚΑ ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΚΙΝΗΤΟ ΔΙΚΤΥΟ - QUALITY OF SERVICE.....	76
ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ-ΠΗΓΕΣ	82

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1.1 Απεικόνιση των στιγμιότυπων που έχουν ληφθεί επιτυχώς.	16
Εικόνα 1.2 αναπαράσταση των πιο πρόσφατων ενημερώσεων από την πηγή σε κόμβο προορισμού.	18
Εικόνα 1.3 Υπολογισμός του Aoi μέσω MONTE CARLO.	20
Εικόνα 1.4 Ανίχνευση της σύγκρουσης.	22
Εικόνα 2.1 Εισαγωγή στα V2V.	24
Εικόνα 2.2 UAV σύστημα.	26
Εικόνα 2.3 Πρότυπο IEEE 802.11p και ασφάλεια.	28
Εικόνα 2.4 Aoi και αριθμός των οχημάτων για ενδεχόμενο σύγκρουσης.	29
Εικόνα 2.5 Απεικόνιση AUV σε συνδυασμό με αισθητήρα.	32
Εικόνα 3.1 Σύστημα προορισμού-με πλήθος server.	36
Εικόνα 3.2 Πολιτική προγραμματισμού και μετατροπές πακέτου.	37
Εικόνα 3.3 Σταθμός Βάσης και κατανομή που ακολουθείται.	39
Εικόνα 3.4 Γραμμική αύξηση της ηλικίας του πακέτου από την πηγή στον προορισμό.	41
Εικόνα 3.5 Διαδοχικές συγκρίσεις των ουρών αναμονής συγκριτικά με το Aoi.	44
Εικόνα 3.6 Πιθανή απώλεια πακέτου και Aoi.	45
Εικόνα 3.7 Πολιτική δεικτών Whittle /Μείωση της μέσης ηλικίας.	47
Εικόνα 4.1 Προεκτάσεις του blockchain.	51
Εικόνα 4.2 Δομή του Blockchain.	52
Εικόνα 3.3 Aoi πως επιδρά με το μέγεθος block.	54
Εικόνα 4.4 Aoi και καθυστέρηση σε συνάρτηση με το μέγεθος του μπλοκ που μπορεί να είναι 10.	55
Εικόνα 4.5 Δομή ενός CPS συστήματος.	56
Εικόνα 4.6 Πως εξελίσσεται το Aoi για έναν αισθητήρα με την πάροδο του χρόνου.	58
Εικόνα 4.7 Τομείς της Ιατρικής που συντάται το Aoi.	60
Εικόνα 4.8 Αποτελέσματα δειγματοληψίας και παράγοντες που το επηρεάζουν.	61
Εικόνα 5.1 Τρεις κόμβοι και καθυστέρηση των ενημερώσεων διαδικασίας.	68
Εικόνα 5.2 D/D/1 system.	71
Εικόνα 5.3 Επαναμετάδοση ύστερα από ένα σφάλμα μετάδοσης.	73
Εικόνα 5.4 Σύστημα ενημέρωσης με θετική και αρνητική ανατροφοδότηση.	76
Εικόνα 5.5 Σύστημα mMURLC 6G δίκτυο.	77
Εικόνα 5.6 Aoi και Ethernet.	80
Εικόνα 5.7 Aoi και LTE σύνδεση.	80
Εικόνα 5.8 Aoi 3G σύνδεση.	80
Εικόνα 5.9 Aoi ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ 2G.	81

ΠΡΩΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

ΙοΤ (ΕΞΥΠΝΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ) ΚΑΙ ΑοΙ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σύγχρονος όρος « Διαδίκτυο των Αντικειμένων» χρησιμοποιείται μέσω εφαρμογών και διαφόρων αισθητήρων προκειμένου να μπορέσουμε να συσχετίσουμε τον όρο της φρεσκάδας της πληροφορίας. Ειδικότερα σε διάφορες συσκευές-αισθητήρες ανιχνεύονται διάφορες μεταβολές του περιβάλλοντος όπως είναι : τα επίπεδα της ρύπανσης του περιβάλλοντος καθώς και οι θερμοκρασιακές μεταβολές. Σε μία επόμενη φάση της λειτουργίας τους θα υπάρχουν οι ενημερώσεις που καταλήγουν σε έναν κόμβο προορισμού. Αξίζει να σημειωθεί πως ένας κόμβος πηγής επιλέγει ποια δείγματα θα φτάσουν στον προορισμό. Παρακάτω θα μελετήσουμε τη μέση ηλικία και η ηλικία αιχμής στις οποίες μπορεί να υπολογιστεί η μέτρηση του μέσου όρου που παρέχονται οι πληροφορίες για το ΑοΙ. Βέβαια όπως είναι αρκετά γνωστό στις ασύρματες επικοινωνίες υπάρχει ο περιορισμός του ενεργειακού κόστους όσο μελετούμε τις συσκευές ΙοΤ. Εκτός από αυτό θα αναφερθούμε στον προβληματισμό της «στοχαστικής βελτιστοποίησης» που μελετήθηκε εκτενέστατα . Παρακάτω καθώς θα προχωρούμε στις υποενότητες του κεφαλαίου θα συμπεράνουμε πως η τιμή του ΑοΙ θα μειώνεται ή θα αυξάνεται, γεγονός που θα αναλυθεί εκτενέστερα παρακάτω. Αξίζει να σημειωθεί πως κάθε αισθητήρας μπορεί και αποθηκεύει την πιο πρόσφατη ενημέρωση κάθε φορά. Εκτός από αυτό έχει παρατηρηθεί πως πολλές ενημερώσεις μπορούν να αποθηκεύονται σε πολλούς αισθητήρες γι'αυτό και πολλές ενημερώσεις που αποθηκεύονται μπορεί να συσχετίζονται. Εκτός από αυτό θα αναφερθούμε, στην ύπαρξη των έξυπνων πάρκινγκ με ένα σημείο πρόσβασης (access point) στο οποίο θα συλλέγονται οι πληροφορίες των κενών θέσεων που μπορούμε να έχουμε πρόσβαση. Παράλληλα θα μελετήσουμε στη συνέχεια τον όρο secondary user ΙοΤ ο οποίος εμφανίζεται κατά τη δειγματοληψία θα αποφασίσει αν θα κάνει την ενημέρωση κατάστασης ή όχι. Τέλος, θα μελετήσουμε πως θα επιδράσει το ΙοΤ όσον αφορά τον παράγοντα του χρόνου και της φρεσκάδας που μελετάμε σε συνδυασμό με τις πολιτικές προγραμματισμού όπως είναι το LGFS.

1.1 Δίκτυο IoT : ποιες συσκευές ενδεικτικά συναντούμε σε αυτό

Με τον όρο Διαδίκτυο των Αντικειμένων συμπεριλαμβάνονται οι αισθητήρες και γενικά οι συσκευές οι οποίες βρίσκονται σε μία γεωγραφική περιοχή και ανιχνεύουν τις μεταβολές του περιβάλλοντος όπως είναι για παράδειγμα οι μεταβολές που αφορούν τη θερμοκρασία και τα επίπεδα της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των δεδομένων φτάνουν στον κόμβο προορισμού θα το συναντήσουμε και ως μόνιτορ όπου εκεί υποβάλλονται τα αποτελέσματα στην τελική επεξεργασία. Για παράδειγμα, υπάρχει η ακρίβεια της επεξεργασίας που μπορεί να καθορίζει την πρόσφατη πληροφορία και την απόδοση ενός IoT κυκλώματος. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι υπάρχουν περιπτώσεις αισθητήρων στις οποίες η διάρκεια στην οποία ανιχνεύεται η θερμοκρασία ή η υγρασία του περιβάλλοντος, δηλαδή με άλλα λόγια το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να καταλάβει ο αισθητήρας τη διαφορά είναι αρκετά μεγάλη. Παράλληλα, σε άλλες εφαρμογές μπορεί το διάστημα αυτό να είναι αρκετά μικρό σε περιπτώσεις που ανιχνεύεται η ασφάλεια.[33]

1.2 Συσκευές IoT και βελτιστοποίηση του Aoi

Σε ένα σύστημα στο οποίο οι ενημερώσεις φτάνουν σε έναν κόμβο πηγής θα πρέπει να μεταδοθούν μέσω ενός ασύρματου δικτύου στον κόμβο προορισμού. Οι ενδεικτικές ενημερώσεις κατάστασης μεταδίδονται ως πακέτα και έχουν τη χρονική σήμανση για τον καθορισμό τους. Αξίζει να σημειωθεί, ότι ο χρόνος για την επιτυχή μετάδοση ενός πακέτου έχει εκθετική μορφή. Ένας κόμβος πηγής επιλέγει ποια δείγματα θα φτάσουν στον προορισμό. Ένας νέος όρος που εισάγεται στο σημείο αυτό και θα μας απασχολήσει ιδιαίτερα είναι η μέση ηλικία και η ηλικία αιχμής στην οποία «εμφανίζεται» ο μέσος όρος που παρέχονται οι πληροφορίες για το Aoi. Είναι σημαντικό να αναφερθεί, πως έχουμε ανάγκη μέτρησης της πρόσφατης πληροφορίας καθώς ο δέκτης αναζητά τις νέες πληροφορίες είτε για να ενημερωθεί για τη νέα κατάσταση που είναι χρήσιμη στην εποχή μας λόγω των αυξανόμενων απαιτήσεων των δικτύων αισθητήρων και της εξέλιξης του IoT. Για παράδειγμα, στα ασύρματα συστήματα απαιτείται η μετάδοση της κατάστασης των κόμβων μέσω των ενημερώσεων.

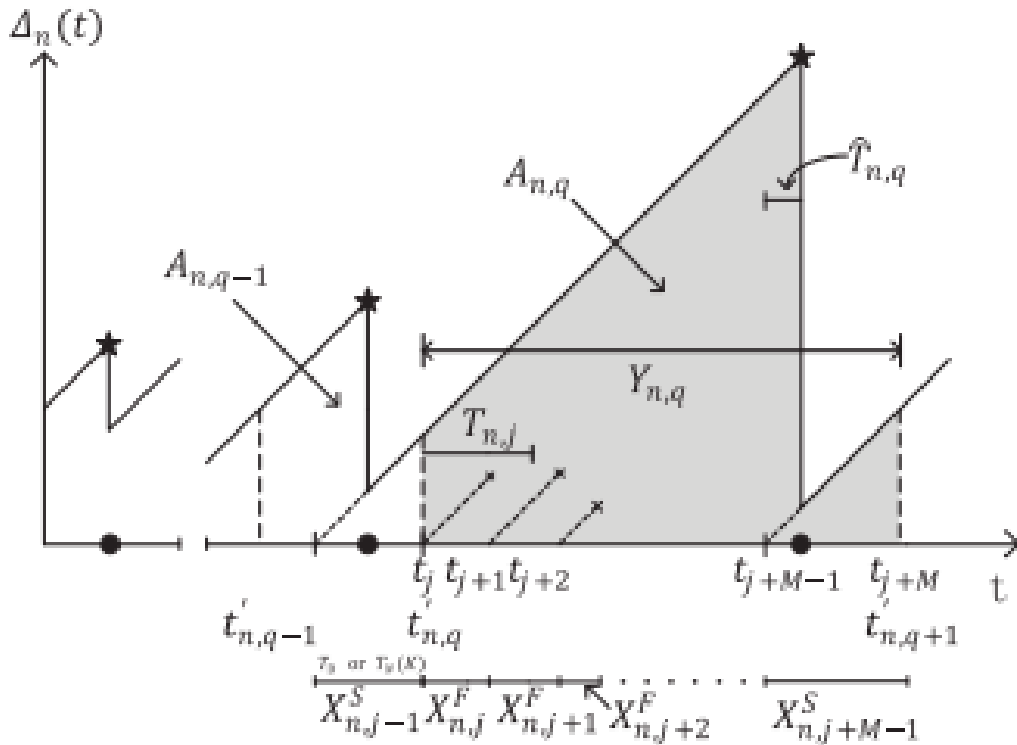
Η ραγδαία εξάπλωση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) είναι πολύ σημαντική και συναντάται σε τομείς όπως είναι η παρακολούθηση περιβάλλοντος σε δίκτυα αισθητήρων επίσης τα πακέτα

μεταδίδονται με τυχαίο χρόνο εξυπηρέτησης στο δίκτυο. Γι' αυτό το λόγο ένας αλγόριθμος που χρησιμοποιείται και είναι αρκετά γνωστός είναι ο αλγόριθμος της βέλτιστης πολιτικής για το CMDP.

1.3 IoT και πως σχετίζεται με MDP (Markov Decision Process)

Ένα ακόμη σημαντικό παράδειγμα μέτρησης της «ηλικίας» είναι η κατάσταση των χρηστών στα μέσα κοινωνικής με επιδιωκόμενο στόχο την ηλικία της τρέχουσας κατάστασης. Συνήθως, η κατάσταση αυτή που μόλις προαναφέρθηκε περιέχει πληροφορίες για τον χρόνο δημιουργίας του δείγματος. Υπάρχει περίπτωση να αναφέρεται ο χρόνος ως ντετερμινιστικός χρόνο υπηρεσίας, και ως περιοδική δειγματοληψία, αντίστοιχα. Το Aoi είναι πρακτικά ο χρόνος που έχει παρέλθει από τη δημιουργία του τελευταίου ληφθέντος δείγματος. απεικονίζοντας τις περιπτώσεις με ντετερμινιστικό χρόνο υπηρεσίας. Παράλληλα όσον αφορά τη διαχείριση πακέτων στην πηγή ,η ίδια λαμβάνει τυχαίες ενημερώσεις, αλλά υπάρχει πιθανότητα κάποια δείγματα να απορριφθούν πριν μεταδοθούν μέσω του δικτύου. Στην παρούσα ενότητα υπάρχει ένα σύστημα παρακολούθησης IoT που λαμβάνει δείγματα και στέλνει το πακέτο κατάστασης σε έναν δεδομένο προορισμό. Η βέλτιστη διαδικασία δειγματοληψίας και ενημέρωσης κατάστασης έχει σχεδιαστεί για να ελαχιστοποιεί τη μέση ηλικία πληροφοριών και να επιτευχθεί η ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης.[32]

Ενδεχομένως είναι αρκετά πιθανό το ενεργειακό κόστος και η χρονική καθυστέρηση και το ενεργειακό ενεργειακό κόστος που είναι ένας σημαντικός παράγοντας περιορισμού για τις συσκευές IoT. Υπάρχει ένα πρόβλημα «στοχαστικής βελτιστοποίησης» που μελετήθηκε εκτενέστατα καθώς μίας διαδικασίας απόφασης Markov χωρίς περιορισμούς (MDP). Ως αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής ήταν να βασιστούν στην κατάσταση Aoi του προορισμού και να καταλήγουνε στο συμπέρασμα οι ερευνητές πως ο μέσος όρος Aoi του προορισμού και η δειγματοληψία σχετίζονται αρκετά.[33]



Εικόνα 1.1 Απεικόνιση των στιγμιότυπων που έχουν ληφθεί επιτυχώς.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΑΡΑΠΑΝΩ

Βλέπουμε ότι τα στιγμιότυπα του χρόνου που έχουν ληφθεί επιτυχώς αναπαρίστανται με μια κουκκίδα ενώ τα στιγμιότυπα που καταφτάνουν πριν τη συσκευή «n» αναπαρίστανται με ένα «*».

1.4 ΙοΤ δίκτυα και βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας

Σε εργασίες τεχνητής νοημοσύνης μεταφέρονται πληροφορίες μέσω ενός πακέτου κατάστασης που χαρακτηρίζουν τη φρεσκάδα συνεπώς θα υπάρξει κάποια κατανάλωση ενέργειας. Παράλληλα, ενδέχεται να παρουσιάζεται μια χρονική καθυστέρηση για τη μετάδοσή τους προς τον κόμβο προορισμού. Μας ενδιαφέρει να δημιουργήσουμε ενημερωμένες καταστάσεις που θα παρέχονται εγκαίρως.

Σε κάθε IoT κύκλωμα υπάρχει ένας Σταθμός Βάσης (BS) μπορεί να προγραμματίσει τη μετάδοση της πιο πρόσφατης ενημέρωσης η οποία μπορεί να προέρχεται από μια συγκεκριμένη πηγή. Ανάλογα με το αν η πληροφορία – ενημέρωση είναι πρόσφατη τότε η τιμή του Aoi θα μειώνεται ή θα αυξάνεται. Κάθε αισθητήρας θα αποθηκεύει την πιο πρόσφατη ενημέρωση. Οι ενημερώσεις μπορούν να αποθηκεύονται σε πολλούς αισθητήρες γι'αυτό και πολλές ενημερώσεις που αποθηκεύονται μπορεί να συσχετίζονται. Για παράδειγμα , μία ενημέρωση από την Πηγή 1 μπορεί να είναι γνωστή τόσο στον αισθητήρα 1 όσο και στον αισθητήρα 2 ενώ αντίθετα η ενημέρωση από την Πηγή 2 μπορεί να είναι γνωστή μόνο στον αισθητήρα 2 .Ενημερωτικά αναφέρεται ότι υπάρχουν περιπτώσεις που γίνεται δειγματοληψία και μπορεί να υπάρχει σφάλμα εκτίμησης. Σε διάφορα διαστήματα προγραμματισμού, υπάρχουν διάφορες τιμές της τιμής (λ) . Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται πως ο άπληστος αλγόριθμος παρουσιάζει υψηλή απόδοση για $\lambda > 0,03$ επομένως καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η πολιτική ενημέρωσης παίζει ρόλο στη μείωση του Aoi σε κυκλώματα Internet of Things (IoT) που στοχεύουμε στην μικρότερη ηλικία των πληροφοριών, δεδομένου φυσικά ότι υπάρχει ασύρματη μεταφορά ενέργειας.

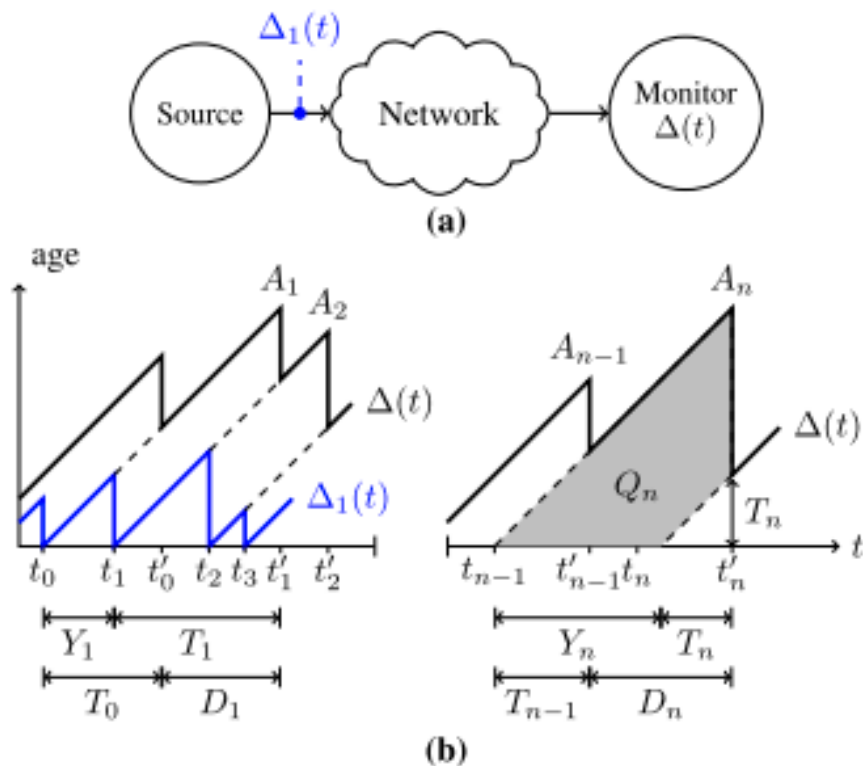
Παράλληλα στο σημείο αυτό, πρέπει να γίνει διάκριση της μέσης απόδοσης στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) που περιλαμβάνει αισθητήρες και ενεργοποιητές οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή .Έχει αναφερθεί πως τα δίκτυα IoT διαθέτουν περιορισμένη ενεργειακή κατάσταση καθώς πρόκειται για συσκευή στην οποία αυξάνεται η πιθανότητα της απώλειας των πακέτων γεγονός που αυξάνει το κίνδυνο των παρεμβολών και έτσι υπάρχει μείωση όσον αφορά τους πόρους του συστήματος. Μία ελκυστική λύση θεωρείται η συλλογή της ενέργειας μέσω των ραδιοσυχνοτήτων (RF) και είναι σημαντική για την τροφοδοσία συσκευών IoT. Σύμφωνα με τις έρευνες της επιστημονικής κοινότητας ,λοιπόν, το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας προσαρμόστηκε προς τα εκεί, δηλαδή ένα δίκτυο IoT, το οποίο τροφοδοτείται με RF.

1.5 Δίκτυο IoT και κόμβος προορισμού

Για να υπολογίσουμε το Aoi του πρόσφατα ληφθέντος πακέτου παρατηρούμε την ακρίβεια πρόβλεψης στην οθόνη (μόνιτορ).Μπορεί να παρατηρήσουμε μία μείωση της ηλικίας που εμφανίζεται σαν X_n .Η ποσότητα VoIU μας δείχνει πόσο μεγάλη είναι αυτή η μείωση συγκριτικά με το PAoi δηλαδή το VoIU που σχετίζεται με το πακέτο n είναι X_n/An . Σύμφωνα, με εκτενείς προσομοιώσεις είναι εφικτό να μεγιστοποιηθεί η απόδοση του συστήματος οδηγώντας στην

συνακόλουθη ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης που μελετούμε από άκρο σε άκρο .Συνεπώς , όπως συγκεκριμένα παρατηρείται: ένα δίκτυο IoT αποτελείται από έναν κόμβο προορισμού (π.χ. έναν κυψελοειδές σταθμό βάσης) και από K συσκευές IoT που θα είναι ευαίσθητες στις αλλαγές του περιβάλλοντος. Κάθε συσκευή IoT ,που παρατηρεί κάποιες φυσικές μεταβολές όπως είναι η θερμοκρασία και η υγρασία έχει έναν στόχο να παρατηρεί τις διαδικασίες αλλαγής ώστε να διατηρηθεί η φρεσκάδα.

Όπως αναφέρθηκε και από την προηγούμενη διαδικασία με τη συλλογή ενέργειας μέσω ραδιοσυχνότητων εκείνη η ενέργεια αποθηκεύεται σε μία μπαταρία με περιορισμένη χωρητικότητα. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται η αποθηκευμένη ενέργεια για τη μετάδοση πακέτων ενημέρωσης στον προορισμό και κάθε συσκευή IoT συλλέγει την ενέργεια μεταδίδοντας τα δεδομένα στην ανερχόμενη ζεύξη. Πιο συγκεκριμένα, μια ενημέρωση κατάστασης μπορεί να απορριφθεί όταν ληφθεί επιτυχώς από συγκεκριμένο αριθμό συσκευών IoT αφού οι παρωχημένες ενημερώσεις κατάστασης δεν γίνονται δεκτές στις συσκευές IoT. [33]



Εικόνα 1.2 αναπαράσταση των πιο πρόσφατων ενημερώσεων από την πηγή σε κόμβο προορισμού.

Παραπάνω βλέπουμε τις πρόσφατες ενημερώσεις από την πηγή σε έναν κόμβο προορισμού. Η οθόνη βλέπει τις ενημερώσεις και η διαδικασία $\Delta_1(t)$ επανέρχεται στη μηδενική κατάσταση.

1.6 Peak Age of Information – A o I και access point

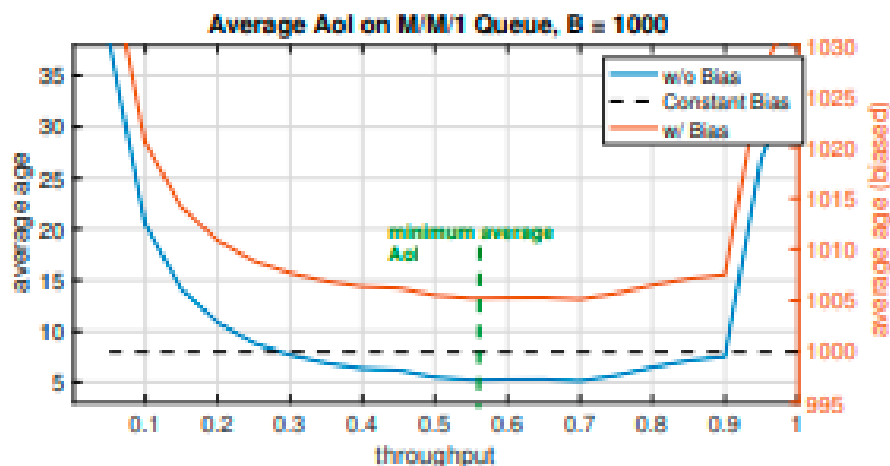
Η επίτευξη της επικαιρότητας της παράδοσης φρέσκων πληροφοριών σε πολλές συσκευές IoT είναι σημαντικό προσόν σε πολλές εφαρμογές IoT. Ενδεικτικά αξίζει να αναφερθούμε, σε ένα έξυπνο πάρκινγκ με ένα σημείο πρόσβασης (access point) το οποίο είναι σε θέση να συλλέγει συνεχώς τις πληροφορίες όλων των χώρων στάθμευσης και να μας ενημερώνει για τις θέσεις των κενών χώρων στάθμευσης. Επίσης, ένα ακόμη παράδειγμα δικτύου οχημάτων στέλνει ενημερώσεις κατάστασης δεδομένης της ασφάλειας μέσω των μηνυμάτων όπως μπορεί να είναι το φρενάρισμα έκτακτης ανάγκης καθώς και η θέση οχήματος όπως είναι η ταχύτητα και κατεύθυνση. Σε ένα επόμενο στάδιο αφού παρέλθει ο χρόνος από τη δημιουργία της πιο πρόσφατης ενημέρωσης κατάστασης που ελήφθη θα εξάγουμε κάποιες κατανομές του χρόνου υπηρεσίας για όλα τα πιθανά αποτελέσματα λήψης σε συσκευές IoT, προκειμένου να υπολογιστεί ο μέσος όρος του Age of Information και κατ' επέκταση και του peak age of information. Οι προσομοιώσεις οδηγούν σε χαμηλότερο μέσο όρο Age of Information και μπορεί να ελαχιστοποιηθεί η μέση (κορυφή) Age of Information και υπάρχουν διαφορετικοί αριθμοί έξυπνων συσκευών οι οποίοι μπορούν να υπολογίσουν μία ποικιλία υπηρεσιών. Αξίζει να σημειωθεί, πως η φρεσκάδα των πληροφοριών αναφέρεται στην χρονική διαφορά μεταξύ της τρέχουσας ώρας και της ώρας που παράγεται η πληροφορία γεγονός που είναι πιθανό να οδηγήσει στην σπατάλη πόρων.

Το peak Aoi αναφέρεται στη μέγιστη τιμή του Aoi αναφερόμενο σε μεταδόσεις με πολλαπλή εκπομπή σε ένα access point όπου μεταδίδει τις πληροφορίες που είναι ευαίσθητες στον χρόνο σε πολλές συσκευές IoT. Σε κάθε ενημέρωση προσπαθούμε να κατανοήσουμε τον αντίκτυπο των προθεσμιών κατά την εκτέλεση του Aoi όπου συναντάμε μία χρονική σήμανση. Εμείς για να μελετήσουμε την εξέλιξη του στιγμιαίου Aoi και τις συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας (PDF) του χρόνου υπηρεσίας χρησιμοποιώντας στατιστικά στοιχεία. Στη συνέχεια θα υπολογίσουμε το μέσο όρο του Aoi σε περιπτώσεις με τυχαία κατανεμημένες προθεσμίες και θα βελτιστοποιήσουμε την ασύρματη μεταφορά ενέργειας με στόχο να γίνει πιο αποδοτική η κατανάλωση ενέργειας στα μελλοντικά έξυπνα σπίτια. Όσον αφορά την εγκατάσταση στα συστήματα ενημέρωσης κατάστασης ένας κόμβος πηγής που δημιουργεί πακέτα ενημέρωσης και στη συνέχεια τα μεταδίδει τα πακέτα του συστήματος σε έναν κόμβο προορισμού.

1.7 IoT και πολιτική εξυπηρέτησης LCFS

Για τη μέτρηση του Aoi αρχικά είχε μελετηθεί σε δίκτυα single-hop δίκτυα. Βέβαια η απόδοση του Aoi έχει μελετηθεί σε δίκτυα multihop, όπου μία πηγή μεταδίδει έναν αριθμό ενημερώσεων σε ολόκληρο το δίκτυο. Σε αυτό το στάδιο καταλήγουμε πως η προληπτική πολιτική εξυπηρέτησης (LGFS) είναι βέλτιστη αφού ο χρόνος κατανέμεται εκθετικά και ελαχιστοποιεί την ηλικία της εργασίας. Τα πακέτα που είναι ευαίσθητα στην ηλικία θα παρέχονται σε έναν αναμεταδότη υπό το καθεστώς μιας συγκεκριμένης ουράς. Για τον λόγο αυτό προτάθηκαν διάφορες πολιτικές προγραμματισμού για την ελαχιστοποίηση του Aoi του. Αξίζει να σημειωθεί πως τα δίκτυα multihop μελετήθηκαν προκειμένου να υπάρχει μία σταθερή πολιτική ελαχιστοποιώντας το Aoi.

Ένα σύστημα IoT το οποίο χαρακτηρίζεται από τις ενημερώσεις κατάστασης μέσω του one-hop απαιτεί μικρότερο χρόνο αλλά με σημαντική πιθανότητα σφάλματος. Σε έναν σχεδιασμό ενός συστήματος απαιτείται μία επαλήθευση προκειμένου να εξασφαλιστεί αν η απόδοση του Aoi μπορεί να εξασφαλιστεί μέσα από τις παραμέτρους αυτές. Πιο συγκεκριμένα, με τα εξής χαρακτηριστικά συναντώνται δύο πρωτόκολλα Age-oriented Relaying (AoR) που έχει απλές δομές από την προοπτική της ελαχιστοποίησης του Aoi στο εξεταζόμενο σύστημα, δηλαδή το πρωτόκολλο AoR (SP-AoR) με προτεραιότητα στην πηγή και το πρωτόκολλο AoR με προτεραιότητα αναμετάδοσης (RP-AoR). Στο πρωτόκολλο SP-AoR, επαναμεταδίδονται οι ληφθείσες ενημερώσεις κατάστασης που δεν έχουν παραδοθεί σωστά στον προορισμό, αλλά σαν μειονέκτημα συναντάμε την ελάχιστη απόδοση με τη μείωση του Aoi σε ορισμένες περιπτώσεις.[34]



Εικόνα 1.3 Υπολογισμός του Aoi μεσω MONTE CARLO.

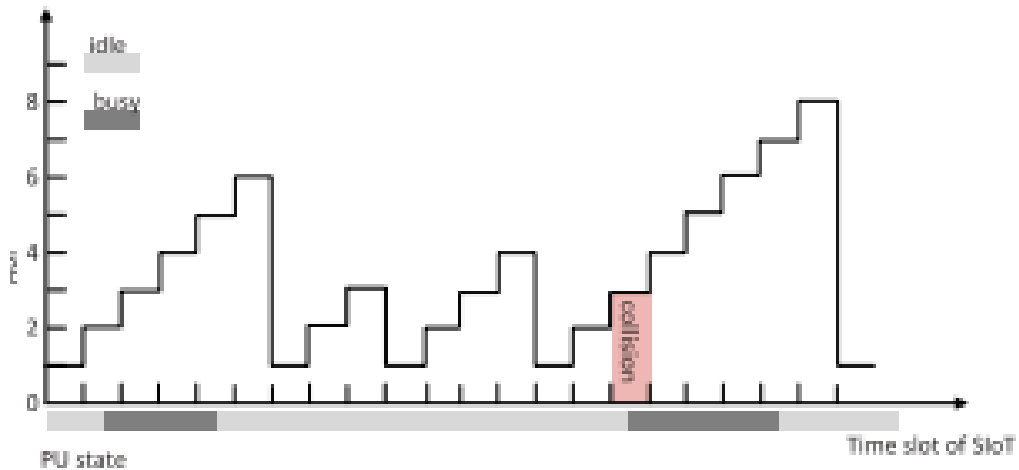
ΣΧΟΛΙΟ

Παραπάνω φαίνεται ο υπολογισμός του Aoi προσδιορίζοντας τα σφάλματα με τη μαθηματική μέθοδο MONTE CARLO.

1.8 Primary User Model -Secondary User IoT

Στο μέσο όρο του Aoi προκειμένου να βελτιστοποιήσουμε τα αποτελέσματα υπάρχουν κάποιες ενημερώσεις που ελαχιστοποιούνται όσο συχνότερα μπορεί να ελαχιστοποιήσει το πρωτόκολλο. Η προσομοίωση μπορεί να αποδείξει ότι τα προτεινόμενα πρωτόκολλα μπορούν να έχουν καλύτερη απόδοση όσον αφορά το Aoi βέβαια όμως όπως γνωρίζουμε αυτό θα εξαρτηθεί από πολλές παραμέτρους. Στο σημείο αυτό αρκεί να αναφερθούμε στην ευκολία που μας προσφέρει η μαρκοβιανή ακολουθία που συναντήσαμε σε παραπάνω υποενότητα. Ένα σύστημα IoT κόμβων που συγκεκριμένα αποτελείται από έναν κόμβο πηγής (S) στοχεύει στη μετάδοση της κατάστασης και μεταδίδει τις ενημερώσεις σε έναν κόμβο προορισμού (D) μέσω ενός κόμβου αναμετάδοσης (R). Σε όλα τα κανάλια που συναντάμε οι αποκρίσεις του καναλιού παραμένουν αμετάβλητες αλλά διαφέρουν ανεξάρτητα από ένα χρονικό διάστημα σε ένα άλλο. Ας πάρουμε για παράδειγμα ένα σύστημα με χρονοθυρίδα για το SIoT, όπου στο σύστημα αυτό θα ανιχνεύεται κάθε μεταβολή και ανάλογα θα βλέπουμε εάν το κανάλι είναι απασχολημένο. Αξίζει να σημειωθεί, ότι με βάση το αποτέλεσμα που θα ανιχνευτεί θα γίνει δειγματοληψία και ανάλογα με αυτήν την αλλαγή ο secondary IoT, όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία θα αποφασίσει αν θα κάνει την ενημέρωση κατάστασης ή όχι. Παράλληλα στο Cognitive Radio - IoT κυριαρχούν οι πρόσφατες ενημερώσεις φάσματος και επομένως αν ο Primary User (PU)[35] επιστρέψει στη μέση της όταν υπάρχει μια σύγκρουση. Η μέση ηλικία πληροφοριών (Aoi) σε ένα σύστημα παρακολούθησης IoT στο οποίο θα υπάρχει ο δευτερεύων χρήστης (Secondary IoT) επικοινωνεί με τον κύριο χρήστη (PU) για την έγκαιρη παράδοση ενημερώσεων κατάστασης όπου υπάρχουν ντετερμινιστικές πολιτικές. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως χρειάζεται να ανιχνευθεί η μέση απόδοση Aoi προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η ηλικία της πληροφορίας των πακέτων που μελετούμε.

Age of Information (Ηλικία της Πληροφορίας)



Εικόνα 1.4 Ανίχνευση της σύγκρουσης

ΌΠΟΥ ΕΝΝΟΕΙΤΑΙ ΤΟ “Secondary IoT” : SIoT

ΕΠΙΛΟΓΟΣ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ

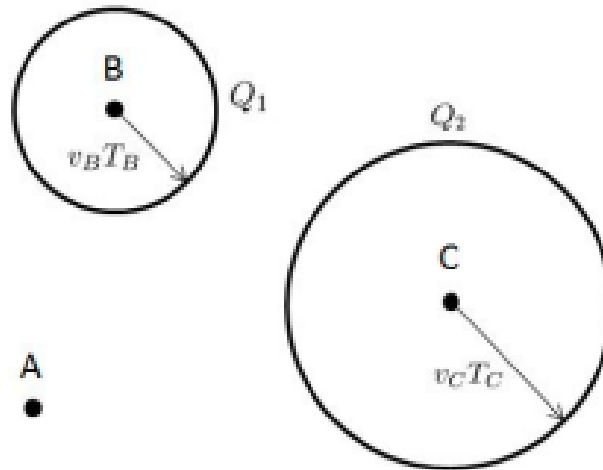
Συνοψίζοντας την ενότητα μελετήσαμε τον μέσο όρο του AoI το οποίο αφορά το σημείο που ελαχιστοποιούνται όσο συχνότερα μπορεί να ελαχιστοποιήσει το πρωτόκολλο. Η ραγδαία εξάπλωση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) είναι πολύ σημαντική και συναντάται σε τομείς όπως είναι η παρακολούθηση περιβάλλοντος σε δίκτυα αισθητήρων επίσης τα πακέτα μεταδίδονται με τυχαίο χρόνο εξυπηρέτησης στο δίκτυο. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται είναι ο αλγόριθμος της βέλτιστης πολιτικής για το CMDP. Σε μία επόμενη φάση της λειτουργίας τους θα υπάρχουν οι ενημερώσεις που καταλήγουν σε έναν κόμβο προορισμού. Αξίζει να σημειωθεί πως ένας κόμβος πηγής επιλέγει ποια δείγματα θα φτάσουν στον προορισμό. Παραπάνω μελετήσαμε τη μέση ηλικία και η ηλικία αιχμής στις οποίες μπορεί να υπολογιστεί η μέτρηση του μέσου όρου με τον συνακόλουθο περιορισμό του ενεργειακού κόστους όσο μελετούμε τις συσκευές IoT. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται είναι ο αλγόριθμος της βέλτιστης πολιτικής για το CMDP. Παρακάτω καθώς θα προχωρούμε στις υποενότητες του κεφαλαίου θα συμπεράνουμε πως η τιμή του AoI θα μειώνεται ή θα αυξάνεται, γεγονός που θα αναλυθεί εκτενέστερα παρακάτω. Παραπάνω έχει μελετηθεί πως τα κανάλια που εμφανίζουν λιγότερη διασπορά μπορεί να επιτύχει καλύτερη απόδοση AoI ως αν μετρήσουμε το τελευταίο αφικνούμενο IoT πακέτο. Παρατηρήσαμε ότι οι ενημερώσεις που αποθηκεύονται σε πολλούς αισθητήρες δημιουργούν πολλές ενημερώσεις που μπορεί να συσχετίζονται μεταξύ τους. Ενημερωτικά αναφέρεται ότι υπάρχουν περιπτώσεις που γίνεται δειγματοληψία και μπορεί να

υπάρχει σφάλμα εκτίμησης. Παρατηρούμε ότι η πολιτική ενημέρωσης παίζει ρόλο στη μείωση του Aol σε κυκλώματα Internet of Things (IoT) που στοχεύουμε στην φρεσκάδα των πληροφοριών, δεδομένου φυσικά ότι υπάρχει ασύρματη μεταφορά ενέργειας. Εκτός από αυτό σε θέματα που σχετίζονται με την τεχνητή νοημοσύνη θα υπάρξει κάποια κατανάλωση ενέργειας ή κάποια χρονική καθυστέρηση για τη μετάδοσή τους προς τον κόμβο προορισμού. Όπως είδαμε το ζητούμενο που μας απασχολεί είναι να δημιουργήσουμε ενημερωμένες καταστάσεις που θα παρέχονται εγκαίρως. Κάθε αισθητήρας θα αποθηκεύει την πιο πρόσφατη ενημέρωση. Βέβαια η απόδοση του Aol έχει μελετηθεί σε δίκτυα multihop, όπου μία πηγή μεταδίδει έναν αριθμό ενημερώσεων σε ολόκληρο το δίκτυο. Καταλήγουμε, λοιπόν πως όσον αφορά την προληπτική πολιτική εξυπηρέτησης (LGFS) είναι βέλτιστη αφού μέσω της εκθετικής κατανομής ελαχιστοποιείται η ηλικία της εργασίας που συμβαίνει τη δεδομένη χρονική στιγμή. Τέλος, όσον αφορά την ελαχιστοποίηση του Aol τα δίκτυα multihop μελετήθηκαν προκειμένου να υπάρχει μία σταθερή πολιτική ελαχιστοποιώντας το Aol.

ΔΕΥΤΕΡΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

V2V (Vehicular communication systems)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Εικόνα 2.1 Εισαγωγή στα V2V.

Η απαρχή των συστημάτων επικοινωνιών οχημάτων χρονολογούνται στη δεκαετία του 1970. Πιο συγκεκριμένα, υπήρχε η ανάγκη να ξεκινήσουν οι ενέργειες για τα έργα όπως (ERGS) δηλαδή το ηλεκτρονικό σύστημα καθοδήγησης διαδρομών τα πρώτα επιτεύγματα αυτής της τεχνολογίας συναντώνται στις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ιαπωνία αντίστοιχα. Παράλληλα στις αρχές της δεκαετίας του 1980 είχε εξελιχθεί ακόμη περισσότερο αυτή η τεχνολογία. Το σημαντικό που παρατηρούμε είναι ότι στις αρχές της δεκαετίας του 2000, ο όρος Vehicular Ad Hoc Network(VANET) εισήχθη ως εφαρμογή στον τομέα των οχημάτων. Σημαντική αρμοδιότητά μας στην παρούσα ενότητα είναι ο συγκερασμός της μετρικής (AoI) η οποία εισήχθη στις αρχές της δεκαετίας του 2010 για τον καθορισμό και την προσέγγιση της φρεσκάδας ενός συστήματος που μεταφέρει πληροφορίες. Για τον λόγο αυτό είναι αρκετά σημαντική η μεταφορά των πακέτων πληροφοριών καθώς χρειάζεται η έγκαιρη και έγκυρη επικοινωνία όσον αφορά την οδηγική ασφάλεια. Με αμείωτο ενδιαφέρον παρατηρούμε τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV) στα οποία καθίσταται σημαντική ανάγκη η αποφυγή της λήξης των μηνυμάτων. Στα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV) στα οποία καθίσταται σημαντική ανάγκη της αποφυγής της λήξης των ειδοποιήσεων καθώς μας απασχολεί η οδηγική ασφάλεια. Εκτός από αυτό, η ελαχιστοποίηση του AoI σε δίκτυα V2V απασχόλησε αρκετά την επιστημονική κοινότητα όπου έχει μελετηθεί αρκετά πως φτάνουν φτάνουν στην ουρά μετάδοσης τα πακέτα των δεδομένων. Άμεσος στόχος λοιπόν είναι πως οι επικοινωνίες Vehicle-to-Vehicle (V2V) οραματίζονται πως θα βελτιωθεί η οδική ασφάλεια στις σύγχρονες πόλεις μέσω της αυτο-παρακολούθησης να μπορούν να εντοπίζουν τις συντεταγμένες του.[22]

2.1 Πόσο σημαντική είναι η φρεσκάδα των πληροφοριών σε ένα σύστημα V2V και σε ένα UAV;

Στα συστήματα V2V χρειαζόμαστε υψηλή αξιοπιστία καθώς η ανακάλυψη σφαλμάτων και παραποιήσεων στο ασύρματο κανάλι σχετίζεται και με τη πιθανότητα παραβίασης που συνίσταται σε πιθανότητα σφάλματος αποκωδικοποίησης. Σε ένα σύστημα υπάρχει ένας πάροχος πληροφοριών ενημερώνει έναν δέκτη πληροφοριών (καταναλωτής πληροφοριών) με διάφορες ενημερώσεις.[40] Επομένως σε ένα σύστημα V2V απαιτούμε να υπάρχει έγκυρη ενημέρωση καθώς υπάρχει η ευθύνη της οδηγικής ασφάλειας. Αυτό βέβαια σχετίζεται και με την κατανομή των πόρων και της ενέργειας του ασύρματου καναλιού. Παράλληλα μία άλλη περίπτωση είναι το μη επανδρωμένο εναέριο όχημα (UAV)[30] παρουσιάζει διάφορα πλεονεκτήματα καθώς συνδυάζει την περιβαλλοντική παρακολούθηση με τη συνακόλουθη ανίχνευση των δεδομένων όπως είναι φυσικό.

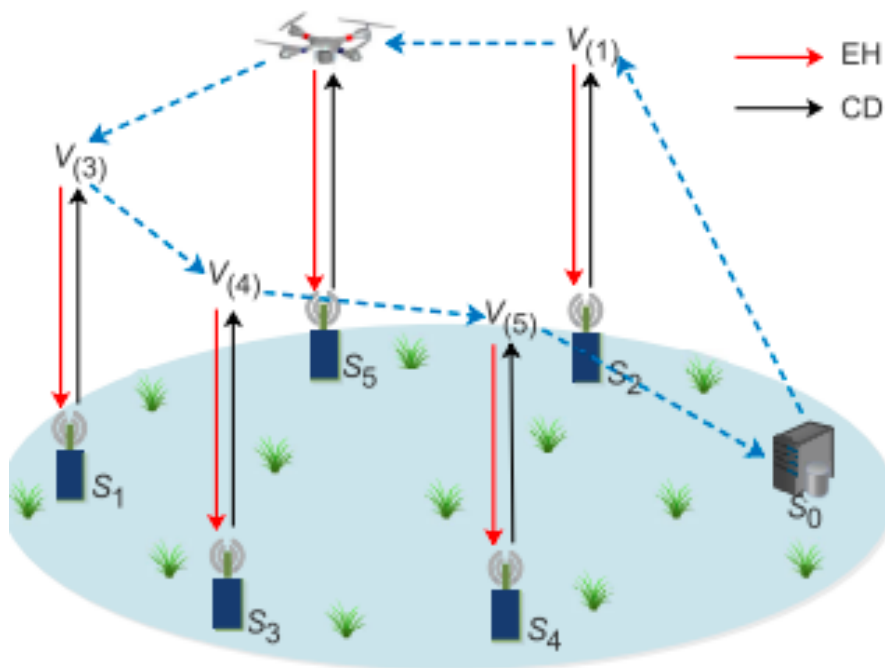
2.2 Ποιες είναι οι πιο γνωστές τεχνικές για τη μείωση του Aoi και ποια τεχνική συναντούμε στα ευφυή συστήματα μεταφορών;

Σε ένα εναέριο όχημα χρειαζόμαστε να μειώσουμε την ηλικία της πληροφορίας με τη διαρκή αύξηση της αξιοπιστίας και του χρόνου ολοκλήρωσης της αποστολής UAV. Στην προσπάθειά μας να μειώσουμε το Aoi δεν πρέπει να παραβιάσουμε το μήκος που έχει μια ουρά αναμονής. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται η θεωρία ακραίων τιμών (EVT) με τη συνακόλουθη εφαρμογή Lyapunov ως μέσο βελτιστοποίησης. Παράλληλα έχουν χρησιμοποιηθεί και διάφοροι αλγόριθμοι για να επιλυθεί το πρόβλημα της βελτιστοποίησης.

Η επικοινωνία Vehicular-to-Everything (V2X) είναι μία μορφή που χρησιμοποιείται ευρύτατα στα ευφυή συστήματα μεταφορών εκεί υπάρχει η δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των οχημάτων, οδικών μονάδων, πεζών και άλλες συναφείς οντότητες. Περιορισμός βέβαια που μπορεί να συναντήσουμε είναι το μέγεθος του πακέτου και το μέγεθος του μπλοκ όπως ξέρουμε από τη θεωρία του Shannon.[23]

2.3 Τι προτιμάται για την βέλτιστη ηλικία συλλογής των δεδομένων;

Προτείνεται η πολιτική σχεδιασμού τροχιάς ώστε να γίνεται ολοένα και πιο εφικτή η βελτιστοποίηση της ηλικίας και συγκεκριμένα η επαναληπτική διαδικασία δύο σταδίων. Αρχικά χρησιμοποιείται μία μέθοδος ομαδοποίησης με τα κατάλληλα σημεία συλλογής δεδομένων (CPs) και στη συνέχεια βρίσκονται οι μέγιστες τροχιές κυρίως μέσω του δυναμικού προγραμματισμού. Γνωρίζουμε πως τα UAV τα οποία ταξιδεύουν σε κυκλική τροχιά μπορούν να λειτουργήσουν ως κινητοί σταθμοί βάσης και επειδή διαθέτουν ελεγχόμενη κινητικότητα μπορούν να κινούνται όσο το δυνατόν πιο χαμηλά στο έδαφος. Παράλληλα, υπάρχει η δυνατότητα να εξοικονομηθεί ενέργεια και συλλέγουν τις πληροφορίες και υπάρχει η δυνατότητα να υπάρξει παράταση της διάρκειας ζωής του δικτύου. Εκτός από αυτό υπάρχουν αισθητήρες όπου ανατίθενται μία ξεχωριστή προτεραιότητα ανάλογα με τη θέση τους. Όπως και κάθε φορά, λοιπόν που μελετούμε τις ασύρματες επικοινωνίες έχουμε ως σημαντικό περιορισμό την ενέργεια με αποτέλεσμα κάτι τέτοιο να προκαλέσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας. Έχει μελετηθεί από αρκετούς ερευνητές η βέλτιστη πληροφορία της ηλικίας σε γραφήματα προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το μέγιστο Aoi. Η σχεδίαση των πολιτικών μετάδοσης όπως είδαμε παίζουν αρκετά σημαντικό ρόλο σε αυτό.



Εικόνα 2.2 UAV σύστημα.

Σχολιασμός

Παραπάνω πρόκειται για ένα μοντέλο συλλογής δεδομένων με τη βοήθεια UAV. «Το UAV ξεκινάει από το v_0 και στη συνέχεια, μεταβαίνει στο επόμενο CP u_1 , επομένως αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να ολοκληρωθεί η εργασία συλλογής δεδομένων». [23]

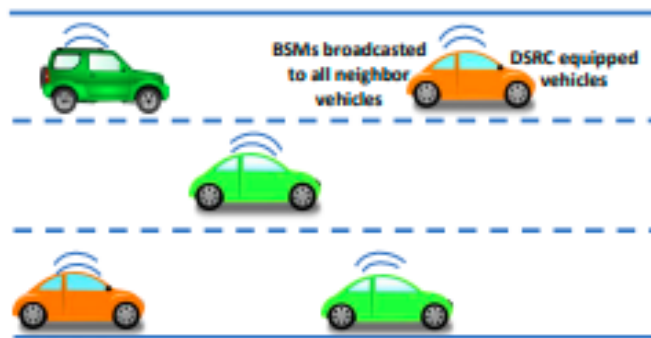
2.4 Οδική ασφάλεια, είναι ο στόχος των V2V οχημάτων

Άμεσος στόχος είναι η ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης και η πιο αποδοτική χρήση πολυμέσων. Ας πάρουμε για παράδειγμα ένα δίκτυο 802.11p V2V που επικοινωνεί χρησιμοποιώντας στις εφαρμογές ασφάλειας οι οποίες μπορεί να είναι η θέση και η ταχύτητα του οχήματος. Υπάρχουν περιπτώσεις που υπολογίζεται η διαφορά μεταξύ της πραγματικής θέσης ενός συγκεκριμένου οχήματος και της εκτιμώμενης τοποθεσίας προκειμένου να σταλούν οι κατάλληλες ειδοποιήσεις για τη θέση τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Ειδικότερα, θα είναι γνωστή η προειδοποίηση της σύγκρουσης και το ηλεκτρονικό φως των φρένων σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης και ο συναγερμός του οχήματος σε έκτακτες καταστάσεις. Είναι γνωστό πως οι επικοινωνίες Vehicle-to-Vehicle (V2V) οραματίζονται πως θα βελτιωθεί η οδική ασφάλεια στις σύγχρονες πόλεις του αύριο επιτρέποντας σε ένα όχημα που λαμβάνει με ακρίβεια τα μηνύματα να εντοπίζει με ακρίβεια τα υπόλοιπα οχήματα. Αξίζει να σημειωθεί πως υλοποιείται η αυτο-παρακολούθηση η οποία ανιχνεύει τον κίνδυνο της σύγκρουσης όπως είναι τα συστήματα BSM ελαχιστοποιώντας τον αριθμό των των συγκρούσεων. Όπως προαναφέρθηκε στα συστήματα αυτά η πληροφορία είναι φρέσκια και επίσης χαμηλότερο Age of Information σημαίνει ότι υπάρχουν πιο πρόσφατες σχετικά θα λέγαμε, πληροφορίες με αποτέλεσμα να κατανοούμε πως το Aoi είναι κάτι το ενδεικτικό για τη μέτρηση της απόδοσης των V2V τα οποία είναι ευαίσθητα στο χρόνο.

2.5 Πώς σχετίζεται το Aoi με την επιτυχία ενός V2V συστήματος

Αποτελεί κοινή διαπίστωση πως η ελαχιστοποίηση του Aoi σε δίκτυα V2V απασχόλησε αρκετά την επιστημονική κοινότητα και προτάθηκε ένας αλγόριθμος που ελέγχουν έναν κατανεμημένο ρυθμού εκπομπής σε ένα δίκτυο Dedicated Short Range Communication (DSRC) το οποίο πρέπει να ελαχιστοποιεί το τοπικά υπολογισμένο Aoi σε κάθε όχημα. Το γενικότερο συμπέρασμα είναι πως όσο πιο χαμηλό είναι το Aoi τόσο πιο καλές επιδόσεις θα έχουμε στα δίκτυα V2V. Κατόπιν αρκετών μελετών στο γράφημα της συνδεσιμότητας του δικτύου υπάρχει σχέση μεταξύ του μέσου συστήματος Aoi με την πυκνότητα οχήματος και με τα διαστήματα

εκπομπής. Ειδικότερα εισάγεται η έννοια του ελέγχου ρυθμού ως μέσο μείωσης του ΑοΙ σε οχήματα. Στο Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (ETSI) αναλύθηκε ο «αποκεντρωμένος έλεγχος συμμόρφωσης (DCC) αποδείχθηκε ότι το ΑοΙ σχετίζεται με το διάστημα εκπομπής του σε στόχο μια συγκεκριμένη αναλογία κατειλημμένου καναλιού (CBR)». [24]



Εικόνα 2.3 Πρότυπο IEEE 802.11p και ασφάλεια.

Σχολιασμός

Βλέπουμε πως κάθε όχημα χρησιμοποιεί ασύρματη τεχνολογία που υποστηρίζει τις εφαρμογές ασφάλειας οχημάτων σε δίκτυα V2V. Χρησιμοποιείται το υπάρχον πρότυπο IEEE 802.11p λόγω της ευρείας διαθεσιμότητας του IEEE κυρίως, λόγω της απόδοσης και της εξοικονόμησης του κόστους. Βέβαια παρακάτω θα δούμε ότι το πρότυπο 802.11p υπάρχει περίπτωση να οδηγήσει και σε καθυστερήσεις αλλά αυτό θα το αναφέρουμε σε επόμενο στάδιο.

2.6 Ποιο θα είναι το αποτέλεσμα μιας μη ενημερωμένης κατάστασης

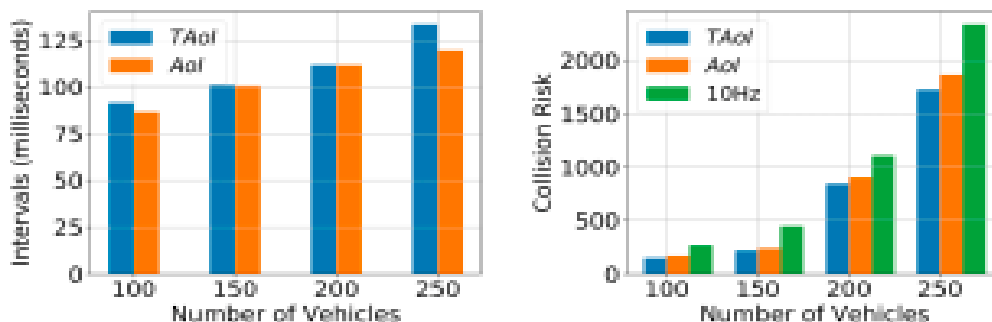
Όπως προαναφέρθηκε στην ακριβώς παραπάνω εικόνα οι μη πρόσφατα ενημερωμένες πληροφορίες υπάρχει πιθανότητα να μας πληροφορήσουν λάθος και αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι πληροφορίες μας να μην είναι ορθές. Άμεση απόρροια αυτού του γεγονότος, είναι ο κίνδυνος της οδικής ασφάλειας στο δρόμο. Αξίζει να αναφέρουμε, πως υπάρχει ένας μηχανισμός που μπορεί να υπολογίσει την τοποθεσία του οχήματος με βάση τη θέση και την κατεύθυνση του οχήματος. Ωστόσο σημαντικός περιορισμός και ίσως προβληματισμός της επιστημονικής κοινότητας είναι η σταθερότητα της κινητικότητας και γενικότερα της συμπεριφοράς του

αυτοκινήτου, διότι δεν θα μπορεί να εντοπιστεί και να του δοθούν οι απαραίτητες οδηγίες και επομένως θα οδηγηθούμε σε σφάλματα.

Η πολλαπλή πρόσβαση με αίσθηση φορέα είναι μία ανερχόμενη τεχνολογία ελέγχου πρόσβασης στο οποίο ανιχνεύεται η δυνατότητα της κίνησης και επομένως με αυτόν τον τρόπο μπορεί να ελαχιστοποιηθεί το ενδεχόμενο της σύγκρουσης. Σε ένα τέτοιο σύστημα πολλαπλής πρόσβασης (CSMA) ακολουθούμενο από 802.11p σε περίπτωση που οδηγηθούμε σε καθυστέρηση στην ουρά αναμονής θα προκληθεί καθυστέρηση της επικοινωνίας και συμβολίζεται με χ στο λαμβανόμενο όχημα v . Λόγω του Δ και του χ , οι πληροφορίες. Επομένως, η έλλειψη της ενημερωμένης πληροφορίας σε έναν δέκτη μπορεί να οδηγήσουν σε λάθος συντεταγμένη και κατ' επέκταση σε λάθος τοποθέτηση του v και έτσι λοιπόν το ζητούμενο όχημα δεν θα είναι δυνατό να εντοπιστεί με ακρίβεια και ορθότητα και κάτι τέτοιο θα πλήξει την οδηγική ασφάλεια στο δρόμο. [24]

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Εδώ βλέπουμε την πορεία τριών αυτοκινήτων που μετακινούνται σε τρεις πορείες και αναλύεται το Aoi και η πιθανότητα της σύγκρουσης. Επομένως, το σφάλμα παρακολούθησης στα οχήματα χρησιμοποιείται για την επίτευξη της οδικής ασφάλειας.



Εικόνα 2.4 Aoi και αριθμός των οχημάτων για ενδεχόμενο σύγκρουσης.

2.7 Υποβρύχια συστήματα και ακριβής εντοπισμός θέσης, είναι κάτι τέτοιο εφικτό

Το ζητούμενο στην εποχή μας όπου τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων παρουσιάζουν αύξηση καθώς όπως είδαμε παραπάνω μπορούν να ανιχνεύσουν την κίνηση ή τη σύγκρουση είναι η ενημερωμένη πληροφορία. Το Aoi είναι σχετίζεται με τις μετρήσεις απόδοσης δικτύου, όπως μπορεί να είναι η καθυστέρηση των πακέτων. Συγκεκριμένα Το Aoi χρησιμοποιείται για να περιγράψει το χρόνο που έχει παρέλθει από τη λήψη των τελευταίων δεδομένων που δημιουργήθηκαν από τον κόμβο προέλευσης προς τον προορισμό ο οποίος μετράει τον λανθάνοντα χρόνο της όλης διαδικασίας της συλλογής των πληροφοριών, με αρκετούς παράγοντες να δυσκολεύουν τις συσκευές IoT. Η παραπάνω δυσκολία έγκειται στο να εντοπίσουν με ακρίβεια τη θέση του υποβρύχιου περιβάλλοντος όπως το θολό υδατικό μέσο προκαλεί την αβεβαιότητα καθώς και η εξάπλωση Doppler που εισάγει καθυστέρηση. Επιπλέον σημαντικός παράγοντας όπως έχει αναφερθεί είναι η «ισχύς μετάδοσης της υποβρύχιας ακουστικής επικοινωνίας είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των ραδιοκυμάτων».[25]

Στις IoT συσκευές παράγονται δεδομένα και μεταδίδονται στο UAV μέσω του ασύρματου καναλιού και φτάνουν στην ουρά υπολογιστών και τέλος τα αποτελέσματα φτάνουν στην ουρά μετάδοσης. Στα αυτόνομα υποβρύχια οχημάτων (AUV) έχει προταθεί η αυτοοργάνωση του υποβρύχιου με τον συνακόλουθο αλγόριθμο της μάθησης ενίσχυσης επινοήθηκε από τους Wang et al. Αξίζει να σημειωθεί πως με τη χρήση των AUV στο IoUT, υπάρχει αύξηση στη διάρκεια ζωής των υποβρύχων κόμβων IoT. Άμεσα προκύπτει ότι μπορούμε να οδηγηθούμε σε σχετικά υψηλά Aoi. Είναι αρκετά σημαντικό να υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας τόσο των AUV όσο και των κόμβων IoT.

Έχουμε δει ότι στα παραδοσιακά ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN), ενδεχομένως να υπάρχει μία καθυστέρηση της άφιξης των πακέτων. Το Aoi στο σημείο αυτό χρησιμοποιείται για το μέτρο της περιγραφής του χρόνου που έχει παρέλθει. Σύμφωνα με ορισμένες πηγές αναφέρεται ότι υπολογίζεται «ο χρόνος από τη λήψη των τελευταίων δεδομένων που δημιουργήθηκαν από τον κόμβο προέλευσης στον κόμβο προορισμού, ο οποίος μετράει τον λανθάνοντα χρόνο της όλης διαδικασίας της συλλογής των πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένου του λανθάνοντος χρόνου στην ανίχνευση της διαδικασίας υπολογισμού»[25]. Οι δυσκολίες που προκύπτουν είναι ότι στα υποβρύχια συστήματα πάντα θα ερχόμαστε αντιμέτωποι με προκλήσεις όπως για παράδειγμα αναφέρθηκαν ενδεικτικά παραπάνω, ερχόμαστε εδώ να προσθέσουμε πως οι μπαταρίες κάτω από το νερό παρουσιάζουν μία δυσκολία όσον αφορά τη μελέτη τους. Επιπλέον

προβληματισμός που εισάγεται είναι το πρόβλημα της ενέργειας που μπορεί να αντιμετωπιστεί με τα μονοπάτια Hamilton.[25],[26]

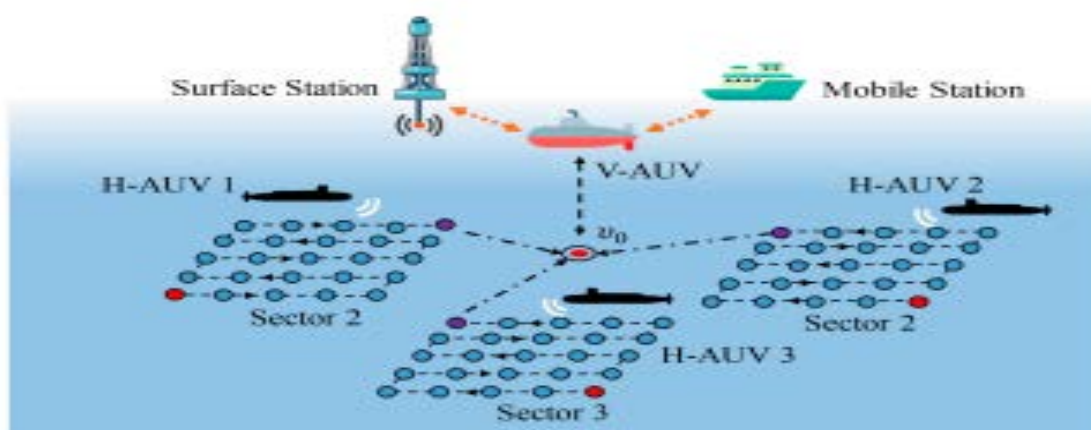
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Στις ασύρματες επικοινωνίες υπάρχουν σημαντικοί περιορισμοί είτε αυτοί μπορεί να οφείλονται στις παρεμβολές οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα να περιορίζουν τον αριθμό των ταυτόχρονων μεταδόσεων. Στο παρακάτω σχήμα που ακολουθεί βλέπουμε ότι για να ενημερωθεί η θέση του οχήματος πρέπει να μειωθεί η ταχύτητα του οχήματος. Συγκεκριμένα αναφέρεται πως :«Ορίζουμε το ποσοστό κινδύνου ενός οχήματος να είναι το κλάσμα του όταν το όχημα βρίσκεται στην περιοχή αβεβαιότητάς του και το δίκτυο το ποσοστό κινδύνου να είναι το κλάσμα του χρόνου που βρίσκεται ένα όχημα στην περιοχή αβεβαιότητας και μελετήστε τα ποσοστά κινδύνου».[25]

2.8 Πώς μπορεί να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της κατανάλωσης ενέργειας

Για τη βελτιστοποίηση του Aoi σχεδιάστηκε ένα μοντέλο περιορισμένης υπηρεσίας M/G/1 ουράς στο οποίο το βέλτιστο ανώτατο όριο του αριθμού των AUV που εξυπηρετούνται το οποίο όπως αναφέρεται : «γίνεται μια αντιστάθμιση μεταξύ της επικαιρότητας των υποβρύχιων πληροφοριών και την κατανάλωση ενέργειας των AUV»[26] . Έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι αλγόριθμοι μάθησης και συγκεκριμένα δεν απαιτείται σημαντική μαθηματική υποστήριξη όταν υπάρχει το RL γι' αυτόν τον λόγο λοιπόν βασιζόμαστε στην πρότερη γνώση του συστήματος στην απόκτηση βέλτιστου ελέγχου.Αξίζει να αναφερθεί πως σε ένα τυπικό πλαίσιο RL που η μέθοδος που βασίζεται στη μάθηση Q όπου επιλέγεται μία ενέργεια από το σύνολο των συνολικών ενεργειών που μπορούμε να διαλέξουμε.[26]

ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΦΑΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΕΚΤΕΝΕΙΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ:



Εικόνα 2.5 Απεικόνιση AUV σε συνδυασμό με αισθητήρα.

2.9 Ποια μοντέλα έχουν παρατηρηθεί στα V2V οχήματα;

Για επικοινωνίες V2V θα ερευνήσουμε το μοντέλο κινητικότητας του Μανχάταν που σύμφωνα με το οποίο ένα δίκτυο αποτελείται από ένα σταθερό σύνολο K ζευγών K οχημάτων μετάδοσης-λήψης χρήστη και μίας μονάδας δρόμου (RSU) και από τα VUE αναπτύχθηκε για να βοηθήσει με την επικοινωνία V2V. Όλα τα VUE που μοιράζονται σε ένα σύνολο N από N ορθογώνια μπλοκ πόρων (RBs). Συγκεκριμένα αναφέρθηκε ότι «κάθε ζεύγος VUE μπορεί να χρησιμοποιήσει μόνο ένα RB και ένα RB μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί από πολλούς».[28]

Στη συνέχεια το πρόβλημα της κατανομής των πόρων χρησιμοποιείται για την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας που υπόκειται σε περιορισμούς που παρατηρούνται στις επικοινωνίες V2V. Παράλληλα όμως μας απασχολεί να είναι αξιόπιστη η επικοινωνία μας μελετούμε την επίδραση του σφάλματος αποκωδικοποίησης λόγω πεπερασμένου μήκους μπλοκ. Αξίζει να σημειωθεί πως στο σημείο αυτό προτιμώνται οι επαναληπτικοί αλγόριθμοι όσον αφορά τη βελτιστοποίηση του προβλήματος. Αυτό συμβαίνει επειδή η μέγιστη βέλτιστη τροχιά AoI είναι η συντομότερη διαδρομή Hamiltonian που ξεκινά από την πρώτη CP έως το κέντρο δεδομένων, όπως παρουσιάζεται στο Θεώρημα 5.[28]

2.10 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ (VEHICLE)

2.10.1 Λειτουργία των φαναριών ,γνωστή και ως beacon και πως σχετίζεται με το Age of Information ;

Σίγουρα όπως είναι λογικό όσο μελετούμε ένα Διαδίκτυο των Οχημάτων (IoV) παίζει σημαντικό ρόλο το beacon, όπως βέβαια φαίνεται και στη βιβλιογραφία που βλέπουμε τις V2V επικοινωνίες. Αξίζει να σημειωθεί πάντως πως υπάρχει ένας περιορισμός όσον αφορά τον προγραμματισμό της εκπομπής beacon. Πρόκειται για μία εφαρμογή που απαιτεί χαμηλή καθυστέρηση και υψηλή αξιοπιστία που όπως συχνά αναφέρεται ως : «πρόκληση για δίκτυα επικοινωνίας οχημάτων υψηλής κινητικότητας». Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας Cellular-Vehicle-to-Every Thing (C-V2X) σε συνδυασμό με τα δίκτυα 5G κατέστησε δυνατό να υπάρχει μια επικοινωνία ανάμεσα στον σταθμό βάσης και στα γειτονικά οχήματα. Η ύπαρξη της χαμηλής τιμής Aol είναι σημαντικός παράγοντας καθώς εξαρτάται η εγκυρότητα των ενημερώσεων. Έχουν γίνει αρκετές μοντελοποιήσεις και έχουν γίνει διάφοροι σχεδιασμοί αλγορίθμων ,με στόχο τη βελτιστοποίηση της κατανομής των πόρων. Υπάρχουν επικοινωνίες που εφαρμόζεται το IEEE 802.11p στο οποίο εφαρμόζεται η υβριδική επικοινωνία οχημάτων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τρόπους βελτιστοποίησης και μπορεί να εφαρμόσει χαμηλότερο μέσο όρο Age of Information με τη μέθοδο Round-Robin . Συνεπώς η λειτουργία πολλαπλών καναλιών για περαιτέρω βελτίωση της χρήσης των πόρων είναι το ζητούμενο στην περίπτωση της λιγότερης κατανάλωσης ενέργειας.[29]

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Συνοψίζοντας την μελέτη μας στην παρούσα ενότητα είδαμε τον συγκερασμό της μετρικής (Aol) σε συνδυασμό με την κατασκευή των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (UAV). Όπως είδαμε στο Διαδίκτυο των Οχημάτων (IoV) παίζει σημαντικό ρόλο το beacon, όπως βέβαια φαίνεται και στη βιβλιογραφία που βλέπουμε τις V2V επικοινωνίες. Για τη βελτιστοποίηση του Aol σχεδιάστηκε ένα μοντέλου περιορισμένης υπηρεσίας M/G/1. Υπάρχουν διάφοροι αλγόριθμοι μάθησης όπου δεν απαιτείται σημαντική μαθηματική υποστήριξη όταν υπάρχει το RL και βασιζόμενοι στην πρότερη γνώση του συστήματος αναζητούμε τη βέλτιστη λύση. Σίγουρα χρειάζεται να μπορούμε να ανιχνεύσουμε την κίνηση ή τη σύγκρουση σε ένα σύστημα οχημάτων και απαραίτητο ζητούμενο είναι η ενημερωμένη πληροφορία. Το Aol είναι σχετίζεται με τις μετρήσεις απόδοσης δικτύου, όπως μπορεί να είναι η καθυστέρηση των πακέτων. καθορισμό και την προσέγγιση της φρεσκάδας ενός συστήματος που μεταφέρει πληροφορίες. Με αμείωτο ενδιαφέρον παρατηρούμε τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV) στα οποία καθίσταται σημαντική ανάγκη της αποφυγής της λήξης των μηνυμάτων καθώς πρόκειται για το σημαντικό μας θέμα που είναι η οδική ασφάλεια. Είναι πλέον γεγονός πως η ελαχιστοποίηση

του Age of Information σε δίκτυα V2V απασχόλησε αρκετά την επιστημονική κοινότητα και προτάθηκαν σημαντικοί αλγόριθμοι. Οι επικοινωνίες Vehicle-to-Vehicle (V2V) οραματίζονται πως θα βελτιωθεί η οδική ασφάλεια στις σύγχρονες πόλεις του αύριο επιτρέποντας σε ένα όχημα που λαμβάνει με ακρίβεια τα μηνύματα να εντοπίζει με ακρίβεια τα υπόλοιπα οχήματα αυτό υλοποιείται κυρίως μέσω της αυτο-παρακολούθησης. Τέλος, στα συστήματα αυτά η πληροφορία είναι φρέσκια και επίσης χαμηλότερο Age of Information σημαίνει ότι υπάρχουν πιο φρέσκες πληροφορίες με αποτέλεσμα να κατανοούμε πως το Age of Information είναι κάτι το ενδεικτικό για τη μέτρηση της απόδοσης των V2V τα οποία είναι ευαίσθητα στο χρόνο.

ΤΡΙΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΟΥΡΕΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ

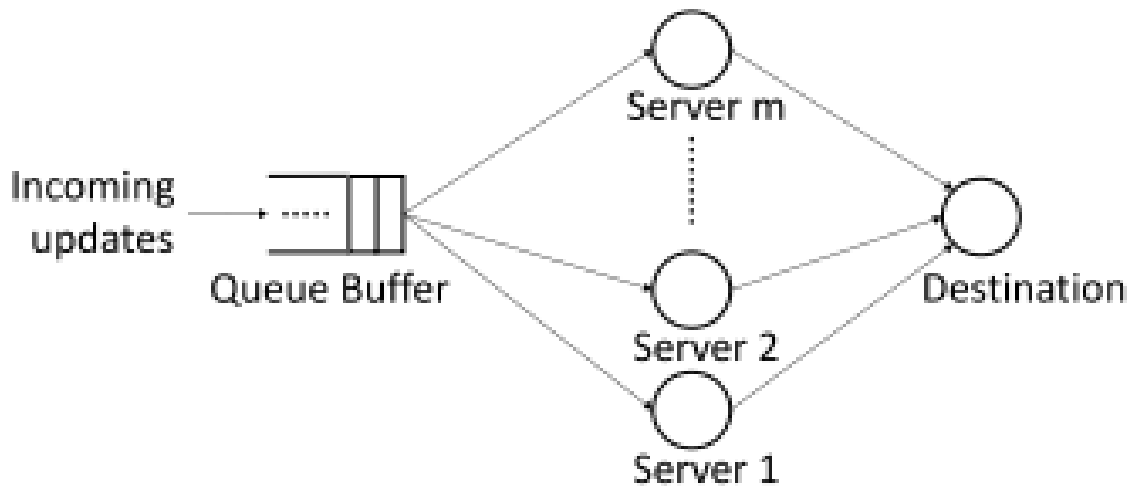
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα ενότητα θα μελετήσουμε τη φρεσκάδα των πληροφοριών μέσω του μοντέλου ουράς πολλαπλών πηγών M/G/1 first-come first-served (FCFS), όπου εντάσσεται ευρύτερα στην κατηγορία των κατανομών Poisson. Άλλα μοντέλα ουράς είναι τα εξής : M/M/1 και M/G/1. Εμείς με βάση τη χρονική σήμανση που βλέπουμε στην οθόνη θα μελετήσουμε και θα συγκρίνουμε την ηλικία της πληροφορίας. Ενδεικτικά εμείς ερχόμαστε αντιμέτωποι με διάφορες καταστάσεις όπου χρησιμοποιούνται οι δορυφορικές εικόνες όπως χρησιμοποιούνται και στα δελτία ειδήσεων. Μέσω των στοχαστικών υβριδικών διαδικασιών θα αναφερθούμε σε συγκεκριμένο μοντέλο αναμονής όπως είναι για παράδειγμα το M/M/1 προκειμένου να υπολογίσουμε τον μέσο όρο της ηλικίας. Για παράδειγμα υπάρχουν ενδεικτικά παραδείγματα ουρών αναμονής που θα συναντήσουμε παρακάτω όπως το M/G/1 και μοντέλο ουράς πολλαπλών πηγών M/G/1/1. Ειδικότερα τα αποτελέσματα καταγράφονται στη βάση δεδομένων καταγραφής στην οποία με την πάροδο του χρόνου δημιουργείται ένα πακέτο με τη χρονική του σήμανση Προκειμένου να υπάρχει συντονισμός και να εξασφαλιστεί η εύρυθμη λειτουργία των συστημάτων ελέγχου χρειάζεται να υπάρχουν μετρήσεις οι οποίες θα εξασφαλιστούν μέσω των διαφορετικών αισθητήρων. Θα κατανοήσουμε τη σχέση μεταξύ των κατανομών του Age of Information, της κορυφής Age of Information καθώς και της καθυστέρησης του σήματος που σίγουρα θα υπάρχει αφού πρόκειται για

ασύρματη επικοινωνία συστήματος. Βασιζόμενοι στους μετασχηματισμούς Laplace θα ερευνήσουμε τις κατανομές της κορυφής Aoi που υπάρχουν στις ουρές αναμονής FCFS M/GI/1 και GI/M/1 παρατηρώντας το μέγιστο του Aoi, για τα συστήματα αναμονής D/G/1. Τα δομικά στοιχεία ενός συστήματος ενημέρωσης πληροφοριών είναι μια πηγή πληροφοριών εξοπλισμένη με αισθητήρα και με μια οθόνη. Εμείς με βάση τη χρονική σήμανση που βλέπουμε στην οθόνη θα μελετήσουμε και θα συγκρίνουμε την ηλικία της πληροφορίας. Συνεπώς είναι αρκετά σημαντικό να αναφερθούμε στο καίριο ερώτημα που μας απασχολεί και αυτό δεν είναι άλλο πέρα από το πόσο χρόνος απαιτείται για να φτάσει η πληροφορία στον τελικό δέκτη. Θεωρούμε ένα ασύρματο δίκτυο με σταθμό βάσης που εξυπηρετεί πολλαπλές ροές κυκλοφορίας σε διαφορετικούς προορισμούς.

3.1 Τι είναι μια πολιτική προγραμματισμού;

Όταν θέλουμε να ορίσουμε μια πολιτική προγραμματισμού, θα συμβολιστεί με «π» ελέγχοντας κάθε φορά αν η χωρητικότητα του buffer της ουράς και συνάμα ελέγχοντας τις επαναλήψεις που γίνονται ανά τη μονάδα του χρόνου. Θεωρούμε πως «ο χρόνος παράδοσης του πακέτου στον προορισμό c_i είναι συνάρτηση της πολιτικής προγραμματισμού π , ενώ οι ακολουθίες $\{s_1, s_2, \dots\}$ και $\{a_1, a_2, \dots\}$ δεν αλλάζουν σύμφωνα με την πολιτική προγραμματισμού». Κάνοντας μία παραδοχή θεωρούμε ότι οι χρόνοι εξυπηρέτησης πακέτων είναι αμετάβλητοι της πολιτικής προγραμματισμού και η ολοκλήρωση του πακέτου που μελετούμε είναι άγνωστη μέχρι να ολοκληρωθεί η εξυπηρέτησή του (εκτός εάν ο χρόνος υπηρεσίας είναι ντετερμινιστικός). Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό αυτής της μετρικής είναι ο χρόνος του πακέτου που παραδόθηκε πιο πρόσφατα στον προορισμό. [38] Αντίστοιχα, η καθυστέρηση πακέτων μετρά το χρονικό διάστημα μεταξύ της δημιουργίας ενός πακέτου και της παράδοσής του. Ως αιτιώδεις πολιτικές ορίζουμε εκείνες που οι αποφάσεις εξαρτώνται από την τρέχουσα κατάσταση του συστήματος. Σε αντίθετη περίπτωση ορίζονται ως μη αιτιώδεις πολιτικές είναι εκείνες οι πολιτικές των οποίων που εξαρτώνται από την τρέχουσα κατάσταση του συστήματος. [13]



Εικόνα 3.1 Σύστημα προορισμού-με πλήθος server.

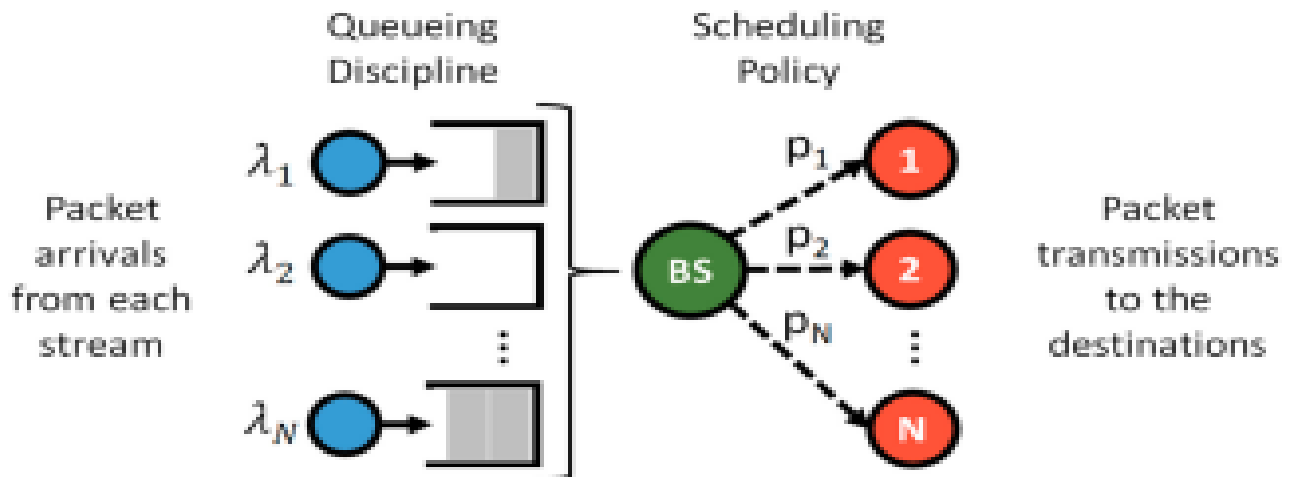
3.1.1 Πώς λειτουργεί πομπός-δέκτης και οργανώνει τα πακέτα μέσα σε ένα ασύρματο κανάλι επικοινωνίας

Ο πομπός λαμβάνει πανομοιότυπα πακέτα ενημέρωσης της κατάστασης που δημιουργούνται και παίρνει η διακριτές τιμές. Τα πακέτα ενημέρωσης κατάστασης αποστέλλονται στον δέκτη μέσω ενός αθόρυβου καναλιού χωρίς σφάλματα. [14]

3.2 Υπάρχει συσχέτιση του ΑοΙ με τη χρονική σήμανση του λαμβανόμενου πακέτου

Στόχος της επιστημονικής κοινότητας είναι η επιτυχής ανακάλυψη των πολιτικών του προγραμματισμού οι οποίες θα διατηρούν το ΑοΙ μειωμένο καθώς έτσι θα διατηρείται η φρεσκάδα της πληροφορίας. Βασικό μέτρο της ηλικίας μιας πληροφορίας είναι η χρονική σήμανση που αποκτάται από μία χρονοσφραγίδα με βάση τη χρονική στιγμή που έφτασε αυτό το πακέτο στον προορισμό. Υπάρχει άμεση συσχέτιση της χρονοσφραγίδας των πακέτων, κάθε φορά που είναι έτοιμα να αποσταλούν, αυτής με την ποσοτικοποίηση του ΑοΙ καθώς η τιμή του ΑοΙ μπορεί ανάλογα να αυξηθεί ή να μειωθεί ανάλογα με τη στιγμή που λήφθηκε το πακέτο.

Παρακάτω παρεμβάλουμε μία αναπαράσταση του σχήματος ενός ασύρματου δικτύου με ένα σταθμό βάσης που φτάνουν πακέτα με μία στοχαστική διαδικασία όπου υπάρχει ένα κανάλι με διαφορετικούς προορισμούς.[15]



Εικόνα 3.2 Πολιτική προγραμματισμού και μετατροπές πακέτου.

Υπάρχουν βασικά κριτήρια που μελετούμε για τις πολιτικές προγραμματισμού και ένα από αυτά είναι η ένδειξη που φανερώνεται όσον αφορά το AoI δηλαδή αν παρουσιάστηκε κάποια μείωση στην ποσότητά του, κάτι που θα γίνει σαφέστερο παρακάτω. Σε αρκετές μετρήσεις που έχουν γίνει σε ενδεικτικά παραδείγματα ουρών αναμονής και στοχαστικών διαδικασιών όπως είναι : $M/M/1$, $M/D/1$ και $D/M/1$ θα υπολογίσουμε τις πληροφορίες που έφτασαν στον προορισμό ως $\Delta(t) = t - U(t)$ όπου $U(t)$ η χρονική στιγμή που δημιουργήθηκαν. Έτσι, μια πολιτική προγραμματισμού πρέπει να λαμβάνει υπόψη τόσο το Age of Information στους προορισμούς όσο και τις χρονικές σφραγίδες των πακέτων που είναι διαθέσιμα για μετάδοση σε κάθε ουρά. Ειδικότερα εμείς θα λάβουμε υπόψιν τη χρονική σήμανση προκειμένου να το συμπεράνουμε αυτό. Υπάρχουν ροές ανάλογα, που θα εξυπηρετούν το μέγιστο AoI ή άλλες που παρουσιάζουν πτωτική μεταβολή στο AoI. Πρέπει να συμπεράνουμε τις ιδιότητες του AoI σε ένα σύστημα αναμονής όταν παρουσιάζουν ομοιότητες με τις χρονοσφραγίδες των πακέτων τους. Η καθυστέρηση ορίζεται ως την ποσότητα του X_n που ισούται με την καθυστέρηση του συστήματος. Καταλήγουμε σε συμπεράσματα πως η LGFS πολιτική έχει ένα βέλτιστο αποτέλεσμα για την ηλικία των δεδομένων όπου ο χρόνος θα έχει εκθετική μορφή. Είναι επιτακτική ανάγκη, λοιπόν, να γνωρίζουμε πως σε αρκετά συστήματα επικοινωνίας όπως μπορεί

να είναι τα αυτόνομα οχήματα που θα μελετήσουμε σε άλλη ενότητα πιο διεξοδικά να μελετήσουμε την κατάσταση των σημάτων.[3]

Στα ακόλουθα συστήματα με ουρές αναμονής όπως τα M/M/1, M/D/1 και D/M/1 με πολιτική πρώτης παρέλευσης προτεραιότητας (FCFS) μελετάται συνήθως ,ο μέσος όρος Aoi και η κορυφή Aoi.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ -ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

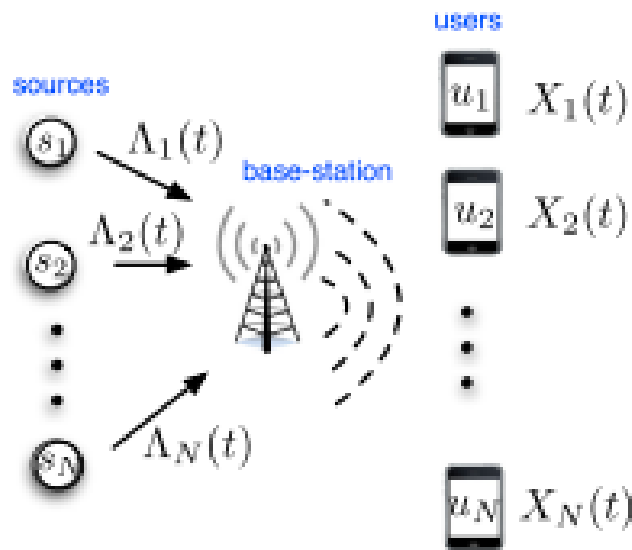
Το Aoi ορίζεται ως $\Delta(t) = t - U(t)$, το οποίο απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα. Εφόσον τα πακέτα φτάνουν κάθε b (sec), έχουμε ότι $S_k = b_k \cdot D_k$ είναι επίσης η χρονική περίοδος κατά την οποία ο προορισμός λαμβάνει το πιο πρόσφατο πακέτο. u_k είναι ο χρόνος εξυπηρέτησης του k -ου πακέτου που περιμένει στην ουρά. Το u_k υπακούει σε μια γενική κατανομή με πεπερασμένο μέσο όρο. Στα συστήματα με ουρές αναμονής όπως τα M/M/1, M/D/1 και D/M/1 με πολιτική πρώτης παρέλευσης προτεραιότητας (FCFS) μελετάται συνήθως ,ο μέσος όρος Aoi και η κορυφή Aoi.

3.3 Πώς θα υπολογιστεί το Aoi σε ουρές αναμονής όπως είναι οι εξής: LCFS και FCFS.

Αρχικά υπάρχει περίπτωση η ουρά LCFS να ακολουθήσει μια κατανομή γάμμα. Προκειμένου να αναλύσουμε την πιθανότητα κατανομής του Aoi θα συγκρίνουμε την απόκλιση που θα έχει από τη μέση τιμή του που έχουμε υπολογίσει. Σε συστήματα ουρών αναμονής όπως είναι FCFS και LCFS χρειάζεται να κατανοήσουμε τη καθυστέρηση της πληροφορίας και θα υπολογίζουμε τις κατανομές του Age of Information καθώς και τη μέση καθυστέρηση του σήματος μεταξύ των δύο διαδοχικών αφίξεων.[16]

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στόχος των αλγορίθμων είναι η ελαχιστοποίηση του μέσου όρου της ηλικίας, δηλαδή του average age of information. Έτσι, μια πολιτική προγραμματισμού πρέπει να λαμβάνει υπόψη τόσο το Aoi στους προορισμούς όσο και τις χρονικές σφραγίδες των πακέτων που είναι διαθέσιμα για μετάδοση σε κάθε ουρά. Ειδικότερα εμείς θα λάβουμε υπόψη τη χρονική σήμανση προκειμένου να το συμπεράνουμε αυτό. Υπάρχουν ροές ανάλογα που θα εξυπηρετούν το μέγιστο Aoi ή άλλες που παρουσιάζουν πτωτική μεταβολή στο Aoi.[17]



Εικόνα 3.3 Σταθμός Βάσης και κατανομή που ακολουθείται.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το Fig.2 αποτελείται από ένα σταθμό βάσης και N χρήστες οι οποίοι είναι αντίστοιχα οι U_1, U_2, U_3 κλπ. Οι πληροφορίες μεταδίδονται μέσω του σταθμού βάσης (BS) σε μορφή πακέτων που φτάνουν σε αυτό στην αρχή κάθε υποδοχής και κατά την άφιξή τους στο σταθμό βάσης θα ακολουθούν κατανομή Bernoulli.[17]

3.4 Διαδικασία άφιξης Markov (MDP)

Έχει αποδειχθεί ότι η διαδικασία άφιξης Markov παρέχει την βέλτιστη λύση για την ηλικία βέβαια όμως με αρνητικό στοιχείο να είναι η αδυναμία υποστήριξης για μεγάλο πλήθος χρηστών. Στους αλγορίθμους χρονοπρογραμματισμού καθώς και στον σχεδιασμό των νέων αλγορίθμων κύριος στόχος είναι ο υπολογισμός της βέλτιστης ηλικίας. Στον μη προληπτικό τομέα υπηρεσιών LCFS, από την άλλη πλευρά, τα πακέτα που φτάνουν πρέπει να περιμένουν μέχρι την ολοκλήρωση της διαδικασίας που γίνεται στη δεδομένη χρονική στιγμή.

Στην περίπτωση που στοχεύουμε στη βελτιστοποίηση των αλγορίθμων περιλαμβάνεται ο προβληματισμός εύρεσης του μέσου κόστους. Στα μαθηματικά η διαδικασία απόφασης Markov είναι ένα μαθηματικό μοντέλο διακριτού χρόνου που εντάσσεται στον δυναμικό προγραμματισμό και χρησιμοποιείται σαν μία διαδικασία μελέτης των προβλημάτων του ελαχίστου χρόνου παράλληλα η διαδικασία MDP παρουσιάζει μία ασυμπτωτική αναπαράσταση.

Όσον αφορά τον βέλτιστο ρυθμό δειγματοληψίας απόδοσης καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η άφιξη των εύστοχων ενημερώσεων του συστήματος ενδέχεται να μην οδηγήσουν στην ελαχιστοποίηση της μέσης ηλικίας των απαιτητικών τυχαίων αφίξεων των πληροφοριών. Κάνοντας μια ανασκόπηση των διαδικασιών που έχουν εφαρμοστεί κατά καιρούς κάνουμε λόγο για την εύρεση πολιτικών του προγραμματισμού προκειμένου να βελτιστοποιηθούν οι περιοδικές και οι τυχαίες αφίξεις.

Το peak Aoi και της καθυστέρησης αναλύεται μέσω των διαδικασιών που μελετούμε στη θεωρία ουρών και έτσι καταλήγουμε στην επίγνωση των ιδιοτήτων του Aoi.

Διακρίνονται οι ακόλουθες τέσσερις πολιτικές :

- A) FCFS.
- B) LCFS.
- Γ) Preemptive LCFS με απόρριψη.
- Δ) Non- preemptive LCFS χωρίς απόρριψη.

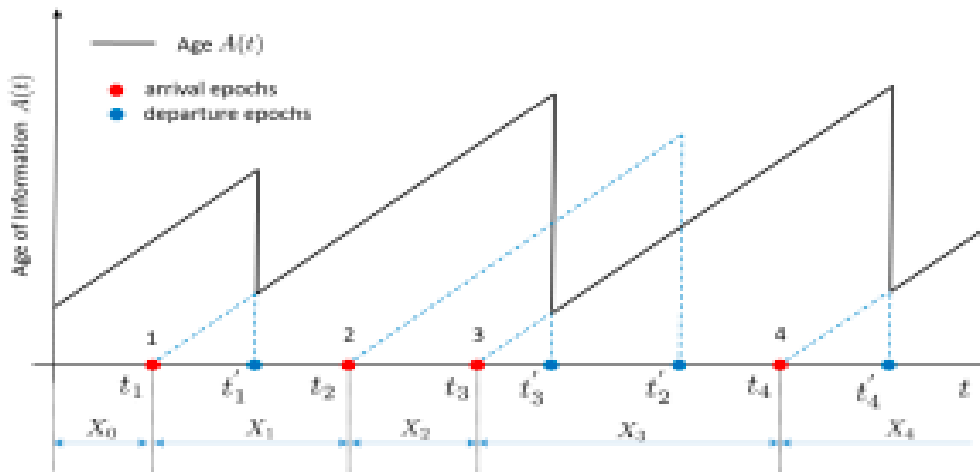
ΕΠΕΞΗΓΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΌΣΟΝ ΑΦΟΡΑ ΤΙΣ

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ :

Όσον αφορά τις καθυστερήσεις που είναι πολύ πιθανό να υπάρχουν σε ένα ασύρματο κανάλι όπως είναι φυσικό, υπάρχει τρόπος να μειωθούν βέβαια με τη συνακόλουθη μείωση του

ρυθμού ενημέρωσης. Άμεση απόρριξη αυτού του γεγονότος είναι η ύπαρξη ανεπιθύμητων καταστάσεων. Μέσω της πολιτικής FCFS, όλα τα πακέτα εξυπηρετούνται σειρά άφιξης ενώ σε αντίθεση με τη διαδικασία LCFS δίνεται προτεραιότητα στο νεότερο πακέτο διακόπτοντας την διαδικασία που πιθανό να εκτελείται ήδη. Στην προληπτική LCFS, τα πακέτα που έρχονται διακόπτουν τη συνεχιζόμενη υπηρεσία. Προκειμένου να υπολογίσουμε την «επικαιρότητα» μιας πληροφορίας καταλήγουμε στις τεχνικές διαχείρισης της ενδεχόμενης κίνησης που συμβαίνει στο διαδίκτυο. Στην προσπάθεια λοιπόν της αποφυγής της συμφόρησης των πακέτων έχουμε ως προβληματισμό τις ουρές M/M/1/1, M/M/1/2 και M/M/1/2 μπορούμε να προωθήσουμε μικρότερα συστήματα που παρουσιάζουν χαμηλότερο μέσο όρο της μετρικής του Aoi, συγκριτικά με άλλα συστήματα με διαφορετικό αριθμό διακομιστών. Σύμφωνα με την ουρά(LCFS) «Περιορίζει τις ενημερώσεις των καταστάσεων που δημιουργήθηκαν πρόσφατα». Η ηλικία της πληροφορίας χαρακτηρίζει την ηλικία αυτής της μέτρησης των πληροφοριών και να έχουμε μια πρόχειρη εικόνα ενός απομακρυσμένου συστήματος, πως συμπεριφέρεται δηλαδή.

Η γραμμική αύξηση της ηλικίας των πακέτων κατά το πέρασμα του χρόνου :



Εικόνα 3.4 Γραμμική αύξηση της ηλικίας του πακέτου από την πηγή στον προορισμό.

Παραπάνω βλέπουμε ότι τα πακέτα δεν καταλήγουν στον προορισμό με τη σειρά που δημιουργήθηκαν και έτσι το πακέτο 3 φτάνει στον προορισμό πριν από το πακέτο 2. Η ηλικία $A(t)$ αυξάνεται.

3.5 G/G/1 , M/G/1 , M/G/1 (LCFS)

Ας πάρουμε για παράδειγμα μια ουρά LCFS G/G/1 με προληπτική υπηρεσία, μέσα στην οποία ένα πακέτο που έφτασε πρόσφατα αποκτά προτεραιότητα για την άμεση εξυπηρέτησή του». «Για την ουρά M/G/1 (LCFS) με προληπτική εξυπηρέτηση, έδειξε ότι μια υπηρεσία ουράς ελαχιστοποιεί τόσο την αιχμή όσο και τον μέσο όρο του Age of Information. Ενώ, η ντετερμινιστική υπηρεσία, που ελαχιστοποιεί την καθυστέρηση των πακέτων, οδηγεί στη χειρότερη περίπτωση αιχμής και μέσου όρου Age of Information». Τα πακέτα ενημέρωσης δημιουργούνται σύμφωνα με μια διαδικασία, όπου με τους χρόνους μεταξύ των γενεών να κατανέμονται ανάλογα. Κατόπιν, η M/G/1 ουρά αναμονής παράγεται με διαδικασία Poisson όπου οι χρόνοι παρουσιάζουν εκθετική κατανομή με συντελεστή λ . Παράλληλα, μέσω κάποιων πειραμάτων καταλήξαμε πως η εκθετική μορφή μιας ουράς αναμονής έχει καλύτερη απόδοση συγκριτικά με μια ντετερμινιστική υπηρεσία. «Η ουρά G/G/ ∞ είναι η κατανομή του χρόνου εξυπηρέτησης που μειώνει τη διακύμανση καθυστέρησης πακέτων και μεγιστοποιεί τη μέση ηλικία πληροφοριών».[18]

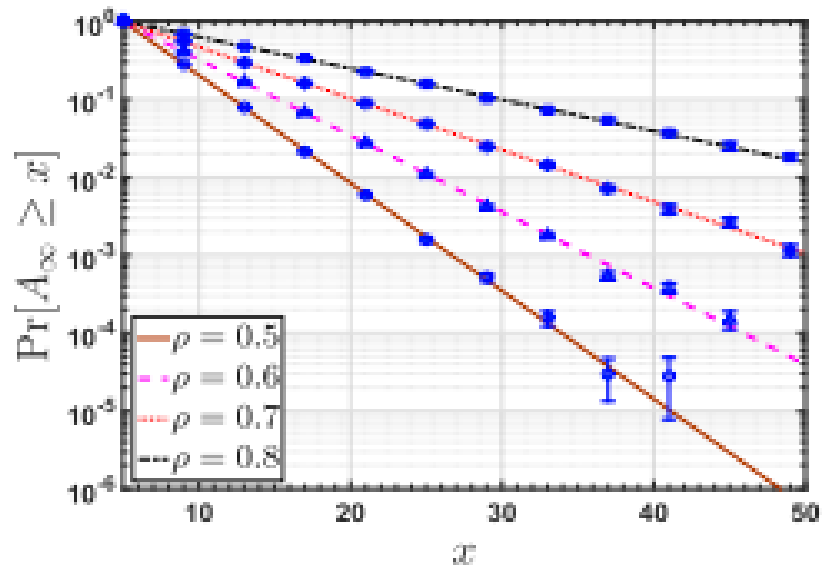
3.6 Πώς μπορούμε να υπολογίσουμε τη βέλτιστη ηλικία σε συστήματα FCFS

Γενικότερα υπάρχουν πακέτα που μπορεί να χαρακτηρίζονται ως πληροφοριακά που είναι τα πακέτα που εμφανίζουν τις πληροφορίες τους στην οθόνη. Ειδικότερα μία άλλη κατηγορία είναι τα ενημερωτικά δηλαδή λέγονται και μη πληροφοριακά, τα οποία σε αντίθεση με τον παραπάνω ορισμό δεν ενημερώνουν τις πληροφορίες στην οθόνη. Για παράδειγμα αν πάρουμε την συγκεκριμένη ουρά αναμονής FIFO θα διαπιστώσουμε πως χαρακτηρίζεται από αλληλουχίες άφιξης και αναχώρησης. Σύμφωνα με αρκετές μελέτες πολλοί ερευνητές προσπάθησαν να κατανοήσουν τη βέλτιστη ηλικία ενός συστήματος FCFS που λαμβάνονται ενημερώσεις από τα πακέτα κατέληξαν ότι για την ελαχιστοποίηση της ηλικίας χρειάζεται να απορριφθούν τα παλαιά πακέτα που περιμένουν στην ουρά όταν το νέο δείγμα φτάνει. Παράλληλα στα συστήματα

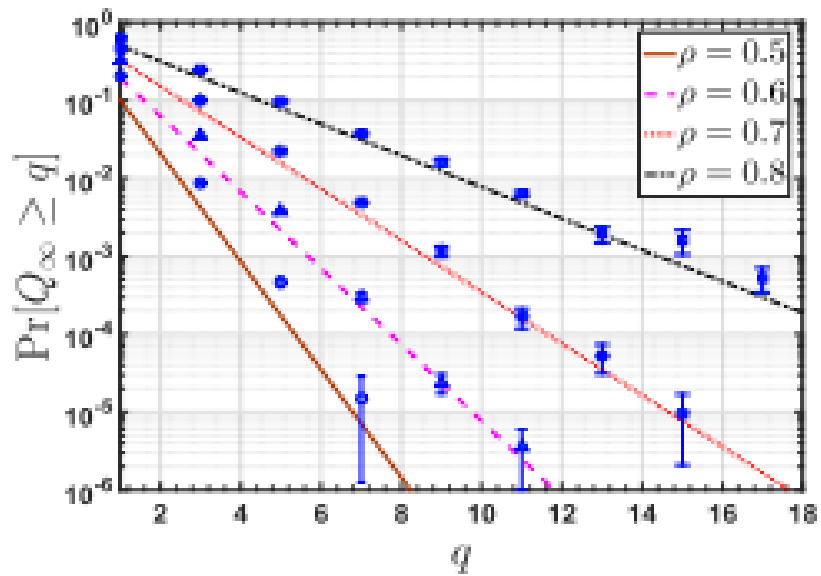
ουράς Last-Come, First Serve (LCFS) εξετάστηκε η «βέλτιστη ηλικία με χρόνους εξυπηρέτησης και κατανομές γάμμα/Erlang», η οποία είναι μια διακριτή κατανομή.[15]

3.7 Πώς σχετίζεται το peak age of information με το συντελεστή μ (όπου μ είναι ο χρόνος εξυπηρέτησης)

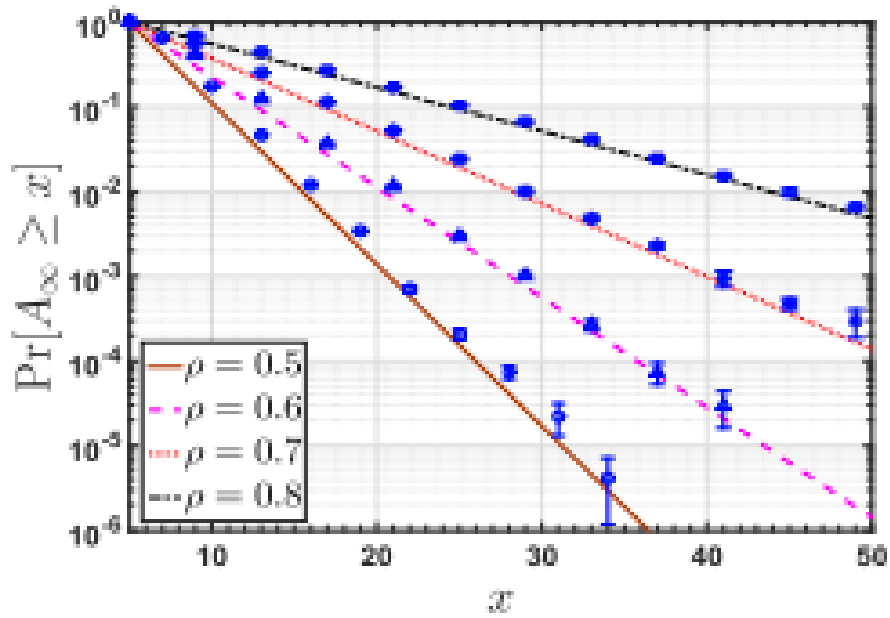
Σύγκριση των τεσσάρων σχημάτων που παρατίθενται παρακάτω :



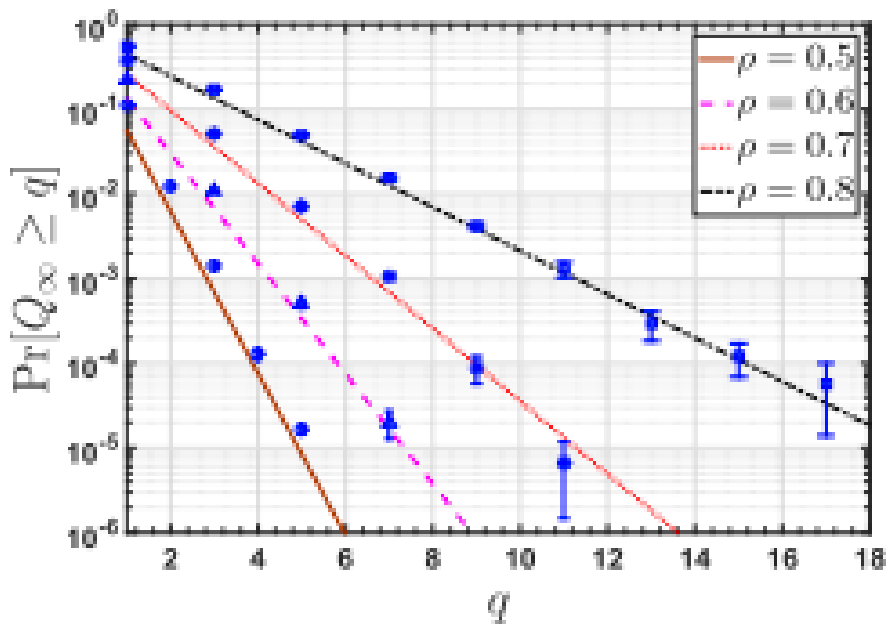
(a) Outage probability of Aol



Εικόνα 3.5 Διαδοχικές συγκρίσεις των ουρών αναμονής συγκριτικά με το Aol.



(a) Outage probability of Aol



(b) Tail probability of queue length

Εικόνα 3.6 Πιθανή απώλεια πακέτου και Aol.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

«Τα 2(β) και 3(β) δείχνουν πόσο μεγάλο είναι το μέγεθος της ουράς θα πρέπει να διατηρείται η πιθανότητα υπερχείλισης κάτω από ένα ορισμένο όριο. Στο σχ. 2(β), αναμένεται ότι η απώλεια πακέτων μπορεί να είναι μικρότερη από 10.Επίσης, όσο το μ αυξάνεται, θα δούμε ότι θα αυξηθεί και το peak age of information.Στο ίδιο μ , οι επιδόσεις στο D/M/1/ ∞ είναι ελαφρώς χειρότερες από αυτές στο D/Geo/1/ ∞ ».[19]

Σε ένα διαρκώς εξελισσόμενο περιβάλλον όπου η ηλικία των πληροφοριών είναι το ζητούμενο σε πολλά δίκτυα αισθητήρων οι αποφάσεις ενδέχεται να ληφθούν σε πιο καθυστερημένο χρόνο λόγω της ασυνεχούς δειγματοληψίας. Στο σημείο αυτό είναι χρήσιμη πληροφορία, θεωρώντας πως το σύστημα προέρχεται από μια πηγή δεδομένων να σταλούν πακέτα στον επεξεργαστή. Ως χρόνος αφίξεως του εκάστοτε συστήματος που μελετούμε ονομάζεται ο χρόνος που παράγεται ένα πακέτο από μια πηγή δεδομένων συνήθως μέσω της μη προληπτικής διαδικασίας, με αποτέλεσμα τα μη επεξεργασμένα πακέτα βρίσκονται στην ουρά. Μαθηματικά το Aoi μια χρονική στιγμή t μπορεί να οριστεί ως εξής : $(t) = t - \max\{r_l : C_l \leq t\}$, όπου r_l είναι ο χρόνος απελευθέρωσης του l .

3.8 Ουρές προτεραιότητας και πώς θα υπολογίσουμε το Peak Age of Information στις ουρές αναμονής

Βλέπουμε ότι κάθε ουρά μπορεί να χωρέσει το πολύ ένα πακέτο τη φορά. Για παράδειγμα ένα διαφορετικό σύστημα αναμονής είναι το σύστημα M/G/1/1+ 1* και M/G/1/1+ όπου (1+) και (1*) σημαίνει ότι βρίσκονται εκτός από την περιοχή επεξεργασίας στον διακομιστή και ο αστερίσκος σημαίνει ότι το πακέτο που περιμένει στην άφιξη αντικαθίσταται από το νεότερο και αντίστοιχα χωρίς αστερίσκο σημαίνει πως δεν αντικαθίσταται από τις νέες αφίξεις, δηλαδή M/G/1/1+ 1.Ο τύπος M/G/1 που συναντάται στις ουρές με First Come First Serve (FCFS) και Last Come (LCFS) αντίστοιχα δίχως να είναι γνωστό με ποια πολιτική εξυπηρέτησης θα καταλήξουμε στο μικρότερο Peak Age of Information.[20] Σε πολλές δικτυακές εφαρμογές είναι σημαντικό να να είναι σε θέση να αναφέρει ενημερώσεις πληροφοριών σε όλο το δίκτυο έγκαιρα.[37]

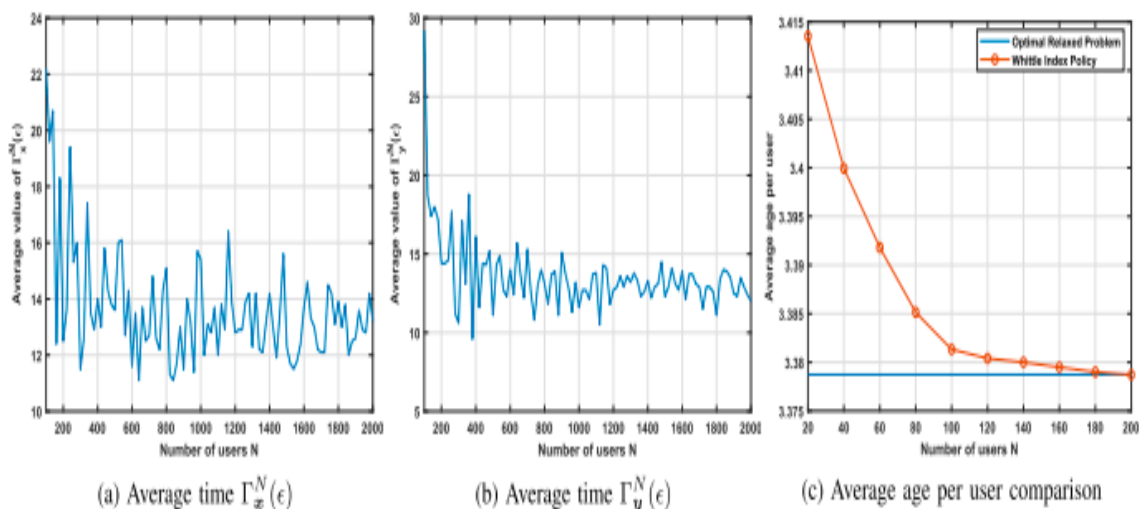
Δεν ισχύει απαραίτητα ότι «έχοντας ένα μόνο buffer στην κάθε ουρά δεν παρέχει πάντα χαμηλότερο PAoi συγκριτικά με το να έχει ένα buffer με άπειρο μέγεθος»[20] .Το Peak Age of Information των «ουρών αναμονής με χαμηλές προτεραιότητες είναι ευαίσθητο στην ένταση της κυκλοφορίας των ουρών με υψηλή προτεραιότητα, επομένως οι ουρές που είναι σημαντικές ή

ευαίσθητες στο χρόνο πληροφορίες θα πρέπει να έχουν υψηλή προτεραιότητα». Επίσης, εάν ο μέσος όρος ΡΑοι στις ουρές πρέπει να είναι στην περίπτωση που θέλουμε το ΡΑοι να ελαχιστοποιηθεί, στις χαμηλές ουρές προτεραιότητας θα εκχωρήσουμε τις μεγάλες ουρές κυκλοφορίας.

3.9 Πολιτική δεικτών Whittle ως μέσο βελτιστοποίησης του Αοι

Όπως προαναφέρθηκε στην πολιτική LCFS υπάρχει η κατανομή γάμμα. Μια ακόμη σημαντική πολιτική που μελετήθηκε είναι η πολιτική των δεικτών του Whittle που παρουσιάζει σημαντική βελτιστοποίηση όταν υπάρχουν πολλοί χρήστες για το πρόβλημα ελαχιστοποίησης Αοι. Ειδικότερα σε συστήματα παρακολούθησης για αναφορές στις περιβαλλοντικές συνθήκες που παρέχουν χρήσιμα δεδομένα για τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Έστω N χρήστες που στέλνουν ενημερώσεις κατάστασης σε μια κεντρική οντότητα. Βέβαια ως σημαντικός περιορισμός που μπορεί να δημιουργηθεί είναι οι περιορισμένοι πόροι, στους οποίους μόνο $M < N$ χρήστες μπορούν να δημιουργούν αλληλεπίδραση.

Για παράδειγμα αν θέλουμε να εξυπηρετηθούν N χρήστες που επικοινωνούν με έναν αριθμό που το ορίζουμε ως M , έστω M χρήστες. Εμείς στο σημείο αυτό αναζητούμε την πιο βέλτιστη πρακτική. Για την πολιτική ευρετηρίου Whittle γνωρίζουμε τα εξής: «κάνουμε εκχώρηση ένα ευρετήριο για κάθε χρήστη με βάση την ηλικία του και τα στατιστικά του καναλιού».[21]



Εικόνα 3.7 Πολιτική δεικτών Whittle /Μείωση της μέσης ηλικίας.

3.10 Κωδικοποίηση, ως μέσο βελτιστοποίησης της μέσης ηλικίας

Γνωρίζουμε ότι ο δέκτης θέλει να αποκτήσει φρέσκια πληροφορία σχετικά με τα πακέτα ενημέρωσης που αποστέλλονται χωρίς σφάλματα στον δέκτη. Βέβαια υπάρχει ένας μηχανισμός κωδικοποίησης η λεγόμενη επιλεκτική κωδικοποίηση όπου ο πομπός στην προσπάθειά του να επιτύχει χαμηλότερη μέση ηλικία παραλείπει τις ενημερώσεις κατάστασης που δημιουργούνται ενώ το κανάλι είναι απασχολημένο αλλά και τις λιγότερο πιθανές. Βέβαια, σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι δεν γίνεται ενημέρωση του κόμβου του δέκτη με αποτέλεσμα να γίνεται μία τυχαιοποιημένη επιλεκτική κωδικοποίηση λέξης. Συνεπώς, η κωδικοποίηση αποτελεί ένα μέσο ώστε να επιτύχουμε την επιλεκτική κωδικοποίηση για να ελαχιστοποιηθεί η μέση ηλικία και να μειωθούν τα σφάλματα.[21]

ΕΠΙΛΟΓΟΣ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Τελειώνοντας αυτήν την ενότητα συνοψίζουμε τις κατανομές της κορυφής του Age of Information που βρίσκονται στις ουρές αναμονής FCFS M/G/1 και GI/M/1. Είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε πως τα συστήματα ενημέρωσης πληροφοριών αποτελούνται από έναν αισθητήρα και από μια οθόνη. Για παράδειγμα μελετήσαμε διαφορετικά συστήματα αναμονής είναι το σύστημα M/G/1/1+ 1* όπου το (1*) σημαίνει ότι βρίσκονται εκτός από την περιοχή επεξεργασίας στον διακομιστή και ο αστερίσκος σημαίνει ότι το πακέτο που περιμένει στην άφιξη αντικαθίσταται από το νεότερο και αντίστοιχα χωρίς αστερίσκο σημαίνει πως δεν αντικαθίσταται από τις νέες αφίξεις, δηλαδή M/G/1/1+ 1. Είδαμε ότι πολλοί ερευνητές στην προσπάθειά τους να μελετήσουν την βέλτιστη ηλικία σε ένα FCFS σύστημα, κατέληξαν ότι για την ελαχιστοποίηση της ηλικίας χρειάζεται να απορριφθούν τα παλαιά πακέτα που περιμένουν στην ουρά όταν το νέο δείγμα φτάνει. Σημαντική αρκετά είναι η παραδοχή ότι οι χρόνοι εξυπηρέτησης πακέτων είναι αμετάβλητοι της πολιτικής προγραμματισμού (εκτός εάν ο χρόνος υπηρεσίας είναι ντετερμινιστικός). Η σειρά προτεραιότητας (LCFS) παρουσιάζεται προτιμότερη ακόμα και απόρριψη ορισμένων παλαιών πακέτων.[36] Αξίζει να σημειωθεί, πως ο περιορισμός που μπορεί να δημιουργηθεί είναι οι περιορισμένοι πόροι του συστήματος. Συστήματα ουρών αναμονής όπως είναι τα εξής : FCFS και LCFS χρειάζεται να υπολογίζουμε τις κατανομές του Age of Information καθώς και τη μέση καθυστέρηση του σήματος μεταξύ των δύο διαδοχικών αφίξεων. Όσον αφορά την πολιτική των δεικτών Whittle είδαμε ότι είναι μία πολιτική που βασίζεται στα

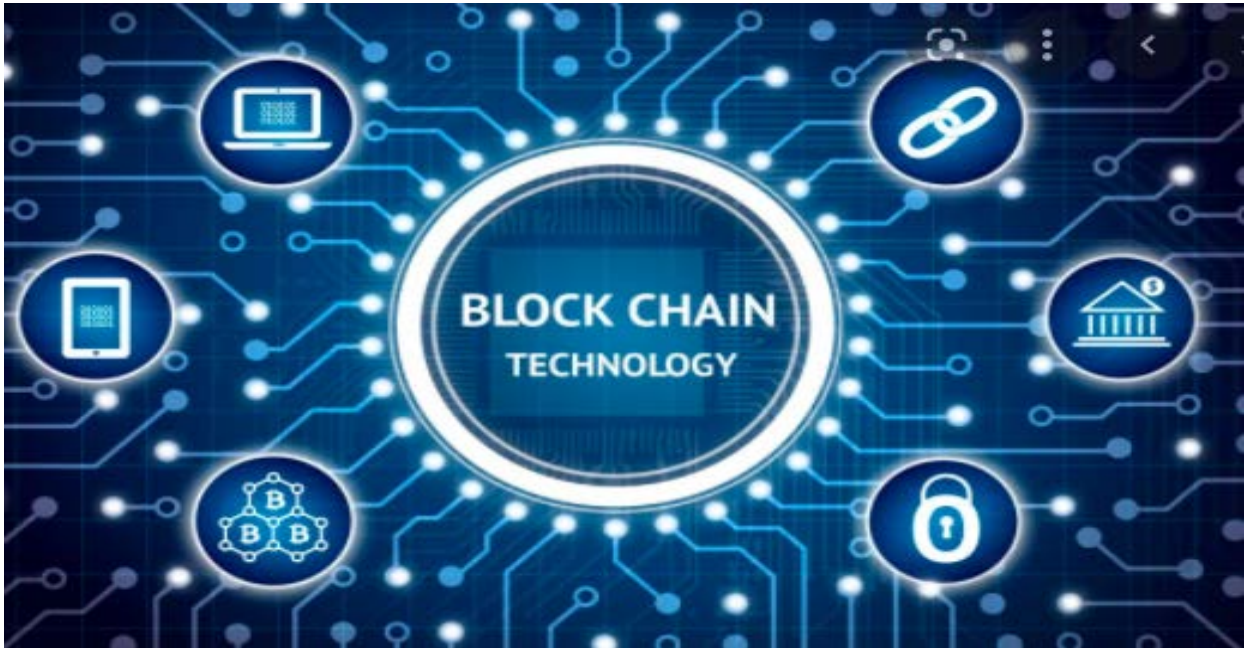
στατιστικά του καναλιού που μελετούμε επομένως είναι αρκετά σημαντική η συνεισφορά του όταν υπάρχουν πολλοί χρήστες για το πρόβλημα ελαχιστοποίησης ΑοΙ. Τέλος, είδαμε ότι η κωδικοποίηση είναι μία πολύ σημαντική διαδικασία που στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων με τη συνακόλουθη ελαχιστοποίηση της μέσης ηλικίας των πληροφοριών, γεγονός που είναι αρκετά ενδιαφέρον ώστε να μειωθεί η καθυστέρηση σε ένα σύστημα που έχει ως κυρίαρχη μετρική την ηλικία.

ΤΕΤΑΡΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

BLOCKCHAIN – ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΥΓΕΙΑ/ΣΑΚΧΑΡΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ιστορική αναδρομή του blockchain - Πότε πρωτοεμφανίστηκε;



Η επαναστατική τεχνολογία blockchain αρχικά είχε πρωτοεμφανιστεί με τη μορφή του ψηφιακού νομίσματος γνωστού σαν Bitcoin όπου είχε πρακτική εφαρμογή αρχικά στον χρηματοοικονομικό τομέα. Αποτελούσε επομένως ανάγκη από μια σημαντική κοινότητα ανθρώπων να δημιουργήσουν μια συστοιχία από δίκτυα υπολογιστών με ασφάλεια. Επιπροσθέτως είναι σημαντική η ανάγκη της φρεσκάδας των δεδομένων όπου μεταδίδονται οι πληροφορίες. Όσον αφορά τη συνεχή ανανέωση των δεδομένων υπάρχει άμεση ανάγκη η μεταφορά των δεδομένων σε μικρό χρονικό διάστημα. Υπάρχει περίπτωση κάποιοι χρήστες να λάβουν δεδομένα που δεν ανταποκρίνονται στην παρούσα χρονική στιγμή. Σε μια ομάδα με πλήθος οχημάτων, όπου απαιτούνται οι ακριβείς και οι έγκυρες πληροφορίες για τη γεωγραφική θέση του οχήματος πρέπει να ενημερωνόμαστε για να αποκτήσουμε χρήσιμες και έγκυρες αποφάσεις για την αποφυγή του αυτοκινητιστικού ατυχήματος.

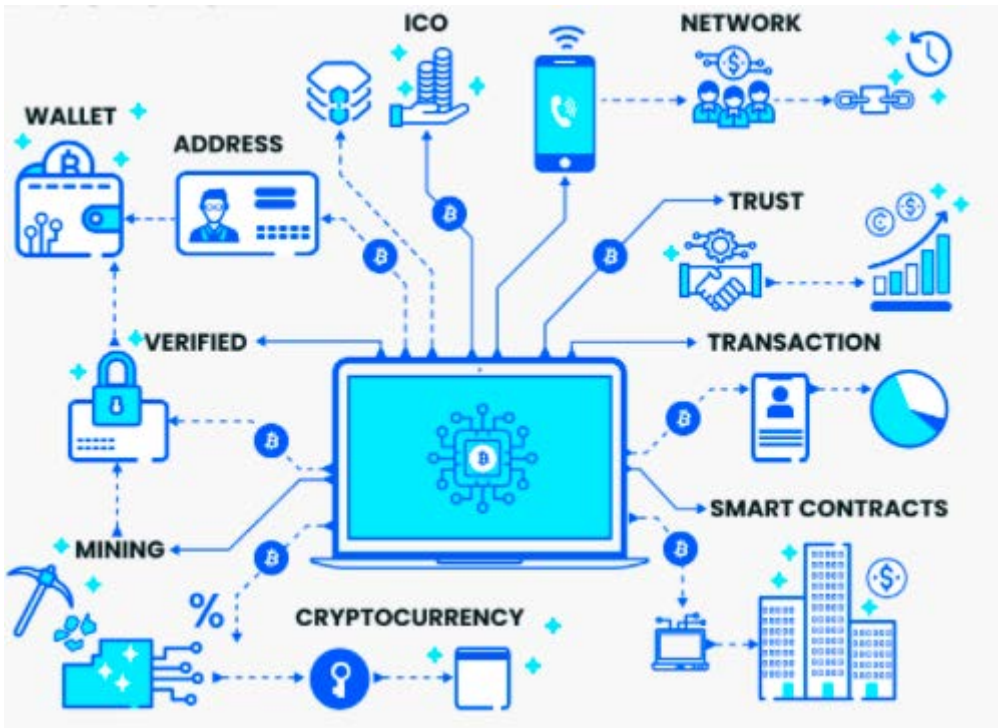
Αποτελεί κοινό γνώρισμα πως κατά τη διαδικασία ανάληψης αποφάσεων, μια λανθασμένη απόφαση σύμφωνα με τα δεδομένα που μελετούμε μπορεί να παραχθεί με βάση παρωχημένα πακέτα δεδομένων στο δυναμικό δίκτυο που μελετούμε. Επομένως σε μια θερμοκρασιακή μέτρηση τα δεδομένα που μπορούμε να καταγράψουμε και να λάβουμε εντέλει από τους αισθητήρες που έχουν ως στόχο να ανιχνεύουν τις αλλαγές της θερμότητας πρέπει να είναι έγκαιρα ώστε να προλάβουμε το ενδεχόμενο της πυρκαγιάς και κατ' επέκταση να το εμποδίσουμε.

Ευρέως χρησιμοποιείται η έννοια του blockchain στα σύγχρονα κατακευκτα συστήματα και στα συστήματα ασφαλείας όπως αυτά αναλύονται στη συνέχεια. Σίγουρα καταλαβαίνουμε ότι συναντάται στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων(IoT), καθιστώντας ολοένα και πιο πρακτική την εύκολη πρόσβαση σε συσκευές-αισθητήρες με κύριο γνώρισμα την ασφάλεια. Για παράδειγμα στα δίκτυα πέμπτης γενιάς στα λεγόμενα 5G είναι πιο αποδοτική η τεχνολογία εκεί καθώς καλύπτει τις ενδεχόμενες ελλείψεις του 4G.Είναι σημαντικό να υπάρχει ένας έλεγχος ταυτότητας και μια αξιόπιστη πρόσβαση που θα ενημερώνει μέσω διάφορων μηχανισμών στην τεχνολογία του

blockchain. Συνεπώς, η ανανέωση των δεδομένων είναι δηλωτικό του κατά πόσο η πληροφορία είναι περασμένη ή όχι.

4.1.2 Πώς χρησιμοποιείται το blockchain-Με ποια τεχνολογία το συναντάμε συνήθως;

Για τον πλήρη καθορισμό της ηλικίας της πληροφορίας, η καθυστέρηση του πακέτου που αφίκνυται είναι δύσκολο να καθορισθεί. Έστω ότι μεταδίδονται πακέτα και ακολουθείται η σειρά προτεραιότητας (FCFS). Η τεχνική του blockchain μπορεί να προσφέρει αξιόπιστη διαχείριση των δεδομένων ωστόσο ερχόμαστε αντιμέτωποι με την καθυστέρηση των δεδομένων. Η τεχνική του blockchain είναι λίγο αμφιλεγόμενη στα δυναμικά δίκτυα όπου υπάρχει πληθώρα εισροής των νέων δεδομένων και ανάγκη για συνεχή ενημέρωση που απαιτείται.



Εικόνα 4.1 Προεκτάσεις του blockchain.

Ένα δημόσιο blockchain, ενδέχεται να επιτρέπει στους χρήστες να σχετιστούν στο δίκτυο δίχως να υπάρχει αμφιβολία στο να θίγονται ζητήματα όσον αφορά την ακεραιότητα των χρηστών. Μία γνωστή μορφή-πλατφόρμα που εμφανίζεται είναι η Hyperledger Fabric (HLF)[36] γνωστή για την ιδιωτικότητά της και χρησιμοποιείται μέσω του Linux. Το δίκτυο BCE είναι ένα δίκτυο όπου μπορούμε να συναντήσουμε την τεχνολογία blockchain που παρέχει στους χρήστες τις απαιτούμενες υπηρεσίες.

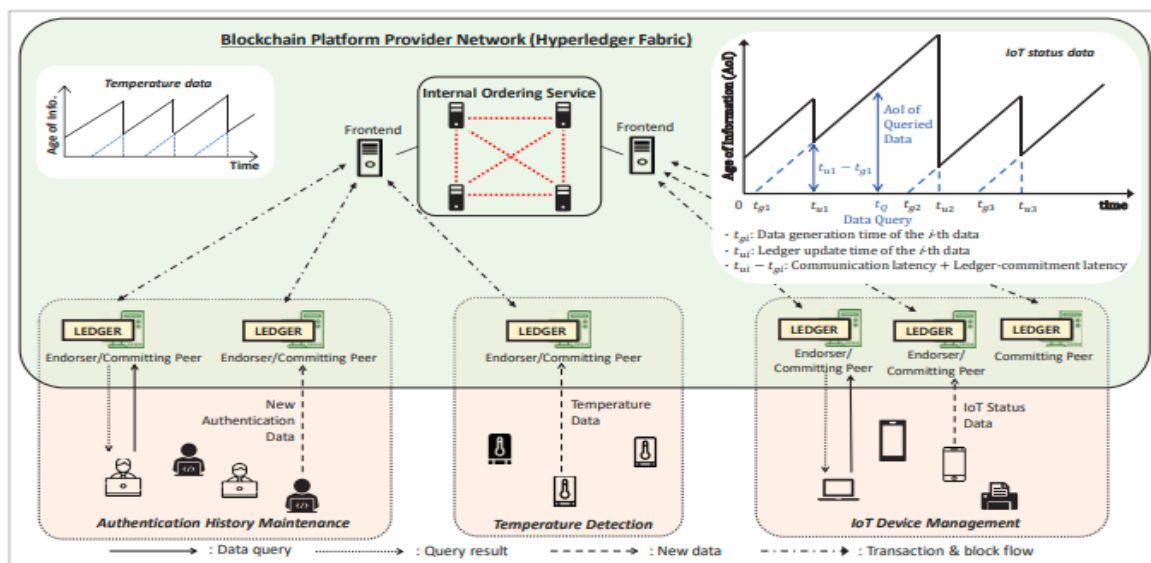
4.2. Ποια είναι η δομή του blockchain;

Προκειμένου να γίνουν πιο κατανοητά τα λεγόμενά μου σχετικά με την τεχνολογία του blockchain θα απαριθμήσω τις «οντότητες» που θα συναντήσουμε στην περιγραφή της δομής του:

- ο πάροχος της υπηρεσίας προσφέρει την αυθεντικοποίηση
- προσομοιωτές όπου παραδίδουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με τη μορφή της συναλλαγής.
- οι ομότιμοι(peers) όπου κατέχουν τα δεδομένα σε περίπτωση που η εντολή για συναλλαγή εκτελέστηκε με επιτυχία.
- μια συσκευή IoT

Παρακάτω στην αναπαράσταση φαίνεται καλύτερα :

Παρατήρηση : το Aoi αυξάνεται γραμμικά.



Εικόνα 4.2 Δομή του Blockchain.

Παρατήρηση:

Το Aoi αυξάνεται γραμμικά στα σχήματα παραπάνω.

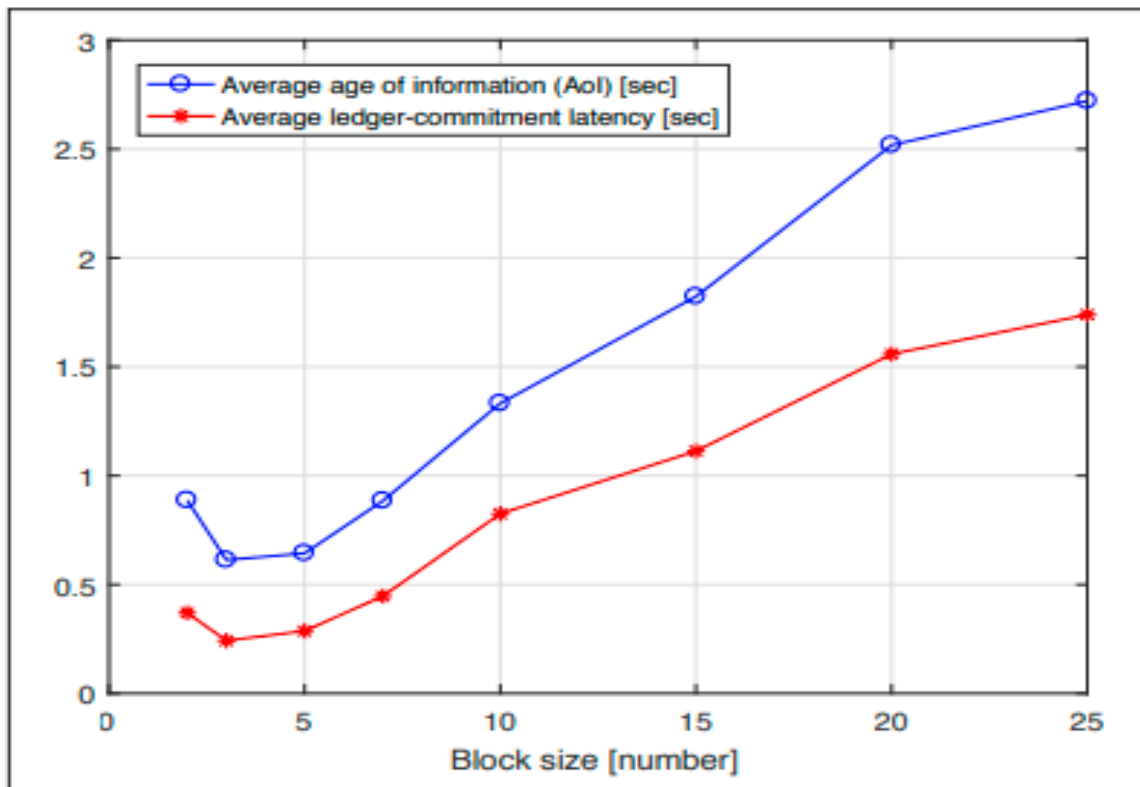
Communication Latency=καθυστέρηση της επικοινωνίας που απαιτείται κατά τη μετάδοση των δεδομένων.

4.2.2 Πώς ορίζεται το Aoi στην τεχνολογία του blockchain;Συσχετίζεται με το δίκτυο BCE(Billing and Charging Evolution)

Το Aoi ορίζεται ως το χρονικό διάστημα που έχει παρέλθει από τη στιγμή που δημιουργήθηκε το πακέτο έως την τελευταία στιγμή που έφτασε η ενημέρωση της κατάστασης εξετάζοντας τις καθυστερήσεις που αναπόφευκτα θα υπάρχουν. Εμείς αφού μελετούμε το δίκτυο BCE λαμβάνουμε υπόψιν και τις πρόσθετες καθυστερήσεις, αφού και αυτές καθυστερούν την επεξεργασία των δεδομένων. Αρκετά κομβικό ρόλο παίζουν οι εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο (π.χ. αισθητήρες) οι οποίοι λόγω των γρήγορων δυναμικών δεδομένων πρέπει να είναι σε θέση να μεταφέρουν τις πληροφορίες τους. Οι πληροφορίες που έχουν απωλέσει την φρεσκάδα τους μπορεί να προκαλέσουν σφάλματα που τα οποία θα βλάψουν αργότερα την εγκυρότητα.[10]

Το Aoi εξαρτάται από δύο παράγοντες:

- 1) τη συχνότητα στην οποία παράγονται τα δεδομένα δηλαδή ποιος είναι ο μέσος όρος της ηλικίας των πακέτων που παράγονται στην ανάλογη μονάδα του χρόνου που θα μελετήσουμε.
- 2) την κατανομή του χρόνου που παράγονται τα δεδομένα δηλαδή αν είναι μια στοχαστική διαδικασία είτε μια ντετερμινιστική διαδικασία, έννοιες που θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο.

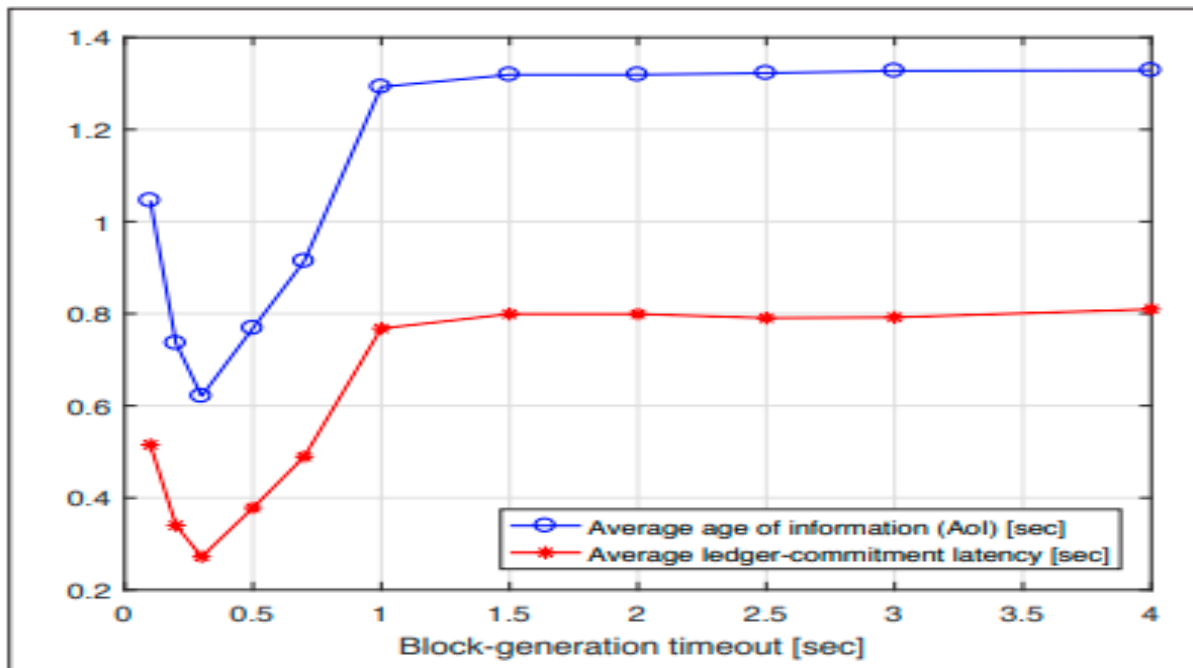


Εικόνα 3.3 Aoi πως επιδρά με το μέγεθος block.

Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα

Ο μέσος όρος του Age of Information και η συμπληρωματική αθροιστική κατανομή συμπεραίνουμε ότι σχετίζεται άμεσα με τη συνάρτηση (CCDF) του Age of Information.

Η συνάρτηση γάμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε δίκτυα blockchain που μελετούμε.



Εικόνα 4.4 Aoi και καθυστέρηση σε συνάρτηση με το μέγεθος του μπλοκ που μπορεί να είναι 10.

Παρατηρήσεις -Συμπεράσματα

ΠΟΙΟΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ BLOCKCHAIN

Μέγεθος μπλοκ : όπου πρόκειται για τον μέγιστο αριθμό συναλλαγών σε ένα μπλοκ.

Χρόνος λήξης μπλοκ : ο μέγιστος χρόνος που μπορεί να διατηρηθεί η φρεσκάδα των δεδομένων με τη διαδικασία FCFS.

Αναπόφευκτα παρατηρούμε ότι κάποια δεδομένα που δημιουργούνται και μεταφέρονται μέσα σε ένα ασύρματο κανάλι υπάρχει περίπτωση να βρεθούν σε αναμονή. Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να συντονίσουμε τις συχνότητες καθώς η ύπαρξη υψηλών και χαμηλών συχνοτήτων μπορεί να επιδράσει αρνητικά στο Aoi.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όταν η αναλογία συχνότητας-μπλοκ είναι μικρή, η μέση καθυστέρηση όπως περιμένουμε θα είναι χαμηλή λόγω λιγότερων αιτημάτων που αποστέλλονται για να εξυπηρετηθούν.

Η τιμή του Aoi περιμένουμε να είναι μεγάλη.

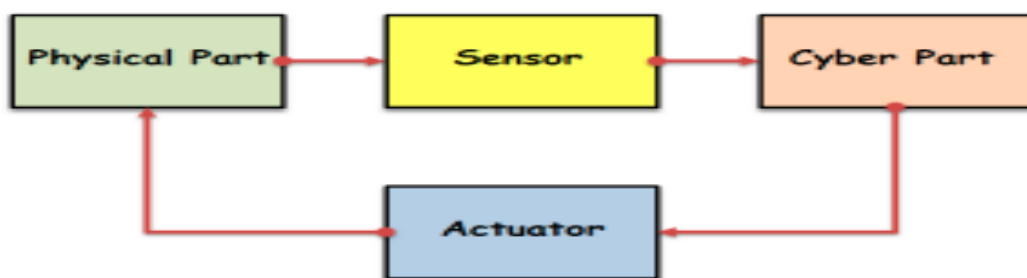
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στις περιπτώσεις που μελετούμε με μικρή τιμή του target Age of Information ενδέχεται να μην μας καλύπτει η τεχνολογία του BCE.

Όταν η τιμή του Target Age of Information(sec) είναι μεγάλη δηλαδή μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 1,9 δευτερόλεπτα), όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε το Violation Probability του Age of Information θα καταλήξει να είναι μικρότερο από 0,1 καταλήγουμε ότι θα είναι αρκετά αξιόπιστο.

Συνεπώς καταλήγουμε στη διαπίστωση πως ο στόχος της επιστημονικής κοινότητας είναι η μείωση του Aoi και αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της διαρκούς βελτιστοποίησης των συστημάτων επικοινωνίας. Όσον αφορά την μετάδοση του πακέτου μέσω της πολιτικής LCFS παρουσιάζεται μια σημαντική διαφορά συγκριτικά με τη FCFS.Κύριος λόγος του παραπάνω γεγονότος είναι ότι οι πληροφορίες του πακέτου που δημιουργήθηκε πρόσφατα διαθέτουν πιο μικρή ηλικία από τα πακέτα που βρίσκονται στην ουρά αναμονής. Για τον λόγο αυτό καθίσταται σημαντική η ανάγκη σχεδιασμού των νέων πολιτικών προγραμματισμού που θα μπορούμε να διατηρήσουμε την πιο πρόσφατη ενημέρωση.

4.2.3 Πώς σχετίζεται ο κυβερνοχώρος με την μετρική Aoi και τι περιλαμβάνει ένα CPS σύστημα ;



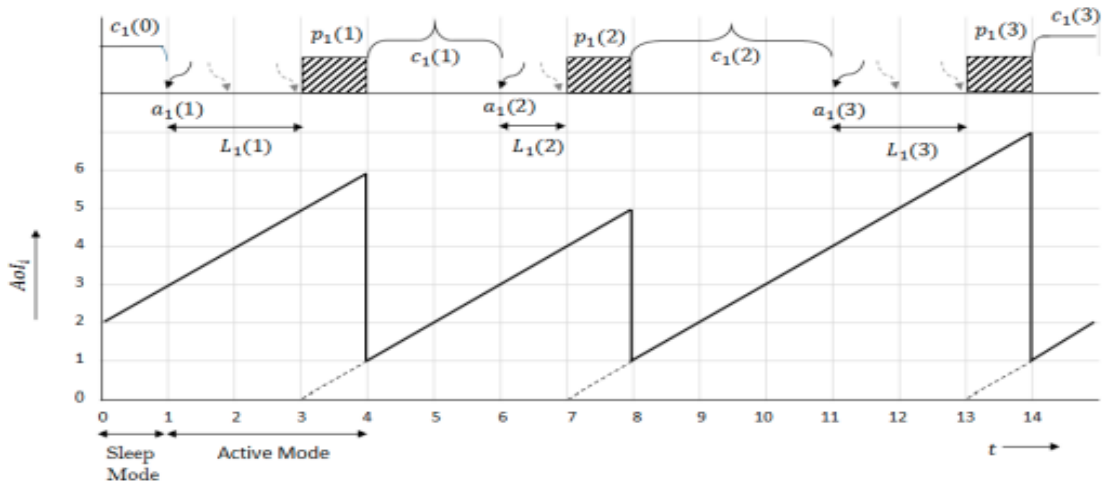
Εικόνα 4.5 Δομή ενός CPS συστήματος.

Όπως αναφέρθηκε στην ακριβώς προηγούμενη παράγραφο απαιτείται η ελαχιστοποίηση της ηλικίας της πληροφορίας. Χρησιμοποιώντας τις πολιτικές και τους αλγορίθμους προγραμματισμού θα είμαστε σε θέση να ερμηνεύσουμε καλύτερα τις προσομοιώσεις: Συνήθως χρησιμοποιούνται οι κόμβοι προορισμού πηγής μέσω των ασύρματων δικτύων επικοινωνίας σε

κυβερνοφυσικά συστήματα και σε συστήματα που πρέπει να αξιοποιήσουμε την ενέργεια κυρίως μέσω των αισθητήρων με αποτέλεσμα το Aoi να φαντάζει μια ενδιαφέρουσα μέτρηση της φρεσκάδας των πληροφοριών. Όμως μπορεί να καταλήξουμε σε υπερφόρτωση καθώς μπορεί να υπερφορτωθεί το δίκτυο. Στο σύστημα CPS που αναλύσαμε παραπάνω σχηματικά, το φυσικό μέρος δεν παρουσιάζεται σαν κάτι τόσο γρήγορο όσο είναι το τμήμα του κυβερνοχώρου. Μια υποβάθμιση που αφορά ως επί το πλείστον την φυσική εγκατάσταση έχει μια αντίδραση που δεν μπορεί να μετριαστεί ταχύτατα έως και να αποφευχθεί, κάτι τέτοιο φαντάζει απίθανο. Μια υψηλότερη ηλικία φαίνεται να έχει ασήμαντη επίδραση στη λήψη αποφάσεων.

Η μεγιστοποίηση της απόδοσης του Aoi μπορεί να επιτευχθεί με την αύξηση του ρυθμού αποστολής των πακέτων που έχουν ως σημείο εκκίνησης την πηγή. Όπως φαίνεται στην παραπάνω αναπαράσταση τα CPS έχουν αρκετές εφαρμογές σε σημαντικούς κλάδους όπως είναι ενδεικτικά η ιατρική, η βιομηχανία, ο αυτοματισμός. Ωστόσο λόγω των παρεμβολών και του θορύβου ενδέχεται η αξιοπιστία αυτή να ελαττωθεί. Το Aoi είναι αρκετά σημαντικό στην ανίχνευση της επίκαιρης πληροφορίας προσφέροντας έτσι τη δυνατότητα δημιουργίας ενός πιο αυτόνομου συστήματος, πιο οργανωμένου και πιο αξιόπιστου.

Αρχικά όσον αφορά το πρακτικό μέρος που εμείς μελετούμε το i είναι ένας ενεργοποιητής που βρίσκεται στην υποδοχή t . Κατά την αποστολή ενός σήματος ανάδρασης προς τον αισθητήρα, θα παρατηρήσουμε ότι το Aoi αυξάνεται γραμμικά ως προς τον αριθμό των slots (χρονοσχισμών). Βέβαια πρέπει να δούμε τι γίνεται σε περίπτωση ένα δείγμα που αποστέλλεται οδηγηθεί σε αποτυχία θα οδηγηθούμε στο επόμενο slot. Συνεπώς το δείγμα k_i το οποίο προερχόμενο από τον ενεργοποιητή i θα απαιτήσει $c_i(k_i) \geq 0$ χρονοσχισμές για να γίνει αυτή η διαδικασία και να ολοκληρωθεί επιτυχώς. Τέλος, ο ελεγκτής έχει την ικανότητα να στέλνει το πακέτο των εντολών στον ενεργοποιητή i με τελικό αποτέλεσμα την εκτέλεση των ενεργειών. Αρκετά δύσκολος θεωρείται ο υπολογισμός του βέλτιστου χρόνου έναρξης αφού ενέχει την επιφύλαξη των περιορισμών που πιθανό να υπάρχουν σε ένα ασύρματο κανάλι όσον αφορά τον αριθμό των ενημερώσεων.



Εικόνα 4.6 Πως εξελίσσεται το AoI για έναν αισθητήρα με την πάροδο του χρόνου.

4.6 Blockchain – πρακτικές εφαρμογές στο IoT

Αξίζει να σημειωθεί πως τεχνολογίες σύγχρονες όπως είναι η υγεία μέσω των έξυπνων συστημάτων του IoT, είναι πάρα πολύ ευαίσθητες στον χρόνο και σκοπό έχουν την ελαχιστοποίηση της ηλικίας της πληροφορίας (AoI). Οι υλοποιήσεις της τεχνικής του blockchain βασίζονται αρκετά πιο μακριά από τα γνωστά σε όλους μας κρυπτονομίσματα δηλαδή υπάρχει ένα αρκετά μεγάλο φάσμα εφαρμογών που εξυπηρετείται μέσω του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT). Με τον παραπάνω όρο ως Διαδίκτυο των πραγμάτων συμπεριλαμβάνουμε τις έξυπνες συσκευές, τους αισθητήρες, τις μονάδες επεξεργασίας μικρές συσκευές δηλαδή οι οποίες είναι γνωστές στις μέρες μας σαν έξυπνο σπίτι ή κατ' επέκταση έξυπνη πόλη.

Κίνδυνοι όπως είναι παραβίαση των προσωπικών δεδομένων και άλλων ευαίσθητων πληροφοριών καθίστανται δύσκολοι καθώς η ανταλλαγή των πληροφοριών γίνεται μέσω της εξασφάλισης της συναίνεσης. Το κρυπτονομίσμα bitcoin είναι αρκετά γνωστό σε εφαρμογές IoT καθώς είναι ευρέως γνωστό στο blockchain καθιστώντας την επαληθευσσιμότητα και την αξιοπιστία ένα εύκολα επιτεύξιμο στόχο στις μέρες μας.

4.7 Ποια είναι τα οφέλη του blockchain και πως γίνεται η δικτύωση σε ένα δίκτυο IoT;

Μία πρακτική εφαρμογή μιας έξυπνης εφαρμογής είναι η εξής : όσον αφορά τον ρυθμό μέτρησης του οξυγόνου στο αίμα μας χρειαζόμαστε έναν ανάλογο αισθητήρα ο οποίος θα ανιχνεύει στο διάστημα αυτό την κάθε αλλαγή σε ανάλογο ρυθμό, είτε αυτός είναι γρήγορος είτε είναι αργός προκειμένου να συμβαδίζουν οι μετρήσεις μας.[11]

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Οι αισθητήρες IoT είναι πάρα πολύ ευαίσθητοι στον χρόνο και σκοπό έχουν την ελαχιστοποίηση της ηλικίας της πληροφορίας (Aoi) και πρέπει να γνωρίζουμε ότι ο μέσος χρόνος (average) θα εξαρτάται από το εύρος ζώνης της επικοινωνίας. Το συνολικό εύρος ζώνης BWj μιας πληθώρας κόμβων ορίζεται ως έχει : $A_j = \{n_j1, n_j2, \dots, n_jN_j\}$. Ωστόσο, κύριος στόχος είναι να παρέχονται οι πληροφορίες σύντομα δίχως να έχει παρέλθει η χρονική στιγμή.

4.8 Πώς σχετίζεται το IoT και η ηλεκτρονική υγεία;

Αποτελεί πλέον κομμάτι της τεχνολογικά προηγμένης ζωής μας πως οι εφαρμογές IoT έχουν λάβει σημαντική θέση όσον αφορά την υγειονομική περίθαλψη και την ιατρική. Καλούμαστε συνεπώς να απαντήσουμε σε σημαντικά ερωτήματα όπως είναι αυξανόμενη γήρανση του πληθυσμού καθώς και η επιτυχής θωράκισή μας απέναντι σε χρόνια νοσήματα. Πιο συγκεκριμένα το IoT βασίζεται στο cloud δηλαδή στις εφαρμογές που συνδέονται σε web εφαρμογές διαχειρίζονται με λίγα λόγια τους πόρους του διαδικτύου. Έχουμε ανάγκη να ενημερωνόμαστε έγκαιρα όσον αφορά τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης ακόμη έχουμε ανάγκη να ανταποκριθούμε στις απαιτητικές προκλήσεις της ηλεκτρονικής υγείας του IoT. Ένα ακόμη ρεαλιστικό παράδειγμα χρήσης του IoT είναι η αποτελεσματική παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο κάποιων εμπορευμάτων που μεταφέρονται τη δεδομένη χρονική στιγμή ανά νομό σε νομό, γεγονός που μπορεί να μας γλιτώσει από περιττό χρόνο. Κύριος σκοπός μας, λοιπόν είναι η ασφάλεια των δεδομένων όπως προαναφέρθηκε καθώς και η διαλειτουργικότητα και η ιδιωτικότητα.[12]

4.9 MR Technology, μία πολλά υποσχόμενη ιατρική μέθοδος για την ίαση πολλών ασθενειών

Παράλληλα, όσον αφορά μία νέα τεχνολογία στις μέρες μας είναι η πρόοδος που έχει λάβει στις μέρες μας η λεγόμενη MR Technology που είναι ο συνδυασμός εικονικής πραγματικότητας

που διευκολύνει την προβολή των τρισδιάστατων εικόνων. Η τεχνολογία αυτή έχει το προτέρημα να συνδυάζει την εικονική πραγματικότητα σε μία πιο ρεαλιστική διάσταση και μάλιστα επιτρέποντάς μας να αγγίξουμε τον χώρο μπροστά μας. Ένα ενδιαφέρον παράδειγμα είναι η χρήση της μαγνητικής τομογραφίας προκειμένου να εκτελέσουμε μία όσον το δυνατό πιο αξιόπιστη διάγνωση γίνεται. Πιο συγκεκριμένα, κατά την ενδοκρανιακή μικροχειρουργική, είναι απαραίτητο να λάβουμε πληροφορίες και ο χειρουργός να έχει την ασφαλή καθοδήγησή του. Εκτός από αυτό «η χρήση των πολυτροπικών εικόνων» βοηθάει στην κατανόηση της επιληψίας. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να καταφέρουμε την πλήρη ίαση της επιληψίας με ελάχιστη συμμετοχή του χειρουργού. Τα αποτελέσματα της μετεγχειρητικής αξιολόγησης έδειξαν ότι αυτό το σύστημα είναι πολύ ικανοποιητικό για την επιτυχή πορεία του χειρουργείου και τα δεδομένα προβάλλονται σε μία οθόνη 2D.



Εικόνα 4.7 Τομείς της Ιατρικής που συντάται το ΑοΙ.

4.10 Ποιες είναι οι πρακτικές εφαρμογές του ΙοΤ στην καθημερινή πραγματικότητα;

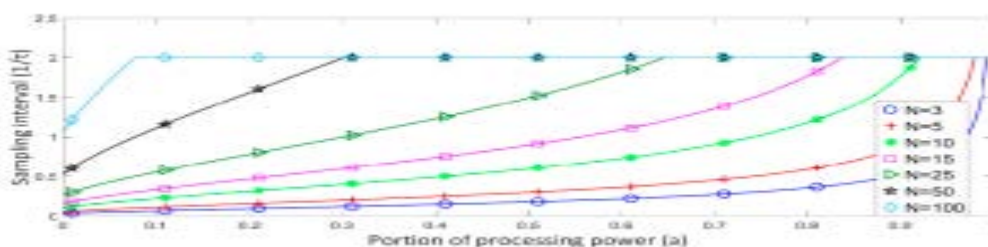
Αρχικά η ύπαρξη έξυπνων ασθενοφόρων μπορεί να οδηγήσει στην γρηγορότερη ίαση του ασθενή καθώς η διάγνωση θα μπορεί να ξεκινήσει αρκετή ώρα πριν ο ασθενής μας φτάσει στο

νοσοκομείο, γεγονός που μπορεί να αποφευχθεί σωτήριο αν σκεφτεί κάποιος ότι πολλές φορές ο παράγοντας του χρόνου είναι άγνωστος. Προκειμένου να γίνει αυτό χρειαζόμαστε ένα σύνολο από αισθητήρες που θα προσφέρει τις αξιόπιστες μετρήσεις που χρειαζόμαστε εκείνη την ώρα. Άμεση απόρροια όλων αυτών είναι η αποφυγή της καθυστέρησης αφού ένας χειρουργός γνωρίζει για την κατάσταση του ασθενούς εκ των προτέρων. Πλήθος από αισθητήρες χρησιμοποιούνται στην τηλεϊατρική δίνοντας την ευκαιρία στους ασθενείς να ελέγξουν το σάκχαρο τους δηλαδή να ελέγξουν τα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα. Άμεση απόρροια αυτού του γεγονότος, είναι η ύπαρξη λιγότερων εργαζομένων στα νοσοκομεία, αυτό σημαίνει περισσότερη οικονομία. Αρκετοί είναι αυτοί που διαθέτουν τις συσκευές IoT προκειμένου να παρακολουθούν την υγεία τους.[12]

4.11 Ποια συσχέτιση θα υπάρχει μεταξύ της δειγματοληψίας και του Aoi σε ένα κύκλωμα από κόμβους;

Όπως βλέπουμε τα μεγαλύτερα διαστήματα επικοινωνίας θα οδηγήσουν σε αύξηση συνολικά στο Aoi. Για τον λόγο αυτό θα παράξουμε λιγότερα αιτήματα στους ενεργούς κόμβους IoT με τη συνακόλουθη μείωση του ρυθμού της δειγματοληψίας.

4.12 Βέλτιστο διάστημα δειγματοληψίας και IoT κόμβοι



Εικόνα 4.8 Αποτελέσματα δειγματοληψίας και παράγοντες που το επηρεάζουν.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Παρατηρούμε ότι αν αυξήσουμε τον αριθμό των κόμβων IoT σε N , θα επιτύχουμε χαμηλότερες τιμές του α . Βέβαια σε σημαντικό βαθμό ευθύνονται και τα χαρακτηριστικά του κόμβου όπως είναι η επεξεργαστική ισχύς του και οι πόροι που χρησιμοποιούμε.[11]

ΕΠΙΛΟΓΟΣ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ

Στην παραπάνω ενότητα αξιολογήσαμε την έννοια της ωρίμανσης της πληροφορίας μέσω των τεχνικών του blockchain. Για τη βελτιστοποίηση του Aol σημαντικό ρόλο παίζουν η επεξεργαστική ισχύς και τα χαρακτηριστικά του κόμβου που μελετούμε. Το Blockchain είναι ένα χαρακτηριστικό που μπορεί να φανεί αποτελεσματικό κατά την μελέτη της δειγματοληψίας. Στην «ομπρέλα» που περιλαμβάνει το Διαδίκτυο των πραγμάτων υπάρχουν οι έξυπνες συσκευές οι οποίες οφείλουν να συντονίζουν τις μετρήσεις τους προκειμένου να συμβαδίζουν με τις αλλαγές του περιβάλλοντος όπως είναι η μέτρηση του σακχάρου. Είδαμε ότι λιγότερα αιτήματα οδηγούν στην μείωση του ρυθμού της δειγματοληψίας. Η μετάδοση του πακέτου μέσω της πολιτικής LCFS παρουσιάζει μια σημαντική διαφορά με τη FCFS. Το κρυπτονόμισμα bitcoin είναι αρκετά γνωστό σε εφαρμογές IoT καθώς είναι ευρέως γνωστό στο blockchain εφόσον το ζητούμενο στις μέρες μας είναι η εξασφάλιση της ακεραιότητας και της επαληθευσιμότητας, επιδιώκοντας διαρκώς την διαφύλαξη της ασφάλειας. Τα CPS έχουν αρκετές εφαρμογές σε σημαντικούς κλάδους όπως είναι ενδεικτικά η ιατρική, η βιομηχανία, ο αυτοματισμός. Το Aol είναι αρκετά σημαντικό στην ανίχνευση της επίκαιρης πληροφορίας προσφέροντας έτσι τη δυνατότητα δημιουργίας ενός πιο αυτόνομου συστήματος, πιο οργανωμένου και πιο αξιόπιστου. Βέβαια, τεχνική του blockchain είθισται να μην προτείνεται στα δυναμικά δίκτυα που υπάρχει πληθώρα εισροής των νέων δεδομένων. Όσον αφορά το βέλτιστο χρόνο έναρξης εκεί υπάρχει μια δυσκολία στον υπολογισμό του αφού ενέχει την επιφύλαξη των περιορισμών που πιθανό να υπάρχουν σε ένα ασύρματο κανάλι όσον αφορά τον αριθμό των ενημερώσεων. Επαναστατικές ιατρικές μέθοδοι βρίσκουν πρόσφορο έδαφος για την ίαση ασθενειών όπως είναι η επιληψία μέσω της μαγνητικής τομογραφίας και η παρακολούθηση γίνεται μέσω οθονών 2D. Τέλος, καθίσταται εξαιρετικά ελπιδοφόρο πως στα δίκτυα πέμπτης γενιάς στα λεγόμενα 5G είναι πιο αποδοτική η τεχνολογία του Blockchain καθώς υπάρχει μεγαλύτερο εύρος ζώνης συγκριτικά με το 4G.

5^η ενότητα

URLLC

Εισαγωγή

Στην ενότητα που ακολουθεί θα αναφερθούμε για τη μετρική της ωρίμανσης της πληροφορίας μέσα από τα συστήματα χαμηλής χρονοκαυστέρησης και υψηλής αξιοπιστίας. Αξίζει να σημειωθεί, ότι γνωρίζουμε πως τα ultra reliable and low latency systems καθιερώθηκαν σταδιακά με την εμφάνιση του δικτύου πέμπτης γενιάς, του λεγόμενου 5G. Πιο συγκεκριμένα, με το Age of Information είναι μία νέα μετρική για να υπολογίσουμε την “ηλικία” της πληροφορίας. Τα ασύρματα δίκτυα αποτελούνται από ένα σταθμό βάσης όπου εκεί μεταδίδονται όλες οι πληροφορίες σε πολλαπλούς χρήστες-παραλήπτες. Εκτός από αυτό στα συστήματα που υπάρχει ο περιορισμός της ενέργειας και χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών όπως είναι δηλαδή οι αισθητήρες του περιβάλλοντος διακρίνονται σε δυο βασικές κατηγορίες multiple ή single source. Η ηλικία της πληροφορίας είναι μια μετρική που υπολογίζεται στον τελικό χρήστη ή στον τελικό προορισμό αναλόγως την περίπτωση. Δύο αλγοριθμικές διαδικασίες που θα μας απασχολήσουν σε αυτήν την ενότητα όπως είναι οι εξής : MDP-based algorithm και MDP-based online scheduling algorithm. Στη συνέχεια ένα ad hoc δίκτυο δεν βασίζεται σε κάποια προυπάρχουσα υποδομή όπως για παράδειγμα μπορεί να είναι οι διάφορες ηλεκτρονικές συσκευές. Κατόπιν θα παρατηρήσουμε πως επιδρά το Aoi στο dynamic spectrum sharing(DSS) όσον αφορά στις παραμέτρους της μετάδοσης και της λήψης. Τέλος, συγκρίνεται η τιμή του Aoi στα δίκτυα τρίτης γενιάς, στα δίκτυα δεύτερης γενιάς και πως επιδρά το εύρος ζώνης στην τιμή του Aoi.

5.1 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΕ ΚΟΜΒΟ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ-ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ENERGY HARVESTING)

Στην παρούσα υποενότητα, θα αναφερθούμε στους περιορισμούς της ενέργειας που αναπόφευκτα θα υπάρχουν σε ένα σύστημα που χρειαζόμαστε την πιο πρόσφατη ενημέρωση. Αβίαστα λοιπόν μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα ότι υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία από συστήματα που υπάρχουν στην βιβλιογραφία ως multiple ή single source service systems. Στο σημείο αυτό κρίνεται απαραίτητο να μελετήσουμε πως λειτουργεί το σύστημα μας όταν μοιράζεται σε πολλαπλές πηγές οι οποίες χρειάζονται ενημέρωση.

Ανατρέχοντας σε πιο πρακτικές μεθόδους υπάρχει μεγάλη αύξηση σε αισθητήρες του περιβάλλοντος που χρησιμοποιούνται για πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών εξυπηρετώντας πολλές αγροτικές εργασίες. Βέβαια θα αποτελούσε παράλειψη μας να μην αναφερθούμε στην αρωγή των συστημάτων επικοινωνίας με τους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στην πρόγνωση των μετεωρολογικών φαινομένων. Ένα ακόμη σημαντικό παράδειγμα αισθητήρα σε κόμβο προορισμού είναι ο αισθητήρας επιτάχυνσης και τοποθεσίας που χρησιμοποιείται στα έξυπνα οχήματα (smart devices) καθιστώντας κάθε μέρα την οδηγική ασφάλεια ολοένα και πιο εφικτή. Κατόπιν δημιουργείται μια ουρά αναμονής αποτελούμενη από ενημερωμένα πακέτα τα οποία λαμβάνονται από το όχημα και στη συνέχεια μοιράζονται και στα υπόλοιπα οχήματα. Σημαντικό γεγονός είναι πως σε κάποια ασύρματα κανάλια λόγω των αναμεταδόσεων που μπορεί να υπάρχουν είναι πολύ πιθανό να αντιμετωπίσουμε κάποιες μικρές απώλειες είτε να υπάρξει μια καθυστέρηση. Συμπληρωματικά η αναμετάδοση είναι ένας μηχανισμός που μεταδίδει εκ νέου τα πακέτα και χρησιμοποιείται σε πολλά πακέτα. Μια διευκρίνηση όσον αφορά την αναμετάδοση είναι η "αναξιπιστία" που αρκετές φορές μπορεί να υπάρξει. Για τον λόγο αυτόν υπάρχει η θετική και η αρνητική επιβεβαίωση με αποτέλεσμα τα πρωτόκολλα αυτά να χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό επιβεβαιώσεων.[1]

Πράγματι όταν αναφερόμαστε σε συγκομιδή ενέργειας σε έναν κόμβο προορισμού κάνουμε λόγο για την ύπαρξη μπαταρίας με συγκεκριμένη χωρητικότητα. Κάθε χρονική στιγμή ο χρόνος άφιξης που φτάνει το πακέτο στον προορισμό καθορίζεται μέσω των διαδικασιών αναμονής του Poisson . Υποθέτοντας ότι τα δείγματα φτάνουν σύμφωνα με τη διαδικασία Poisson, τότε ο χρόνος που χρειάζεται για να είναι ένα πακέτο που μεταδίδεται κατανέμεται εκθετικά. Υποθέτουμε ότι η πηγή λαμβάνει τυχαίες ενημερώσεις, αλλά έχει κάποιο έλεγχο στα δείγματα που θα σταλούν το δίκτυο. [34] Τα αριθμητικά αποτελέσματα δείχνουν πως υπολογίζεται ο μέσος όρος της ηλικίας της ενημέρωσης και από αυτές διαλέγεται η μικρότερη ηλικία του λαμβανομένου πακέτου. Ύστερα, από την στιγμή που λαμβάνεται η ενημέρωση τη χρονική στιγμή t χρησιμοποιείται μια χρονοσφραγίδα που την ονομάζουμε $u(t)$ και έτσι θα δημιουργηθεί η σχέση $\Delta(t) = t - u(t)$ όπου $\Delta(t)$ θα είναι ο μέσος όρος Aoi. Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι ο στόχος μας είναι να αυξήσουμε την απόδοση και τη χρησιμοποιήσει σε ένα σύστημα επικοινωνίας όπου αυτή γίνεται μέγιστη όταν οι αισθητήρες στέλνουν πακέτα με μεγάλη ταχύτητα. Εμβαθύνοντας σε όσα προαναφέρθηκαν διαπιστώνουμε ότι χρησιμοποιούνται δυο τύποι ουρών αναμονής η ουρά αναμονής FCFS [3] δηλαδή first come first served όπου εξυπηρετείται πρώτη η ενημέρωση που φτάνει πιο νωρίς με ουρές προτεραιότητας M/M/1/2 και M/M/1/1 και η ουρά LCFS (last come first served)[2] όπου μπορεί να παραχωρηθεί προτεραιότητα σε κάποιο προηγούμενο πακέτο και στη συνέχεια μπορεί να αποβληθεί.

Αξίζει να σημειωθεί πως η πολλαπλή πρόσβαση με αίσθηση φορέα(που στην βιβλιογραφία συναντάται ως CSMA) προτιμάται κυρίως στο πρωτόκολλο ελέγχου πρόσβασης πολυμέσων(MAC).Στο σημείο αυτό θα τονίσουμε ότι στο CSMA χρησιμοποιούνται διάφοροι αλγόριθμοι και διάφορες λειτουργίες πρόσβασης σε συνδυασμό με τις παραλλαγές τους. Κατόπιν πολλών προσομοιώσεων παρατηρούμε ότι παίρνουμε μικρότερη ηλικία της πληροφορίας όταν υπάρχει προσθήκη και «συσσωμάτωμα» δυο κόμβων για παράδειγμα. Το παραπάνω γεγονός είναι πολύ σημαντικό καθώς ο χρήστης επιδιώκει να αυξήσει την φρεσκάδα της πληροφορίας προκειμένου να καλύψει τις απαιτήσεις του για παράδειγμα σε ένα εργαστήριο .Ειδικότερα, στις πειραματικές διαδικασίες τείνουν να προτιμούν τις μικρότερες σε μήκος ουρές.

Ένας άλλος εξίσου χρήσιμος τομέας είναι το web που και εκεί χρειάζεται να μειωθεί η καθυστέρηση μεταφοράς των δεδομένων. Σε περίπτωση που η πληροφορία δεν είναι τόσο πρόσφατη η μνήμη cache θα επιστρέψει την πιο παλιά ιστοσελίδα καθώς ο ρυθμός που ανανεώνεται κάθε ιστοσελίδα είναι συγκεκριμένος. Για να περιγραφεί η ανωτέρω κατάσταση εναλλακτικά χρησιμοποιείται ο όρος «βαθμός της παλαιότητας».

Το Aoi εισάγει την έννοια του Peak Age of Information (PAoi) χρησιμοποιώντας τις ουρές αναμονής M/G/1. Ακολουθως, σε συστήματα πολλαπλών servers(διακομιστών) χρησιμοποιείται η πολιτική του LGFS(Last Generated First Served).Είναι αξιοπρόσεκτο να παρατηρήσουμε ότι η μετρική Aoi σχετίζεται με το MMSE(MINI MENTAL STATE EXAMINATION) μια ιατρική εξέταση που διευκολύνει την επιστημονική κοινότητα και τους ασθενείς καθώς δεν χρειάζεται πρόσθετος ιατρικός εξοπλισμός.

5.2. BROADCAST(ΕΚΠΟΜΠΗ) ΣΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ Aoi

Η ηλικία της πληροφορίας είναι μια μετρική που υπολογίζεται στον τελικό χρήστη ή στον τελικό προορισμό αναλόγως την περίπτωση. Τα ασύρματα δίκτυα παρουσιάζουν ενδιαφέρον όσον αφορά τις μετρήσεις απόδοσης, π.χ. πιθανότητα κάλυψης, κέρδος ποικιλομορφίας, χωρητικότητα πληροφοριών-ενέργειας .[39] Σε κάθε περίπτωση υπάρχει ένας σταθμός βάσης που ενημερώνει τους χρήστες για τις ενδεχόμενες αφίξεις που υπάρχουν. Σημαντικός περιορισμός είναι η χωρητικότητα του ρυθμού μετάδοσης. Υπάρχουν δύο αλγοριθμικές διαδικασίες που θα μας απασχολήσουν σε αυτήν την ενότητα όπως είναι οι εξής : MDP-based algorithm και MDP-based online scheduling algorithm. Με την πολιτική ημι-Markov (SMDP) με

μη μετρήσιμο χώρο καταστάσεων περιέχονται όλες οι αιτιατές πολιτικές, έτσι ώστε οι αποφάσεις ελέγχου να λαμβάνονται με βάση τις τρέχουσες πληροφορίες του συστήματος.[35] Αυτό που έχει σημασία είναι ότι όταν ο ρυθμός για όλους τους χρήστες είναι ο ίδιος τότε ασυμπτωτικά μπορούμε να παρατηρήσουμε μια μείωση στον μέσο όρο της ηλικίας. Επομένως οι αλγόριθμοι αυτοί επαληθεύονται μέσω των προσομοιώσεων και των αριθμητικών δεδομένων που βρίσκουμε κάθε φορά από τα στατιστικά μας δεδομένα.

Με δεδομένο ότι πρόκειται για μια σύγχρονη παράμετρο η μελέτη της ωρίμανσης της πληροφορίας έχει απασχολήσει αρκετά την επιστημονική κοινότητα σε ζητήματα όπως είναι η πρόγνωση του καιρού, η πρόγνωση της κίνησης των μέσων μεταφοράς όσον αφορά την επιλογή της πιο σύντομης πορείας. Οι χρήστες πρέπει να είναι ενημερωμένοι κάθε φορά να επιλέγουν την πιο πρόσφατη πληροφορία ώστε να είναι ενημερωμένοι διαρκώς. Υπάρχει μια περίπτωση τα στατιστικά στοιχεία που αναφέρονται στους χρόνους άφιξης να είναι διαθέσιμα στον σταθμό βάσης ως οι πιο πρόσφατες πληροφορίες και εκεί χρησιμοποιούμε τον αλγόριθμο του MARKOV. Στον κυβερνοχώρο όπως και στα δίκτυα που χρησιμοποιούνται σε μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα όπου είναι επιτακτική ανάγκη να είναι γνωστές οι συντεταγμένες και η ταχύτητα του μέσου εκεί ακριβώς συναντάται και η μετρική της ωρίμανσης της πληροφορίας. Ωστόσο παρατηρούμε ότι τη στιγμή που λήφθηκε το πακέτο το Aol μειώνεται στο διάστημα που μεσολάβησε ο χρόνος για τη δημιουργία του πακέτου δεδομένων που μελετούμε και ταυτόχρονα παρατηρούμε ότι αυξάνεται μέχρι την επόμενη παράδοση.

Από τα παραπάνω προσδιορίσαμε την κορυφή (peak) και τη μέση ηλικία. Ορίζουμε γενικά ως peak age τον μέσο όρο των κορυφών και αντίστοιχα το peak age είναι ο μέσος όρος της κορυφής του χρόνου. Παράλληλα μελετώνται ζητήματα όπως είναι το πρόβλημα της πειθαρχίας των ουρών αναμονής, η επιλογή του βέλτιστου προγραμματισμού της ουράς καθώς και το πλεονέκτημα των πολλαπλών διακομιστών.

Κάθε κόμβος στο δίκτυο είναι ταυτόχρονα πηγή και μέσο εποπτείας των εκάστοτε πληροφοριών που μεταφέρονται σε πακέτα. Οι κόμβοι μπορούν να μεταφέρουν τις πληροφορίες τους με κατεύθυνση προς τους άλλους κόμβους του δικτύου. Μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η μέση ηλικία πληροφοριών εξαρτάται από το μέσο μήκος της συντομότερης διαδρομής. Γνωρίζουμε ότι η φρεσκάδα των πληροφοριών χρησιμοποιείται στα οργανωμένα συστήματα παρακολούθησης όπως είναι τα έξυπνα οχήματα καθώς και στην κατασκευή συσκευών που είναι χρήσιμα για την παρακολούθηση των κλιματικών συνθηκών. Στα συστήματα παρακολούθησης μπορούν να υπάρχουν μία ή περισσότερες πηγές πληροφοριών και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν περισσότερα συστήματα παρακολούθησης όπως είναι οι οθόνες παρακολούθησης. Συνεπώς,

μια πηγή έχει τη δυνατότητα να παράγει τις ενημερώσεις θέσης με χρονική σήμανση που δημιουργείται από την οθόνη όμως μετά από κάποια χρονική καθυστέρηση.

Στο δίκτυο υπάρχουν αναμεταδότες προκειμένου να γίνει η διάδοση των πληροφοριών μεταξύ κόμβων που συνδέονται έμμεσα. Εμείς θα μελετήσουμε τις πολιτικές προγραμματισμού. Στο σημείο αυτό μελετούμε τα δίκτυα με συνδεδεμένη τοπολογία όπου υπάρχει μια διαδρομή μεταξύ δύο διακριτών κορυφών $i, j \in V$ όπου κάθε κόμβος $i \in V$ έχει τη δυνατότητα να παράγει δείγματα μιας τυχαίας διεργασίας $H_i(t)$ σε οποιαδήποτε έστω χρονική στιγμή t .

Γνωρίζουμε από προηγούμενα παραδείγματα ότι κάθε κόμβος θεωρείται ότι έχει πρόσβαση με μηδενική καθυστέρηση στην ενημέρωση της κατάστασης της διαδικασίας οπότε θα έχουμε $\Delta(i)=i$ όπου η χρονική στιγμή $(t)=0$ για οποιοδήποτε $i \in V$.

Ορίζουμε ως το μέσο όρο της ηλικίας ως το παρακάτω όριο το οποίο μελετάται εκτενέστερα [4] :

$$\Delta_{avg} \triangleq \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{N^2 - N} \sum_{i,j \in V, i \neq j} \frac{1}{T-t} \int_t^T \Delta_i^{(j)}(t) dt \right] \quad (2)$$

$n = 0$: Το πρώτο πακέτο ενημέρωσης κατάστασης μεταδίδεται από τον κόμβο 1. Ο κόμβος 1 έχει ηλικία μηδέν αρχικά.

$n = 1$: Ο κόμβος 2 αναφέρεται στην ενημέρωση της διαδικασίας και μεταδίδει εκ νέου ένα πακέτο που περιέχει $H_2^{(1)}$.

$n = 4$: Ο κόμβος 2 αναφέρεται στην ενημέρωση της διαδικασίας $H_3(t)$.

Αξίζει να σημειωθεί ότι κάποιες ενημερώσεις φτάνουν με μια μικρή καθυστέρηση καθώς οι ενημερώσεις βρίσκονται σε κάποια αναμονή προκειμένου να υπάρξει νεότερη ανανέωση της πληροφορίας.

time slot	transmitting node	disseminated status update
$n = 0, 5, 10, \dots$	1	$H_1^{(1)}((n-1)^+)$
$n = 1, 6, 11, \dots$	2	$H_1^{(2)}((n-1)^+)$
$n = 2, 7, 12, \dots$	2	$H_2^{(2)}((n-1)^+)$
$n = 3, 8, 13, \dots$	3	$H_3^{(3)}((n-1)^+)$
$n = 4, 9, 14, \dots$	2	$H_3^{(2)}((n-1)^+)$



Εικόνα 5.1 Τρεις κόμβοι και καθυστέρηση των ενημερώσεων διαδικασίας

5.3. ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΩΝ

Στην ενότητα αυτή ερευνούμε τη μετρική AoI σε πολλαπλούς δρομολογητές όπου η περιοχή κάλυψης του δικτύου είναι σαφώς μεγαλύτερη από τον τρόπο σύνδεσης με τους μεμονωμένους κόμβους. Ο παραπάνω τύπος δρομολόγησης είναι ιδιαίτερα γνωστός στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και σε πολλά δίκτυα έξυπνων τηλεφώνων. Πάνω σε όσα προηγήθηκαν κάνουμε την παραδοχή ότι ένας κόμβος μπορεί να είναι ταυτόχρονα και η πηγή καθώς επίσης και το μέσο μελέτης των πληροφοριών που έχουμε συλλέξει. Στο τέλος της συλλογής των αποτελεσμάτων υπολογίζεται το Peak Age της πληροφορίας καθώς και η βέλτιστη ενημέρωση του αλγορίθμου. Αντιθέτως, στις σύγχρονες συσκευές μια παλαιότερη πληροφορία που δεν είναι φρέσκια μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα καθώς επίσης μπορεί να απειληθεί μέχρι και η ασφάλεια του συστήματος.

Τη στιγμή που δημιουργήθηκε το δείγμα δημιουργείται μια χρονοσφραγίδα με αποτέλεσμα να υπάρχει το μέτρο της ενημερωμένης κατάστασης. Σε μια χρονική στιγμή t η πιο πρόσφατη κατάσταση ορίζεται από τις εξισώσεις που θα δούμε παρακάτω ως $U(t)$ και η τυχαία διαδικασία ορίζεται ως $\Delta(t) = t - U(t)$ [5]. Όλα τα παραπάνω συγκλίνουν στο να μετρήσουμε τη χρονική στιγμή που έχει περάσει από την άφιξη του τελευταίου πακέτου. Για τον λόγο αυτό γίνεται λόγος για τις διάφορες στοχαστικές διαδικασίες στα στοχαστικά υβριδικά συστήματα. Εμείς θα μελετήσουμε τα συστήματα πολλαπλών πηγών με ενημερώσεις κατάστασης πολλαπλών πηγών και για τον λόγο αυτό θα αναλύσουμε δυο πολιτικές διαχείρισης πακέτων όπως είναι

A) Preemptive Policy

B) Blocking policy

Σύμφωνα με την προληπτική το νέο πακέτο που λαμβάνεται καταχωρεί μια θέση εκ των προτέρων ενώ σύμφωνα με την πολιτική του αποκλεισμού το πακέτο που φτάνει μπλοκάρεται όταν ο διακομιστής είναι απασχολημένος την δεδομένη χρονική στιγμή που φτάνει. Μια ακόμη πολιτική που θα αναφερθεί είναι η πολιτική μηδενικής αναμονής όπου το νέο πακέτο δημιουργείται αμέσως μετά το προηγούμενο πακέτο.

Οι ενημερωμένες καταστάσεις που μεταδίδονται ως πακέτα που μεταφέρουν την ζητούμενη πληροφορία περιέχουν μια χρονική σήμανση όπου αναπαρίστανται η ώρα που δημιουργήθηκε το δείγμα. Σύμφωνα με τη διαδικασία της ουράς αναμονής Poisson τα πακέτα από τον πομπό ,με αντίστοιχους ρυθμούς εξυπηρέτησης λ_1 και λ_2 εξυπηρετούνται στον διακομιστή με έναν εκθετικό τρόπο και με μέσο όρο $1/\mu$.

Σύμφωνα με την τεχνική SHS σε πρώτο στάδιο πρέπει να οριστούν το διάνυσμα συνάρτησης μεταξύ της διακριτής κατάστασης $q(t)$ και συνεχούς συνάρτησης $x(t)$ καθώς και η εκθετική συνάρτηση $e^{-sx(t)}$. Αρκετά σημαντικό είναι να αναφερθούμε στην ανάλυση των στοχαστικών και υβριδικών συστημάτων όσον αφορά τον προσδιορισμό της συνάρτησης Moment Generating στο Age of Information όπου αποτελεί μια εναλλακτική προδιαγραφή της κατανομής των πιθανοτήτων. Πιο συγκεκριμένα, ο πλήρης προσδιορισμός της συνάρτησης περιλαμβάνει τον μετασχηματισμό Fourier μιας συνάρτησης $f(x)$ και τον μετασχηματισμό Laplace.

Είναι πλέον βέβαιο πως για πολλά μοντέλα ουράς αναμονής χρησιμοποιείται η ανάλυση της τεχνικής των στοχαστικών-υβριδικών. Σύμφωνα, με ένα σύστημα για παράδειγμα πολλαπλών πηγών όπου χρειάζεται η τακτική ενημέρωση των πληροφοριών οι πληροφορίες στο πακέτο που μελετούμε δεν είναι διαθέσιμες μέχρι να επεξεργαστούν από έναν διακομιστή στο τελικό στάδιο. Οι ενημερώσεις κατάστασης μεταδίδονται ως πακέτα και υπάρχει χρονική σήμανση τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή που αρχικοποιούνται.

ΕΠΕΞΗΓΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ :

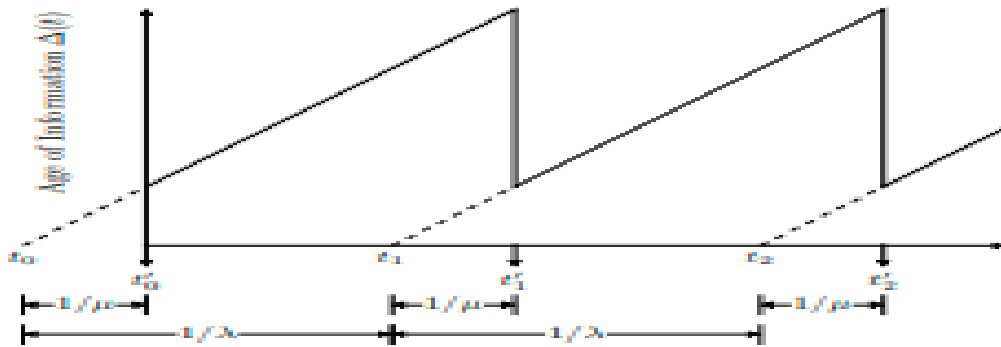
Εξηγώντας ένα παράδειγμα που μπορούμε να συναντήσουμε είναι τα πακέτα των πηγών 1 και 2 που παράγονται με τη γνωστή διαδικασία Poisson με ρυθμούς λ_1 και λ_2 , αντίστοιχα, και τελικά τα πακέτα εξυπηρετούνται από τον πομπό με μέσο όρο $1/\mu$. Η προληπτική πολιτική, έχει το χαρακτηριστικό σύμφωνα με το οποίο κάθε άφιξη ενός νέου πακέτου καταλαμβάνεται εκ των προτέρων κάθε πιθανό πακέτο που είναι υπό λειτουργία εκείνη τη χρονική στιγμή. Ωστόσο η

πολιτική αποκλεισμού, αναφέρει ότι όταν ένας διακομιστής είναι απασχολημένος τη χρονική στιγμή που φτάνει κάθε νέο πακέτο, τότε το πακέτο που φτάνει μπλοκάρεται και τελικά απορρίπτεται.(blocking policy)

5.4. AD HOC

Αρχικά διευκρινιστικά σημειώνεται πως ένα ασύρματο ad hoc δίκτυο δεν βασίζεται σε κάποια προυπάρχουσα υποδομή όπως για παράδειγμα μπορεί να είναι οι διάφορες ηλεκτρονικές συσκευές όπως είναι οι δρομολογητές. Συμπληρωματικά, οι δρομολογητές έχουν ως σκοπό να αποστέλλουν και να λαμβάνουν πακέτα δεδομένων μεταξύ πελάτη-διακομιστή όπου στις περισσότερες φορές ο πελάτης είναι ένα τμήμα λογισμικού που ζητά κάτι από τον εξυπηρετητή. Συνεπώς αναφερόμαστε στη συγκεκριμένου τύπου δικτυακή ρύθμιση όπου δεν απαιτείται κάποιος ιδιαίτερος σχεδιασμός. Ένα ασύρματο αυτοοργανωμένο δίκτυο αποτελείται από μια πληθώρα κόμβων, οι οποίοι χρησιμοποιούν τις ζεύξεις ως μέσο διασύνδεσης. Ασφαλώς το Aoi έχει βοηθήσει στο να εξάγουμε ένα συμπέρασμα σχετικά με το πως συνδέεται αυτή η μετρική με την θεωρία των ουρών αναμονής. Για λόγους σαφήνειας και μόνο θα αναφερθούμε στα μοντέλα ουρών αναμονής D/M/1 και D/D/1 υποδεικνύοντας ότι όταν οι απώλειες αυξάνονται χρησιμοποιείται πιο πολύ το μοντέλο D/D/1.Ιδιαίτερα σημαντική είναι η εφαρμογή των παραπάνω σε δικτυακές συνδέσεις που είναι απαραίτητο να υπάρχει ενημερωμένη πληροφορία.

Πολλές είναι οι περιπτώσεις όπου είναι σημαντική η δυνατότητα έγκαιρης ενημέρωσης για τον λόγο αυτό είναι σημαντική η κατανόηση της διαχείρισης ουράς αναμονής καθώς και των στρατηγικών και των αλγορίθμων .Διαδικασίες άφιξης και εξυπηρέτησης, συγκεκριμένα ουρές M/M/1, M/D/1 και D/M/1 συμβάλουν στη μελέτη της μετρικής της ωρίμανσης. Κάτι ανάλογο ισχύει και στην ύπαρξη πολλών διακομιστών όπου λαμβάνουν μέρος οι ουρές αναμονής τύπου (M/M/c).Συνάγουμε το συμπέρασμα, ότι οι περισσότεροι διακομιστές συμβάλλουν στην ύπαρξη μικρότερης ηλικίας, με αποτέλεσμα τα πακέτα που φθάνουν στον τελικό προορισμό να μην συμβαδίζουν με τις τωρινές καταστάσεις.



Εικόνα 5.2 D/D/1 system

ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΣΧΗΜΑΤΟΣ

Η διαδικασία άφιξης με περίοδο υπολογίζεται ως το κλάσμα $1/\lambda$ και ο μέσος χρόνος εξυπηρέτησης δίνεται κατά $1/\mu$.

Για $\lambda < \mu$ βλέπουμε την ηλικία σε συνάρτηση με το χρόνο στο σχήμα που βλέπουμε παραπάνω.[6]

5.5. ΕΙΣΑΓΩΓΗ : ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΚΑΙ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ-ΑΦΙΞΕΙΣ

Είναι πολύ σημαντικό να αναφέρουμε πως στην μετρική της ωρίμανσης της πληροφορίας στηρίζεται και η άφιξη των πακέτων σε έναν σταθμό βάσης, κατευθυνόμενο προς διαφορετικούς προορισμούς. Για να γίνουμε πιο σαφείς στην παραπάνω διαπίστωση μας θα κάνουμε λόγο για την στοχαστική διαδικασία που ακολουθείται. Το 1909 ο Agner Krarup Erlang ,γνωστός Δανός μηχανικός που θα συναντήσουμε στη βιβλιογραφία δημοσίευσε τα ευρήματά του. Παράλληλα βασιζόμαστε στη μαθηματική θεωρία αναμονής που είναι παρούσα σε διάφορους τομείς της βιομηχανικής μηχανικής όπου αυτό θα εξεταστεί σε επόμενο κεφάλαιο καθώς και στις τηλεπικοινωνίες που θα δούμε στο παρόν κεφάλαιο. Η τοπολογία αποτελείται : από τον διακομιστή, τον πελάτη και συγχρονιστή χρόνου. Ο συγχρονιστής χρόνου χρησιμοποιείται στον σωστό υπολογισμό της ηλικίας της πληροφορίας. Πιο συγκεκριμένα ακολουθεί το πιο απλό παράδειγμα ανάλυσης μιας ουράς M/M/1 με έναν εξυπηρετητή που θα έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά, όπου το M αντιπροσωπεύει την μαρκοβιανή ακολουθία ,το D σημαίνει ντετερμινιστικό :

A) λ : δηλαδή το ποσοστό άφιξης πιο συγκεκριμένα ο αναμενόμενος χρόνος μεταξύ κάθε πελάτη που φτάνει, ή πιο απλά είναι ο ρυθμός του.

Β) μ : συμβολίζει το αντίστροφο του μέσου χρόνου εξυπηρέτησης(δηλαδή υλικό ή και λογισμικό που εξυπηρετεί τις αιτήσεις).

Γ) n : είναι η παράμετρος που χαρακτηρίζει τον αριθμό των πελατών στο σύστημα

Δ) P_n : όπου είναι η πιθανότητα να υπάρχουν n πελάτες στο σύστημα σε σταθερή κατάσταση.

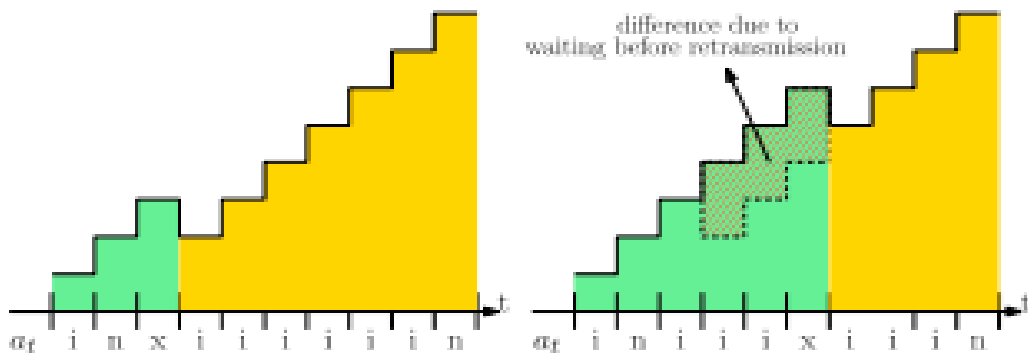
Αφού είδαμε το παραπάνω απλό μαθηματικό παράδειγμα θα μελετήσουμε την έννοια της ασύρματης σύνδεσης στην στοχαστική-μαρκοβιανή διαδικασία. Είναι κοινά αποδεκτό πλέον ότι σχετίζεται με τη μετρική AoI καθώς ο κύριος στόχος μας όπως έχει αναφερθεί είναι η μελέτη της διατήρησης της φρεσκάδας. Επομένως, τα πακέτα που θα φτάσουν στον τελικό κόμβο προορισμού ακολουθούν μια σειρά προτεραιότητας προκειμένου να φτάσουν στο τελικό στάδιο και να διαβιβαστούν επιτυχώς. Τέλος, η επιστημονική κοινότητα όπως είναι δυνατό αναλύει, υπολογίζει και μελετάει μέσω των συνεχών προσομοιώσεων τα αποτελέσματα των θεωριών των ουρών αναμονής.

Αρχικά, πολλές δικτυακές συνδέσεις και πολλά επανδρωμένα ή τηλεκατευθυνόμενα οχήματα όπως έχει μελετηθεί, έχουν ως σκοπό να μειώσουν τον ρυθμό μεταφοράς του πακέτου με την ταυτόχρονη αύξηση της διεκπεραιωτικής ικανότητας όπου αυτή μπορεί να είναι η ταχύτητα και η απόδοση στις περισσότερες περιπτώσεις των συστημάτων επικοινωνίας. Το AoI όπως έχει μελετηθεί ορίζεται ως εξής: $h(t) := t - \tau^D(t)$.

Επεξηγήση και σχολιασμός των μαθηματικών συμβόλων που χρησιμοποιήθηκαν στην παραπάνω εξίσωση: $\tau^D(t)$ είναι μια χρονοσφραγίδα του λαμβανόμενου πακέτου προορισμού. Αξίζει να σημειωθεί πως με βάση τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις προσομοιώσεις που έχουν γίνει η τιμή του $h(t)$ παρουσιάζει μια γραμμική μεταβολή που με την πάροδο του χρόνου τείνει να γίνει αυξητική υποδηλώνοντας την ωριμότητα της πληροφορίας στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα που κάθε φορά παρατηρείται αυτή η αυξητική τάση.

5.6. (H)ARQ

Σ ένα πιο πειραματικό στάδιο αν αναλογιστούμε πως η αλλαγή μιας νέας κατάστασης μέσα σ ένα κανάλι επικοινωνίας η οποία προορίζεται σ έναν κόμβο προορισμού θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε το μέσο όρο του Aoi με την ποσοτική του έννοια. Παράλληλα το γεγονός ελάττωσης του μέσου όρου της μετρικής της ωρίμανσης της πληροφορίας γνωρίζοντας ότι υπάρχουν αναμεταδόσεις λόγω κάποιων σφαλμάτων που υπάρχουν κατά την διάρκεια της επικοινωνίας. Τα σφάλματα αυτά είναι πολύ πιθανό να υπάρχουν λόγω του θορύβου στο κανάλι επικοινωνίας. Στο επόμενο διάστημα όταν αυτό το μήνυμα φτάσει στον προορισμό του θα δεχτούμε μια επιβεβαίωση πως έχει φτάσει εκεί. Ειδικότερα στην περίπτωση που θέλουμε να εστιάσουμε στη βέλτιστη επικοινωνία-διαδρομή όπως είναι λογικό θα υπάρχουν διαφορετικοί μηχανισμοί ανατροφοδότησης και στο σημείο αυτό θα αναφερθούμε στο πρωτόκολλο ARQ και στο υβριδικό του, το HARQ. Αξίζει να σημειωθεί πως η αξιοπιστία στο κανάλι αυξάνεται μέσω των επανεκπομπών που γίνονται εκεί μέσα σε αυτό. Μετά από κάθε επανεκπομπή στέλνεται από τον κόμβο προορισμού μια θετική ή μία αρνητική επιβεβαίωση που δείχνει αντίστοιχα ότι έφτασε εκεί το σήμα ή όχι. Το Aoi κάθε φορά μετριέται και καθορίζεται ποσοτικά στον δέκτη δηλαδή η φρεσκάδα της πληροφορίας κάθε φορά μετριέται στον δέκτη.



Εικόνα 5.3 Επαναμετάδοση ύστερα από ένα σφάλμα μετάδοσης.

Πρόκειται για μια αναμετάδοση πακέτου ύστερα από μια αποτυχημένη προσπάθεια με αποτέλεσμα να μην καταλήγουμε σε κάποια συσχέτιση της αύξησης της ηλικίας με την επιτυχή μετάδοση του πακέτου. Οι επανεκπομπές που γίνονται κάθε φορά αυξάνουν την αξιοπιστία του καναλιού αλλά κάποιες ασύρματες συσκευές είναι ευαίσθητες στον θόρυβο. Το πρωτόκολλο

HARQ συνδυάζει όλες τις πληροφορίες σε ένα πακέτο και έχει ως σκοπό να τις αποκωδικοποιήσει. Γενικά, η πιθανότητα να υπάρχει λάθος στον αριθμό των επανεκπομπών διαφέρει και εξαρτάται από τις τεχνικές του πρωτοκόλλου HARQ.

Ας μην περάσει απαρατήρητο ότι η πιθανότητα επιτυχούς αποκωδικοποίησης γενικά αυξάνεται αλλά και η ηλικία της πληροφορίας έχει μελετηθεί πως και εκείνη θα παρουσιάσει μια αύξηση. Πάντως υπάρχει μια σημαντική συσχέτιση μεταξύ της πληροφορίας και της φρέσκιας πληροφορίας που μεταδίδεται με υψηλή πιθανότητα σφάλματος αυτήν την φορά. Ύστερα από την αρνητική επιβεβαίωση το πακέτο αποβάλλεται και μεταδίδεται η πιο πρόσφατη κατάσταση και η ακριβής διαδικασία κάθε φορά εξαρτάται από τις προηγούμενες καταστάσεις. Η αλγοριθμική διαδικασία κάθε φορά μπορεί να θέσει σε αδράνεια είτε να μετατρέψει κάθε φορά την ενημερωμένη κατάσταση βέβαια σημαντικό ρόλο θα παίξει ο μέσος αριθμός των αναμεταδόσεων του καναλιού. Συνεπώς για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές για τα πρωτόκολλα HARQ και ARQ προκειμένου να μειωθεί δηλαδή το Aoi. Πράγματι, η επιτυχής μετάδοση εξαρτάται από τον αριθμό των προηγούμενων αναμεταδόσεων αλλά ο τελικός κόμβος είναι αυτός που αποφασίζει αν θα αναμεταδώσει ένα πακέτο ή αν θα το αποβάλλει.

Το παραπάνω σχήμα απεικονίζει την πολιτική HARQ με τιμή του (λ) ίση με το 0.5. Ένας ρυθμός είτε θετικών είτε αρνητικών επιβεβαιώσεων θα οδηγήσει σε μείωση στον αριθμό του Aoi. Οι μικρότερες τιμές του ρ_0 οδηγούν σε μείωση στην ηλικία της πληροφορίας και όπως έχει παρατηρηθεί για διαφορετικές τιμές του C_{\max} το Aoi είναι αρκετά ίδιο και δεν αλλάζει.

Κύριο μέλημά μας αποτελεί η μελέτη των συνθηκών που επικρατούν σε ένα κανάλι επικοινωνίας το οποίο τυγχάνει να έχει αρκετές αναμεταδόσεις. Σύμφωνα με τη θεωρία των ασύρματων επικοινωνιών οι αναμεταδόσεις είναι απαραίτητες για την παροχή αξιοπιστίας στο κανάλι μετάδοσης. Σύμφωνα με το πρωτόκολλο HARQ, ο δέκτης αθροίζει τις πληροφορίες από όλες τις προηγούμενες προσπάθειες προκειμένου να αποκωδικοποιήσει επιτυχώς τα δεδομένα. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί πως στην μετρική της ωρίμανσης της πληροφορίας παρατηρείται αύξηση καθώς και στην πιθανότητα της επιτυχούς αποκωδικοποίησης παρατηρείται αύξηση, γεγονός που παρατηρείται αρκετά συχνά.

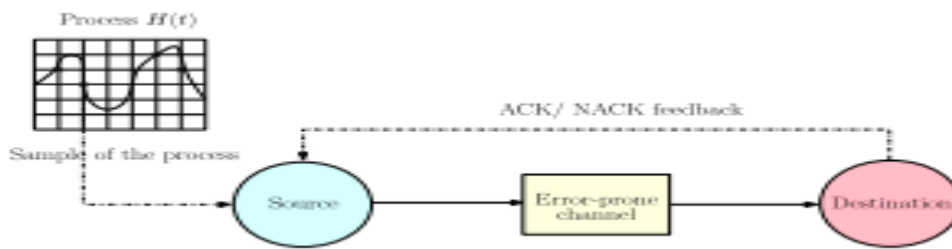
Συμβαίνει αρκετά συχνά η επαναληπτική μετάδοση του πακέτου που είναι αδύνατο να αποκωδικοποιηθεί. Βέβαια να τονίσουμε πως το νέο πακέτο που στέλνεται διακρίνεται για τις περισσότερο ενημερωμένες πληροφορίες του που στέλνονται κατά την αναμετάδοση. Ωστόσο κατά την αρνητική επιβεβαίωση που λαμβάνεται στο δέκτη το πακέτο θα απορριφθεί. Υπάρχουν διάφορες πολιτικές για τα πρωτόκολλα HARQ και ARQ οι οποίες πολιτικές βοηθούν στην

ελαχιστοποίηση της ηλικίας της πληροφορίας καθώς και στην ελαχιστοποίηση των αναμεταδόσεων που έχει ένα ασύρματο κανάλι.

Αναφορικά με τις αναμεταδόσεις ο κόμβος πηγής αποφασίζει την αναμετάδοση του πακέτου καθώς και την πιθανή του απόρριψη. Η χρήση των αισθητήρων συμπεριλαμβάνεται προκειμένου να γίνουν γνωστές οι προσπάθειες επαναμετάδοσης σε χρονικά μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οι αλγόριθμοι ενισχυτικής μάθησης οι οποίοι περιλαμβάνουν ένα μοντέλο που περιγράφεται από τις συναρτήσεις ανταμοιβής. Επιστρέφοντας στο προηγούμενο θέμα ,το περιβάλλον που χρησιμοποιείται βασίζεται κυρίως στα ACK/NACK[7] δηλαδή στις θετικές και στις αρνητικές αναμεταδόσεις. Ο αλγόριθμος ενισχυτικής μάθησης RL είναι μέσου κόστους και προτείνεται όταν δεν γνωρίζουμε τις πιθανότητες επιτυχίας της μετάδοσης του πακέτου.

Αρκετά πειράματα που προσομοιώνουν τις καταστάσεις ωρίμανσης της ηλικίας της πληροφορίας πραγματοποιούνται στους μηχανισμούς HARQ-ARQ κυρίως παρατηρώντας την ανάδραση μέσα από αυτά. Βασιζόμενοι και εμείς στις ουρές αναμονής όπου οι καταστάσεις που ενημερώνονται φτάνουν στον κόμβο προορισμού τυχαία ακολουθώντας την Poisson κατανομή. Σύμφωνα με τη πολιτική FIRST COME FIRST SERVED υπάρχει απώλεια πακέτων και καθυστερήσεις στην ουρά αναμονής λόγω των πακέτων που υπάρχουν στην ουρά αναμονής με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο χρόνος ωρίμανσης της πληροφορίας όπως είναι φυσικό. Μια άλλη πολιτική προγραμματισμού είναι το LAST CAME FIRST SERVED σύμφωνα με την οποία μεταδίδεται το πιο ενημερωμένο πακέτο με τη συνακόλουθη ύπαρξη της προληπτικής (preemptive) προτεραιότητας.

Σύμφωνα με τον αλγόριθμο μάθησης ο οποίος είναι μειωμένου κόστους και παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα και εν μέρει έχει κάποια βασικά χαρακτηριστικά ντετερμινισμού. Το πρωτόκολλο ARQ είναι αρκετά περίπλοκο καθώς δεν έχει υπολογιστεί η επίδραση που έχουν οι αναμεταδόσεις που υπάρχουν και οι παράμετροι του συστήματος σε συνδυασμό με τον πολλαπλασιαστική LAGRANGE όπου ορίζεται σε συνδυασμό με την παράγωγο της ακρότατης τιμής. Μια χρονικά μεταβαλλόμενη διαδικασία σε συνδυασμό με το μοντέλο ad hoc μπορεί να παρέχει ενημερώσεις ανά πάσα στιγμή.



Εικόνα 5.4 Σύστημα ενημέρωσης με θετική και αρνητική ανατροφοδότηση.

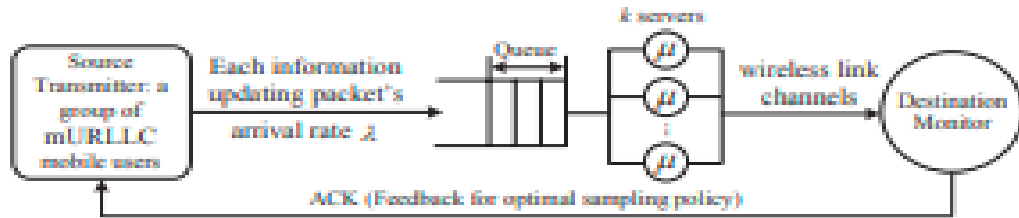
Οι ενημερώσεις κατάστασης αποθηκεύονται από έναν κόμβο πηγής καταλήγοντας στον προορισμό, μέσα σε ένα κανάλι. Στη διάρκεια της ενημέρωσης της κατάστασης κανονικοποιείται ο χρόνος στα timeslots. Σχετικά με τις ενημερώσεις κατάστασης είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως γίνονται γνωστές μέσω ενός καναλιού από τον κόμβο πηγής προς τον κόμβο προορισμού. Αξίζει να σημειωθεί πως κατά τη διάρκεια της κατάστασης της πληροφορίας υπάρχει κανονικοποίηση όσον αφορά τις χρονοθυρίδες που μελετούμε. Σε περίπτωση αποτυχίας αποστολής του πακέτου στέλνεται ένα σήμα NACK ενώ σε περίπτωση επιτυχούς πακέτου αποστολής στέλνεται ένα μήνυμα θετικής ανάδρασης ACK.

Μέσω του πρωτοκόλλου HARQ μπορεί να αποφευχθεί η πιθανότητα λάθους μέσω επαναμετάδοσης και αποκωδικοποίησης. Είναι πλέον γνωστό ότι κάθε πιθανότητα σφάλματος εξαρτάται από τον αποκωδικοποιητή καθώς και από τις συνθήκες του καναλιού στην εκάστοτε περίπτωση. Το AoI υπολογίζει τον αριθμό των χρονοθυρίδων που σε τελικό στάδιο φτάνουν ώστε να αποκωδικοποιηθούν από τον δέκτη.

5.7 5G ΚΑΙ 6G ΚΑΙ DYNAMIC SPECTRUM SHARING(DSS), ΓΕΝΙΚΑ ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΚΙΝΗΤΟ ΔΙΚΤΥΟ - QUALITY OF SERVICE

Η διασφάλιση της ποιότητας υπηρεσίας(QoS) πραγματοποιείται μέσω της εξασφάλισης των πολυμεσικών εφαρμογών που είναι αρκετά ευαίσθητες όσον αφορά την πάροδο του χρόνου. Η μετρική της ωρίμανσης της πληροφορίας χρησιμοποιείται στα ασύρματα δίκτυα μέσω της χρονικής σήμανσης όπου αναγράφεται επακριβώς η συγκεκριμένη ώρα και χρονική στιγμή που ήρθε η πιο πρόσφατη ενημέρωση. Μπορούμε κάθε στιγμή να υπολογίσουμε το χρονικό διάστημα αυτό αν αφαιρέσουμε την τρέχουσα ώρα κατά την ποσότητα της ώρας της χρονικής σήμανσης προκειμένου να υπολογιστεί αυτή η καθυστέρηση. Τα μαζικά συστήματα υψηλής

αξιοπιστίας m(URLLC) της 6^{ης} γενιάς παρέχουν μια πληθώρα υπηρεσιών και στοχεύουν στην εξυπηρέτηση των χρηστών και στην ελαχιστοποίηση της συχνότητας των σφαλμάτων.



Εικόνα 5.5 Σύστημα mURLLC 6G δίκτυο.

Το σύστημα μοντέλου mURLLC 6G μεταδίδει πακέτα μέσω της πολιτικής εξυπηρέτησης FCFS και ουράς αναμονής M/M/k ουρά. Πρέπει να οριστεί η ηλικία της πληροφορίας. Ο χώρος κατάστασης στο μοντέλο SHS αποτελείται από έναν αριθμό αριθμό διακριτών καταστάσεων που είναι πεπερασμένες και υπάρχουν στοχαστικές διαδικασίες.

Στο σημείο αυτό τονίζεται πως στην ψηφιακή επικοινωνία των συστημάτων υπάρχει χρονική μεταβολή λόγω της κινητικότητας που υπάρχει ανάμεσα στον πομπό και στο δέκτη. Ας μην περάσει απαρατήρητο λοιπόν πως είναι μια σοβαρή πρόκλησή του Age of Information μέσα από τα συστήματα 6^{ης} γενιάς που μελετούμε στην παρούσα ενότητα. Παράλληλα, στα συστήματα πέμπτης γενιάς τα γνωστά 5G χρησιμοποιούνται δυναμικά κανάλια που μελετώνται μέσω των τεχνικών στο πεδίο του χρόνου (time domain) και στο πεδίο της συχνότητας (frequency). Αλγοριθμικοί σχεδιασμοί χρησιμοποιούνται για να μεγιστοποιήσουν το Aoi με πιο πρόσφατους σχεδιασμούς να έχουν ως στόχο να εστιάσουν στις δυνατότητες του 5G. Εκείνο που προέχει όπως είδαμε παραπάνω είναι η μελέτη των συνθηκών του εκάστοτε καναλιού καθώς θα εισάγουμε και μια καινούρια παράμετρο την transmission time interval (TTI). Μια σημαντική επεξήγηση του TTI είναι η διασύνδεση της παραμέτρου αυτής με το μέγεθος των δεδομένων που μεταφέρονται κάθε φορά.

Όσον αφορά το επίπεδο LTE στα δίκτυα πέμπτης γενιάς 5G έχουμε τα λεγόμενα resource blocks τα οποία εκφράζουν τη συχνότητα ενός σήματος μετρημένο σε Hz. Είναι σημαντικό να διερευνηθεί ειδικότερα ο ρυθμός uplink transmission resource δηλαδή ένας σύνδεσμος τηλεπικοινωνιών που βασίζεται στους δορυφόρους επικοινωνίας χρησιμοποιώντας πολλές τεχνικές δικτύωσης. Ωστόσο σημαντική παρατήρηση είναι η ελαχιστοποίηση του Age of Information σε συνδυασμό με την κατανομή των resource blocks στο πεδίο του χρόνου και στο

πεδίο της συχνότητας. Μπορούμε να υποστηρίξουμε πρακτικά την παραπάνω παράμετρο TTI μέσω του προγράμματος IQP (integer quadratic programming) βρίσκοντας την ασυμπτωτική.

Με δεδομένη την παραπάνω πληροφόρηση για τα δίκτυα πέμπτης γενιάς θα μελετήσουμε τώρα πως επιδρά το Aoi στα δίκτυα 6ης γενιάς. Σε αυτήν την περίπτωση πολλά συστήματα 6ης γενιάς είναι αμετάβλητου χρόνου (time variant) με αποτέλεσμα να εμφανίζεται η καθυστέρηση διάδοσης λόγω του φαινομένου doppler και έτσι είναι δύσκολο να εκφραστεί το Aoi. Αρχικά, θα υποστηρίξουμε όλες εκείνες τις υπηρεσίες έκτης γενιάς που χρησιμοποιούμε στα ασύρματα δίκτυα. Ακολούθως θα προσδιορίσουμε τον μέγιστο ρυθμό του Aoi που καλείται peak age of information. Τα συστήματα του Aoi αναπτύσσουν διαδικασίες όπως αυτές που μελετήθηκαν σε προηγούμενη υποενότητα. Εφόσον είδαμε κάποια παραδείγματα ουρών αναμονής θα εστιάσουμε στο μοντέλο M/M/k.

Τα παραπάνω πακέτα αποστέλλονται μέσω της τεχνικής first come first served χρησιμοποιώντας ως ουρά αναμονής την M/M/k. Προκύπτει ότι η ολοένα και αυξανόμενη διακίνηση ενημερώσεων δεν οδηγεί απαραίτητα στην βελτιστοποίηση της ηλικίας της πληροφορίας. Ωστόσο σύμφωνα με την πολιτική FCFS οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι μπορεί να αυξηθεί η μετρική της ηλικίας της πληροφορίας. Ουρές αναμονής πολλών εξυπηρετητών όπως M/M/22 μπορεί να οδηγήσει στο να χαρακτηριστούν κάποια πακέτα ξεπερασμένα από τη χρονική στιγμή άφιξης στον προορισμό. Το πακέτο βέβαια που αποστέλλεται έχει μια ορισμένη προθεσμία και ακολουθείται η τεχνική του Poisson με ρυθμό άφιξης λ και με ποσοστό εξυπηρέτησης μ . Παράλληλα μέσω της μοντελοποίησης του Aoi και της τακτικής FCFS δημιουργείται ένα στοχαστικό υβριδικό σύστημα (SHS). Αξίζει να σημειωθεί πως το στοχαστικό αυτό σύστημα αποτελείται από έναν επαρκή αριθμό από διακριτές καταστάσεις που είναι συνεχείς στο πεδίο του χρόνου. Το μοντέλο SHS περιγράφει την εξέλιξη του Aoi όταν η σειρά των ενημερωμένων πληροφοριών παρουσιάζει αύξηση. Επίσης υπάρχουν δυο καταστάσεις του Aoi όπως είναι η διαρκής και η διακριτή όπως μπορούμε να δούμε κατόπιν προσομοιώσεων που έχουν γίνει.

Στην παράγραφο αυτή θα μελετήσουμε πως επιδρά το Aoi στο dynamic spectrum sharing (DSS) μελετώντας τις παραμέτρους μετάδοσης και λήψης σε ένα ασύρματο φάσμα εισάγοντας μας την έννοια της δυναμικής διαχείρισης φάσματος. Στο πλαίσιο αυτό υπάρχει ένας πρωταρχικός χρήστης (primary user) που αυτός στέλνει πακέτα στον προορισμό μέσω της μεσολάβησης του (secondary user). Ο σκοπός μας είναι να μειώσουμε την κατανάλωση ενέργειας και αυτό μπορεί να γίνει μέσω της μαρκοβιανής διαδικασίας (CMDP). Η μορφή της μαρκοβιανής ακολουθίας περιλαμβάνει όπως προαναφέρθηκε έναν primary user και έναν secondary user που θα μοιράζονται το ίδιο κανάλι και θα υπάρχει μια μορφή συσχέτισης μεταξύ τους. Ο πρωταρχικός

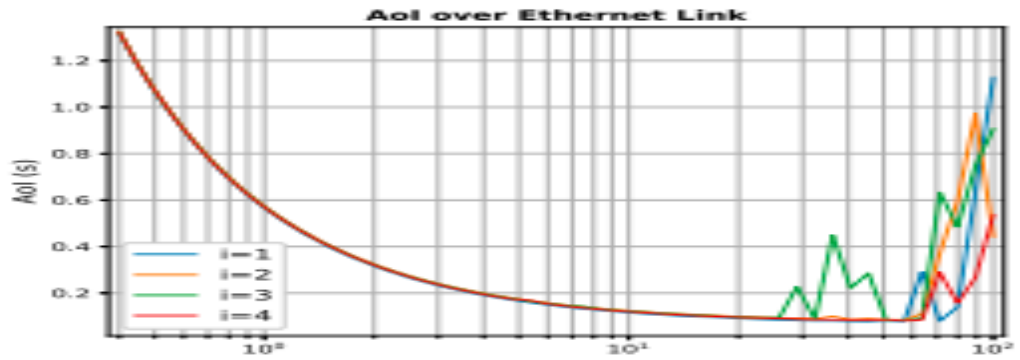
χρήστης προσφέρει επιπλέον κόστος στη μετρική Aoi με αποτέλεσμα ο δευτερεύων χρήστης να αναλαμβάνει να ισορροπήσει το κόστος μεταξύ αυτών των δυο χρηστών.

Δεύτερη μέθοδος που θα δούμε είναι η μαρκοβιανή ακολουθία μέσω της μεθόδου lagrange. Αυτό σημαίνει πως το CMDP [8] θα παραμετροποιηθεί μέσω μιας παραμέτρου λ και θα γίνει MDP. Προκύπτει λοιπόν η εξίσωση με χρονοσφραγίδα t $L(s(t), a(t); \lambda) = B(t) + \lambda A\rho(t) (A\rho(t) \& a(t))$. Σύμφωνα με γνωστά θεωρήματα υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις που βοηθούν τους αλγορίθμους επανάληψης που συναντούμε. Για να υπολογιστεί το MDP ορίζουμε μια σειρά από συγκεκριμένους αριθμούς και παράλληλα χρησιμοποιούμε την τιμή δ . Συνεπώς, όταν η τιμή του δ απειρίζεται η πραγματική τιμή του MDP γίνεται ασυμπτωτική.

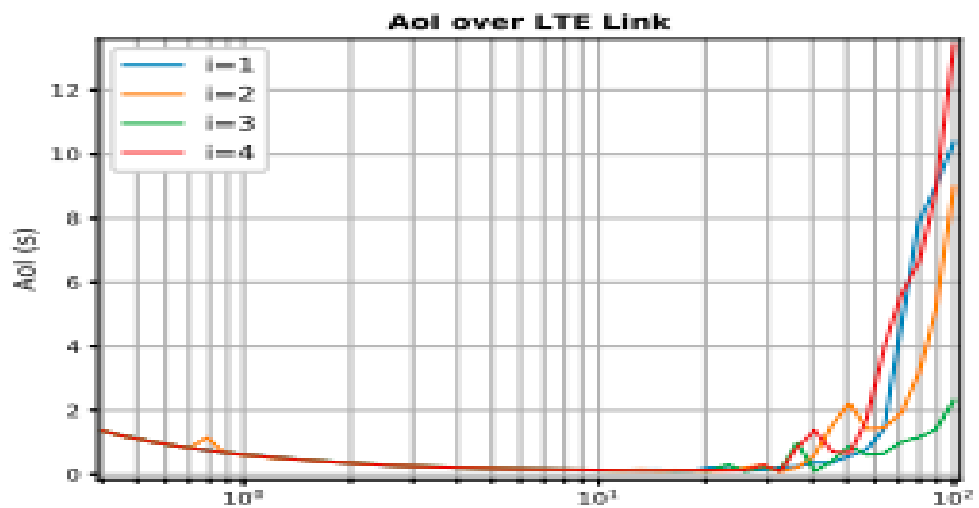
Αρκετά σημαντική είναι η χρήση των πρωτοκόλλων μεταφοράς και ειδικότερα TCP/IP [9] που χρησιμοποιείται στο 3G και στο 2G που συναντάται Aoi για την ενημέρωση του ρυθμού της ενημέρωσης. Καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως χρειάζεται να προσαρμοστούμε στις ενδεχόμενες καθυστερήσεις που αντιμετωπίζουμε στη μελέτη της ωρίμανσης της πληροφορίας. Το 3G χρησιμοποιείται στις ασύρματες επικοινωνίες και ειδικότερα στην κινητή τηλεφωνία, στις βιντεοκλήσεις και στο Διαδίκτυο. Εμφανίστηκε περί την δεκαετία του 2000 και χαρακτηρίζεται από μεσαίες ταχύτητες συγκριτικά με την πέμπτη γενιά δικτύων που λαμβάνει χώρα στις μέρες μας. Παραπάνω ορίζουμε τη χρονική στιγμή που έχει παρέλθει από τη διαδικασία $\Delta(t)$ δηλαδή θα έχουμε $\Delta(t) = t - U(t)$ με $U(t) =$ ο χρόνος δημιουργίας (που δημιουργείται από τη χρονική σήμανση) του και t η χρονική στιγμή λήψης των πιο πρόσφατων δεδομένων.

Στα παρακάτω σχήματα παρατηρούμε πως υπάρχουν κάποιες στιγμιαίες κορυφές. Αξίζει να σημειωθεί πως αυτό συμβαίνει λόγω της στοχαστικής φύσης των ουρών αναμονής. Κατά την αύξηση του ρυθμού δειγματοληψίας η ηλικία αυξάνεται. Είναι αρκετά σημαντικό να τονίσουμε πως ο ρυθμός της δειγματοληψίας με τον οποίο το Aoi αρχίζει να αυξάνεται διαφέρει σε καθεμία από τις παρακάτω περιπτώσεις που μελετούμε πιθανό λόγω του διαφορετικού εύρους ζώνης σε καθεμία από τις περιπτώσεις που ακολουθούν :

Age of Information (Ηλικία της Πληροφορίας)

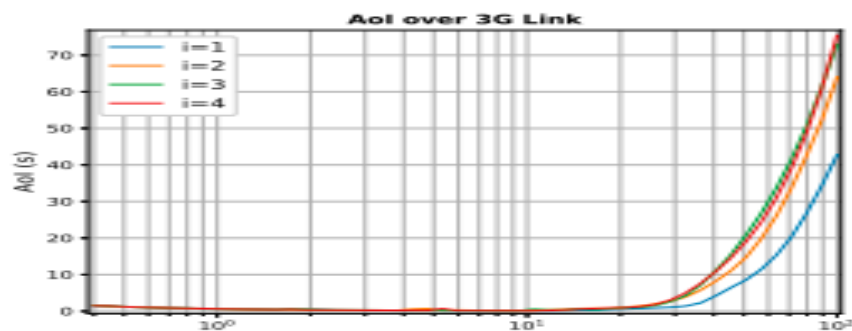


Εικόνα 5.6 Aol και Ethernet

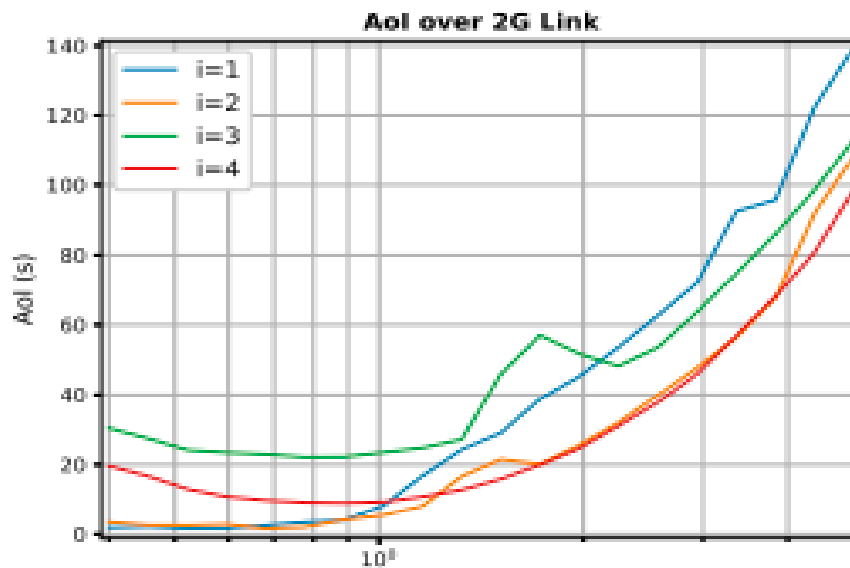


Εικόνα 5.7 Aol και LTE σύνδεση.

Στα σχήματα παρατηρούμε πως υπάρχουν κάποιες στιγμιαίες κορυφές. Αξίζει να σημειωθεί πως αυτό συμβαίνει λόγω της στοχαστικής φύσης των ουρών αναμονής που μελετούμε.



Εικόνα 5.8 Aol 3G σύνδεση



Εικόνα 5.9 AoI ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ 2G

Παρατηρούμε ότι στο AoI υπάρχει μια πιο γρήγορη αύξηση όπου χρησιμοποιείται η σύνδεση μέσω του 2G. Η ηλικία της πληροφορίας είναι σημαντική σε αρκετές συσκευές. Εμείς μπορούμε να υπολογίσουμε αυτήν την ηλικία μέσω συνδέσεων και τοπολογιών που έχουν καθορισμένο εύρος ζώνης. Οι συνδέσεις TCP/IP παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές συγκριτικά με τις συνδέσεις κελιών. Πολλές κορυφές στις διαδικασίες που παρατηρούμε αναφέρουν τη στοχαστική φύση των ουρών αναμονής που είδαμε κάποια είδη σε αυτό το κεφάλαιο.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ο υπολογισμός της ηλικίας των πληροφοριών είναι αρκετά σημαντικός σε πολλές εφαρμογές σε ποικίλα πεδία επιστημών όπως είναι η ρομποτική, ο αυτοματισμός, ή εφαρμογές που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση των κλιματικών αλλαγών. Παράλληλα όμως μπορεί να διαπιστώσουμε ως μέλη της οικουμενικής κοινότητας ότι χρησιμοποιούνται στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης όπου η πιο πρόσφατη ενημέρωση καταλήγει να φτάνει στον τελικό χρήστη. Στην παρούσα υποενότητα, αναφερθήκαμε στους περιορισμούς της ενέργειας που αναπόφευκτα θα υπάρχουν σε ένα σύστημα που χρειαζόμαστε την πιο πρόσφατη ενημέρωση. Παράλληλα είδαμε πως λειτουργούν τα multiple ή single source service systems σε ένα

γενικευμένο πλαίσιο συγκομιδής της ενέργειας. Σε ένα πιο πειραματικό στάδιο είδαμε πως επιδρά η αλλαγή μιας νέας κατάστασης μέσα σ ένα κανάλι επικοινωνίας η οποία προορίζεται σ έναν κόμβο προορισμού. Εκτός από αυτό εισάχθηκε ένας νέος όρος ο οποίος σχετίζεται με τον μέσο όρο της μετρικής Aol σχετιζόμενος με τις αναμεταδόσεις που υπάρχουν κατά την διάρκεια της επικοινωνίας. Βέβαια θα αποτελούσε παράλειψη μας να μην αναφερθούμε στην αρωγή των συστημάτων επικοινωνίας με τους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στην πρόγνωση των μετεωρολογικών φαινομένων. Ένα ακόμη σημαντικό παράδειγμα αισθητήρα σε κόμβο προορισμού είναι ο αισθητήρας επιτάχυνσης και τοποθεσίας που χρησιμοποιείται στα έξυπνα οχήματα(smart devices)καθιστώντας κάθε μέρα την οδηγική ασφάλεια ολοένα και πιο εφικτή. Η διασφάλιση της ποιότητας υπηρεσίας(QoS) πραγματοποιείται μέσω της εξασφάλισης των πολυμεσικών εφαρμογών που είναι αρκετά ευαίσθητες όσον αφορά την πάροδο του χρόνου. Τα μαζικά συστήματα υψηλής αξιοπιστίας m(URLLC) της 6^{ης} γενιας παρέχουν μια πληθώρα υπηρεσιών και στοχεύουν στην εξυπηρέτηση των χρηστών και στην ελαχιστοποίηση της συχνότητας των σφαλμάτων. Τέλος, είδαμε πως επιδράει η δειγματοληψία στην αύξηση του Aol και όλα αυτά πως σχετίζονται με τις τεχνολογίες νέας γενιάς(5G,4G).

ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ-ΠΗΓΕΣ

- [1] Age of Information in Energy Harvesting Status Update Systems: When to Preempt in Service? Shahab Farazi[†] , Andrew G. Klein[‡] and D. Richard Brown III[†] [†]Worcester Polytechnic Institute, 100 Institute Rd., Worcester, MA 01609, Email: {sfarazi,drb}@wpi.edu [‡]Western Washington University, 516 High St., Bellingham, WA 98225, Email: andy.klein@wwu.edu
- [2] The Age of Information in Multihop Networks Ahmed M. Bedewy , Yin Sun , Member, IEEE, and Ness B. Shroff, Fellow, IEEE

[3] The Stationary Distribution of the Age of Information in FCFS Single-Server Queues Yoshiaki Inoue[†], Hiroyuki Masuyama^{††}, Tetsuya Takine[†], Toshiyuki Tanaka^{††} [†] Department of Information and Communications Technology, Osaka University, Suita 565-0871, Japan ^{††}Department of Systems Science, Graduate School of Informatics, Kyoto University, Kyoto 606-8501, Japan E-mail:[†] {yoshiaki, takine}@comm.eng.osaka-u.ac.jp, ^{††} {masuyama, tt}@i.kyoto-u.ac.jp

[4] On the Age of Information in Multi-Source Multi-Hop Wireless Status Update Networks Shahab Farazi[†], Andrew G. Klein[‡], John A. McNeill[†] and D. Richard Brown III[†] [†]Worcester Polytechnic Institute, 100 Institute Rd., Worcester, MA 01609, Email: {sfarazi,mcneill,drb}@wpi.edu [‡]Western Washington University, 516 High St., Bellingham, WA 98225, Email: andy.klein@wwu.edu

[5] Moment Generating Function of the AoI in Multi-Source Systems with Computation-Intensive Status Updates Mohammad Moltafet and Markus Leinonen Centre for Wireless Communications – Radio Technologies University of Oulu, Finland e-mail: {mohammad.moltafet, markus.leinonen}@oulu.fi Marian Codreanu Department of Science and Technology Linköping University, Sweden e-mail: marian.codreanu@liu.se

[6] Modeling the Age of Information in Emulated Ad Hoc Networks Clement Kam*, Sastry Kompella*, Gam D. Nguyen*, Jeffrey E. Wieselthier[†] and Anthony Ephremides[‡] *Information Technology Division, Naval Research Laboratory, Washington, DC [†]Wieselthier Research, Silver Spring, MD [‡]Electrical and Computer Engineering Department, University of Maryland, College Park, MD

[7] Average Age of Information With Hybrid ARQ Under a Resource Constraint Elif Tuğçe Ceran , Deniz Gündüz , Senior Member, IEEE, and András György

[8] Age of Information Analysis for Dynamic Spectrum Sharing Yao Zhao*, Bo Zhou[†], Walid Saad[†], and Xiliang Luo* *School of Information Science and Technology, ShanghaiTech University, Shanghai, China, Email: {zhaoyao1,luoxl}@shanghaitech.edu.cn [†]Wireless@VT, Bradley Department of Electrical and Computer Engineering, Virginia Tech, Blacksburg, VA, USA, Email: {ecebo,walids}@vt.ed

[9] Age-of-Information in Practice: Status Age Measured over TCP/IP Connections through WiFi, Ethernet and LTE Canberk Sonmez **, Sajjad Baghaee[†], Abdussamed Ergis,[†] Elif Uysal-Biyikoglu[‡] *[†][‡] Department of Electrical and Electronics Engineering, Middle East Technical

University, Ankara, Turkey *canberk.sonmez@metu.edu.tr, †sajjad@baghaee.com,
‡sametergisi@gmail.com, §uelif@metu.edu.tr

[10] Is Blockchain Suitable for Data Freshness? An Age-of-Information Perspective Sungho Lee, Minsu Kim, Jemin Lee, Ruei-Hau Hsu, and Tony Q. S. Quek

[11] Optimizing the Age of Information for Blockchain Technology With Applications to IoT Sensors Arnau Rovira-Sugranes and Abolfazl Razi

[12] 2017 Towards Fog-driven IoT eHealth: Promises and Challenges of IoT in Medicine and Healthcare Bahar Farahani Farshad Firouzi

[13] Minimizing the Age of Information Through Queues Ahmed M. Bedewy , Yin Sun , Member, IEEE, and Ness B. Shroff, Fellow, IEEE

[14] Selective Encoding Policies for Maximizing Information Freshness Melih Bastopcu, Graduate Student Member, IEEE, Baturalp Buyukates, Graduate Student Member, IEEE, Sennur Ulukus, Fellow, IEEE

[15] Minimizing the Age of Information in Wireless Networks with Stochastic Arrivals Igor Kadota and Eytan Modiano, Fellow, IEEE

[16] Scheduling Algorithms for Optimizing Age of Information in Wireless Networks With Throughput Constraints Igor Kadota , Abhishek Sinha , and Eytan Modiano, Fellow, IEEE

[17] Scheduling Algorithms for Minimizing Age of Information in Wireless Broadcast Networks with Random Arrivals Yu-Pin Hsu , Eytan Modiano, and Lingjie Duan

[18] When a Heavy Tailed Service Minimizes Age of Information Rajat Talak, Sertac Karaman, and Eytan Modiano

[19] On the Outage Probability of Peak Age-of-Information for D/G/1 Queuing Systems Jun-Bae Seo , Member, IEEE, and Jinho Choi , Senior Member, IEEE

[20] Peak Age of Information in Priority Queuing Systems Jin Xu and Natarajan Gautam , Senior Member, IEEE

[21] On the Optimality of the Whittle's Index Policy for Minimizing the Age of Information Ali Maatouk , Student Member, IEEE, Saad Kriouile, Mohamad Assad , Senior Member, IEEE, and Anthony Ephremides, Life Fellow, IEEE

[22] Αναζήτηση στη Wikipedia V2V.

[23] AoI-Minimal Trajectory Planning and Data Collection in UAV-Assisted Wireless Powered IoT Networks Huimin Hu, Ke Xiong , Member, IEEE, Gang Qu , Senior Member, IEEE, Qiang Ni , Senior Member, IEEE, Pingyi Fan , Senior Member, IEEE, and Khaled Ben Letaief, Fellow, IEEE

[24] Joint Age of Information and Self Risk Assessment for Safer 802.11p based V2V Networks Biplav Choudhury, Vijay K. Shah, Avik Dayal, and Jeffrey H. Reed Wireless@Virginia Tech Bradley Department of Electrical and Computer Engineering, Virginia Tech, Blacksburg, USA Emails:{biplavc, vijays, ad6db, reedjh}@vt.edu

[25] Speed Limits in Autonomous Vehicular Networks due to Communication Constraints Rajat Talak, Sertac Karaman, and Eytan Modiano

[26] AoI-Inspired Collaborative Information Collection for AUV-Assisted Internet of Underwater Things Zhengru Fang , Graduate Student Member, IEEE, Jingjing Wang , Member, IEEE, Chunxiao Jiang , Senior Member, IEEE, Qinyu Zhang , Senior Member, IEEE, and Yong Ren , Senior Member, IEEE

[27] RL wikipedia

[28] UAV-Aided Data Collection for Information Freshness in Wireless Sensor Networks Juan Liu , Member, IEEE, Peng Tong, Xijun Wang , Member, IEEE, Bo Bai , Senior Member, IEEE, and Huaiyu Dai , Fellow, IEEE

[29] Vehicular Beacon Broadcast Scheduling Based on Age of Information, QIRUPDWLRQ

Yuanzhi Ni¹ , Lin Cai^{2,*}, Yuming Bo¹ ¹ School of Automation, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing, 210094, China ² Department of Electrical & Computer Engineering, University of Victoria, Victoria, BC, V8W 3P6, Canada * The corresponding author, email: cai@ece.uvic.ca

[30] Networking Models in Flying Ad-Hoc Networks (FANETs): Concepts and Challenges Ozgur Koray Sahingoz

[31] Wikipedia IoT δίκτυο

[32] Age of Information for Multicast Transmission With Fixed and Random Deadlines in IoT Systems Jie Li, Yong Zhou , Member, IEEE, and He Chen , Member, IEEE

[33] Age of Information: An Introduction and Survey Roy D. Yates , Fellow, IEEE, Yin Sun, Senior Member, IEEE, D. Richard Brown, III, Sanjit K. Kaul , Eytan Modiano, Fellow, IEEE, and Sennur Ulukus , Fellow, IEEE

[34] Age of Information with Packet Management Maice Costa[†] , Marian Codreanu* , and Anthony Ephremides[†] [†]ECE Dept., University of Maryland, College Park, MD 20742 Email: {mcosta,etony}@umd.edu * CWC, University of Oulu, Oulu, Finland 90570 Email: codreanu@ee.oulu.f

[35] Update or Wait: How to Keep Your Data Fresh Yin Sun, Member, IEEE, Elif Uysal-Biyikoglu, Senior Member, IEEE, Roy D. Yates, Fellow, IEEE, C. Emre Koksal, Senior Member, IEEE, and Ness B. Shroff, Fellow, IEEE

[36] Optimal Status Update for Age of Information Minimization With an Energy Harvesting Source Xianwen Wu, Jing Yang , Member, IEEE, and Jingxian Wu, Senior Member, IEEE

[37] Modeling the Age of Information in Emulated Ad Hoc Networks Clement Kam*, Sastry Kompella*, Gam D. Nguyen*, Jeffrey E. Wieselthier[†] and Anthony Ephremides[‡] *Information Technology Division, Naval Research Laboratory, Washington, DC [†]Wieselthier Research, Silver Spring, MD [‡]Electrical and Computer Engineering Department, University of Maryland, College Park, MD

[38] Scheduling Policies for Minimizing Age of Information in Broadcast Wireless Networks Igor Kadota , Abhishek Sinha , Elif Uysal-Biyikoglu, Rahul Singh , and Eytan Modiano, Fellow, IEEE

[39] Average Age of Information in Wireless Powered Sensor Networks Ioannis Krikidis , Fellow, IEEE

[40] Age of Information with Soft Updates Melih Bastopcu Sennur Ulukus Department of Electrical and Computer Engineering University of Maryland, College Park, MD 20742 bastopcu@umd.edu ulukus@umd.edu