



Φαινόμενο

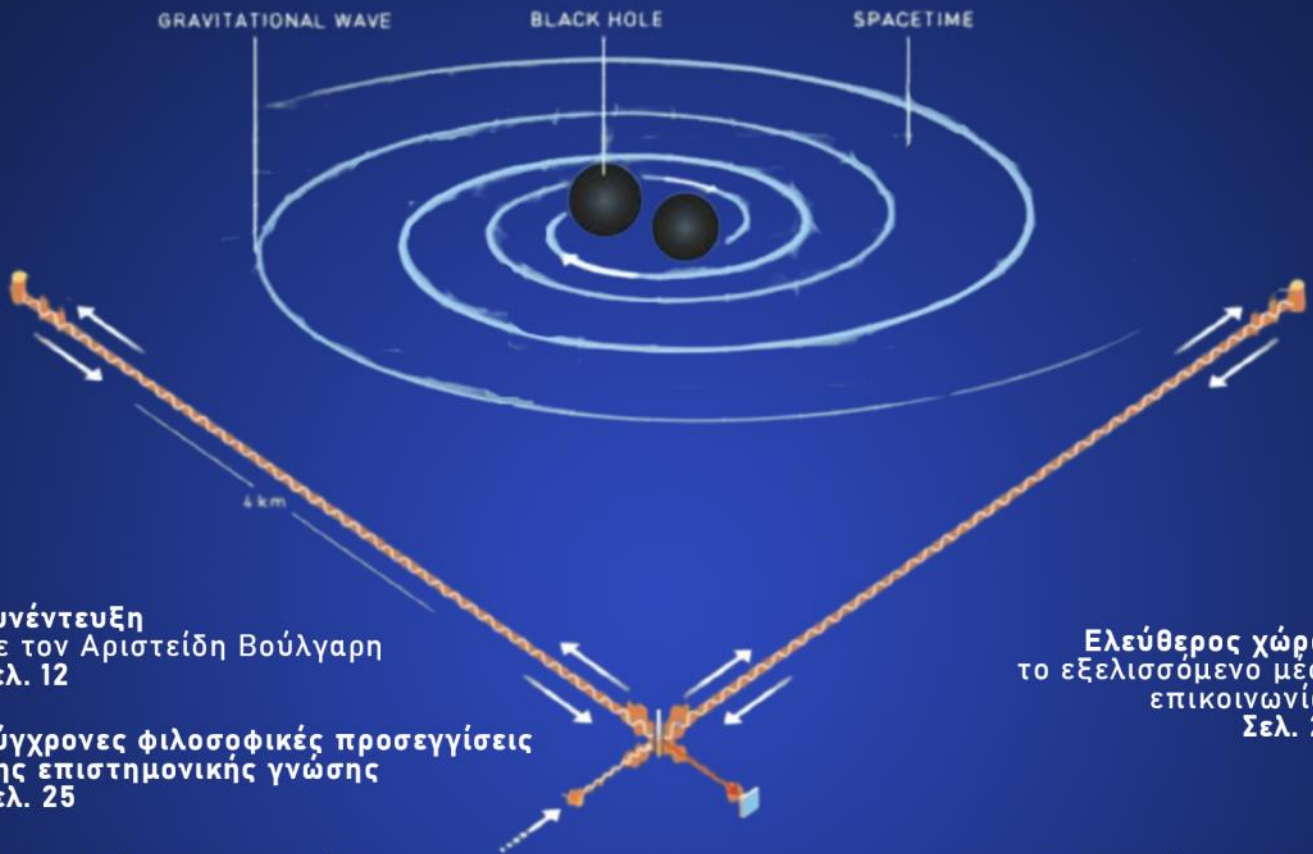
Περίοδος Δ' | Τεύχος 35 | Δεκέμβριος 2021

ISSN: 2529-1874/2529-1882 (online)

Νόμπελ Φυσικής 2021
για τα πολύπλοκα συστήματα
Σελ. 1

Φαινόμενο Λα Νίνια
και η επίδρασή του στον καιρό
όλου του πλανήτη
Σελ. 3

Συστήματα προσδιορισμού θέσης
σε εσωτερικούς χώρους
Σελ. 6



Συνέντευξη
με τον Αριστείδη Βούλγαρη
Σελ. 12

Σύγχρονες φιλοσοφικές προσεγγίσεις
της επιστημονικής γνώσης
Σελ. 25

Λιθογραφία ναοσφαιρών
μια χαμηλού κόστους μέθοδος παρασκευής
περιοδικών νανοδομών
Σελ. 15

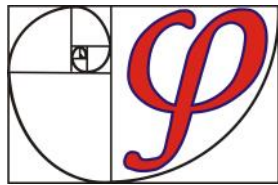
Ελεύθερος χώρος
το εξελισσόμενο μέσο
επικοινωνίας
Σελ. 22

Κβαντική διεμπλοκή
και κβαντικές εντροπίες
Σελ. 20

Extreme mass-ratio inspirals

Βαρυτική ακτινοβολία

Σελ. 8



Φαινόμενο

Περίοδος Δ' · Τεύχος 35
Δεκέμβριος 2021

Περιοδική έκδοση του Τμήματος
Φυσικής Α.Π.Θ. (προεδρία Δ. Μελά)

συντακτική ομάδα

Επιτροπή εκδόσεων, σεμιναρίων
και προβολής του Τμήματος
Φυσικής

Μ. Κασικίνη · Ε. Βίγκα · Σ. Κασσαβέτης
· **Χ. Σαραφίδης · Ν. Χαστάς**
· **Π. Πατσάλας · Α. Λασκαράκης**
· **Ι. Τσιαούσης**

—
Δ. Ευαγγελινός

στο τεύχος αυτό συνεργάστηκαν

Ραφαέλα Κούμπουλα

(Μεταπτυχιακή φοιτήτρια Τμ. Φυσικής)

Ελένη Ντεβετούδη, Λάζαρος Πελέκας
Μιχαήλ Στεφανής

(Μεταπτυχιακοί/ές φοιτητές/τριες
Τμ. Φυσικής)

Σταύρος Πάνος

(Υποψήφιος Διδάκτορας Τμ. Φυσικής)

Δάφνη Παρλιάρη

(Υποψήφια διδάκτορας Τμ. Φυσικής)

Αναστάσιος Πέτκου

(Καθηγητής Τμ. Φυσικής)

Φανή Πινακίδου

(Μεταδιδακτορική ερευνήτρια Τμ. Φυσικής)

Βασίλειος Σερασιδής

(Διπλωματούχος ΠΜΣ Τμ. Φυσικής)

Λάζαρος Σουβαϊτζής

(Διπλωματούχος ΠΜΣ Τμ. Φυσικής)

Καλλιόπη Σπανίδου

(Υποψήφια Διδάκτορας του

Πανεπιστημίου Carlos III της Μαδρίτης)

Δημήτριος Στεφανόπουλος

(Διπλωματούχος ΠΜΣ Τμ. Φυσικής)

Εκτύπωση

COPYCITY Ε.Π.Ε.

ψηφιακή έκδοση

<http://phenomenon.physics.auth.gr>

E-mail επικοινωνίας:

phenomenon@physics.auth.gr

facebook: τμήμα φυσικής απθ &

περιοδικό "φαινόμενο"

ISSN: 2529-1874 · 2529-1882 (online)

σημείωμα της σύνταξης

Το παρόν τεύχος του «ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΝ» περιλαμβάνει ένα άρθρο για το Νόμπελ Φυσικής 2021 και άρθρα αποφοίτων Προγραμμάτων Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Φυσικής σχετικά με συστήματα προσδιορισμού θέσης, την βαρυτική ακτινοβολία, τις νανοσφαίρες, την κβαντική διεμπλοκή και τον ελεύθερο χώρο. Μεταπτυχιακοί/κες φοιτητές/τριες συνεισέφεραν με άρθρα σχετικά με καιρικά φαινόμενα που επηρεάζουν όλο τον πλανήτη, καθώς και με φιλοσοφικές απόψεις περί της επιστήμης. Το τεύχος συμπληρώνουν μια συνέντευξη από τον Αριστείδη Βούλγαρη, εξωτερικό συνεργάτη της NASA, και τα νέα του Τμήματος.

Η ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

περιεχόμενα

Βραβείο Νόμπελ Φυσικής 2021	1
Το φαινόμενο Λα Νίνια και η επίδρασή του στον καιρό όλου του πλανήτη	3
Συστήματα προσδιορισμού θέσης σε εσωτερικούς χώρους	6
Extreme mass-ratio inspirals και βαρυτική ακτινοβολία	8
Συνέντευξη: Αριστείδης Βούλγαρης	12
Λιθογραφία νανοσφαιρών	15
Κβαντική διεμπλοκή και κβαντικές εντροπίες	20
Ελεύθερος χώρος: το εξελισσόμενο μέσο επικοινωνίας	22
Σύγχρονες φιλοσοφικές προσεγγίσεις της επιστημονικής γνώσης	25
Συνέβησαν στο Τμήμα: 4 ^ο ΘεSSTP και ορκωμοσίες	29



Εξώφυλλο: Αλέξανδρος Μυλωνάς (φοιτητής Τμ. Φυσικής)



πνευματικά δικαιώματα

Το δημοσιευμένο υλικό στο περιοδικό αυτό προστατεύεται από Copyright. Το υλικό δημοσιεύεται υπό όρους που καθορίζονται από την Creative Commons Public License και απαγορεύεται κάθε χρήση του με διαφορετικές προϋποθέσεις από αυτές που καθορίζονται από την άδεια. Είστε ελεύθεροι να διανείμετε, αναπαραγάγετε, κατανείμετε, διαδώσετε, διασκευάσετε το έργο αυτό με τις ακόλουθες προϋποθέσεις: Η αναφορά στο έργο πρέπει να γίνει κατά τον τρόπο που καθορίζεται από το συγγραφέα ή το χορηγό της άδειας (αλλά όχι με τρόπο που να υποδηλώνει ότι παρέχουν επίσημη έγκριση σε σας ή για χρήση του έργου από εσάς). Εάν αλλοιώσετε, τροποποιήσετε ή δομήσετε πάνω στο έργο αυτό, η διανομή του παράγωγου έργου μπορεί να γίνει μόνο υπό τους όρους της ίδιας, παρόμοιας ή συμβατής άδειας.

Δείτε αναλυτικά τους όρους:

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

Οι απόψεις που παρουσιάζονται σε κάθε κείμενο εκφράζουν το συγγραφέα του και όχι υποχρεωτικά τη συντακτική ομάδα του περιοδικού.

συστήματα προσδιορισμού θέσης

...σε εσωτερικούς χώρους



Σερασιδης Βασίλειος
Διπλωματούχος ΠΜΣ
Ραδιοηλεκτρολογίας

Τα Συστήματα Προσδιορισμού Θέσης χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό - εντοπισμό θέσης ενός αντικειμένου ή ανθρώπου στον χώρο, στους άξονες X,Y,Z με μεγάλη ακρίβεια. Το πιο γνωστό και ευρέως διαδεδομένο σύστημα προσδιορισμού θέσης είναι το Global Navigation Satellite System (GNSS) βασισμένο σε δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη και μέσο ύψος 20200 χιλιομέτρων πάνω

από την θάλασσα. Ορισμένα από αυτά τα συστήματα είναι το GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou κ.α. Ομως η μεγάλη απόσταση, σε συνδυασμό με τις κλιματικές συνθήκες και την γεωμορφία του εδάφους, προκαλούν μεγάλη εξασθένηση του σήματος. Αυτό έχει αντίκτυπο στη λήψη του σήματος από τους επίγειους δέκτες με αποτέλεσμα την απόκλιση κατά τον υπολογισμό προσδιορισμού θέσης. Τα Συστήματα Προσδιορισμού Θέσης Εσωτερικών Χώρων (Indoor Positioning System – IPS) έρχονται να καλύψουν αυτές τις αδυναμίες.

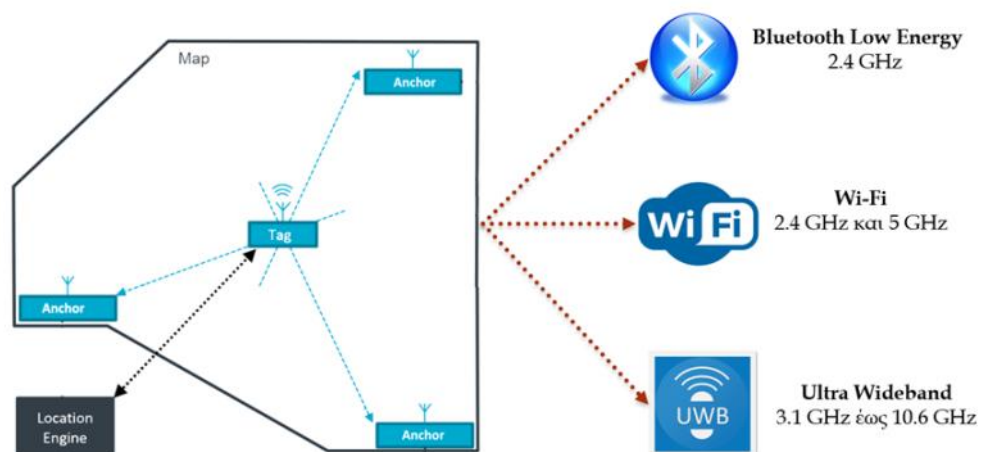
Τα συστήματα IPS αποτελούνται από συσκευές που βρίσκονται τοποθετημένες στον χώρο που γίνεται ο προσδιορισμός θέσης όπως υπόγεια, αποθήκες, σήραγγες, κτίρια κ.α. Συνήθως, οι σταθερές συσκευές (Anchors) είναι τοποθετημένες σε κοντινές αποστάσεις μεταξύ τους, 10 - 20 μέτρα, καλύπτοντας έτσι οποιαδήποτε ιδιομορφία του χώρου όπως κολόνες, έπιπλα και κινητά αντικείμενα. Οι κινητές συσκευές (Tags) είναι τοποθετημένες σε αντικείμενα που θέλουμε να προσδιορίσουμε την θέση τους και τροφοδοτούνται από μπαταρίες. Οι πιο διαδεδομένες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα IPS βασίζονται στο Bluetooth Low Energy (BLE), Wireless Fidelity (Wi-Fi) και Ultra-Wideband (UWB). Σε ένα τυπικό σύστημα IPS, υπάρχει ένας υπολογιστής για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγει από τις συσκευές (Location Engine). Τα δεδομένα αφορούν την μετρούμενη απόσταση μεταξύ του Tag και του κάθε Anchor, κατάσταση μπαταρίας, διαχείριση των συσκευών του συστήματος κτλ. Στα δεδομένα που συλλέγονται, εφαρμόζονται αλγόριθμοι προκειμένου να εξαχθούν χρήσιμες πληροφορίες όπως οι

συντεταγμένες X,Y,Z που έχει το κάθε Tag στον χώρο. Παράδειγμα της τοπολογίας ενός τέτοιου συστήματος βλέπουμε στο Σχήμα 1.

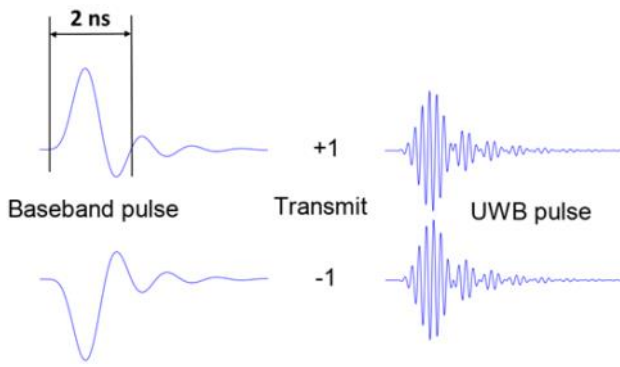
Κάθε μια από τις τρεις τεχνολογίες που αναφέρθηκαν έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας γίνεται με βάση τις προδιαγραφές του έργου. Για παράδειγμα, αν η επιθυμητή ακρίβεια προσδιορισμού θέσης είναι από 1 έως 3 μέτρα τότε χρησιμοποιείται η τεχνολογία Wi-Fi ή BLE. Αν το ζητούμενο είναι η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, τότε θα επιλεγεί η BLE. Στην περίπτωση που υπάρχει ήδη εγκατεστημένη υποδομή Wi-Fi Access Points στον χώρο, τότε επιλέγεται η τεχνολογία Wi-Fi. Εάν όμως απαιτείται υψηλότερη ακρίβεια προσδιορισμού θέσης τότε επιλέγεται η τεχνολογία UWB όπου πρακτικά η ακρίβεια της φτάνει τα ± 10 cm.

Η τεχνολογία UWB χρησιμοποιεί ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων από 3.1 έως 10.6 GHz για να εκπέμψει πολύ σύντομους παλμούς διάρκειας 2 ns, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι πως μπορούν να γίνουν αντιληπτές και να απορριφθούν, οι ανακλάσεις του σήματος σε αντικείμενα του χώρου (multipath). Επίσης, λόγω του πολύ σύντομου σε διάρκεια παλμού, μπορεί να γίνει μέτρηση του «χρόνου πτήσης» - Time of Flight (ToF)- μεταξύ δύο συσκευών με χρονικά στιγμιότυπα (timestamps) των 15 ps. Αυτό δίνει ακρίβεια στην μέτρηση απόστασης κατά ± 10 cm.

Για τον προσδιορισμό θέσης με τη χρήση UWB υπάρχουν αρκετές τεχνικές όπως Time of Arrival (ToA), Time Difference of Arrival (TDoA) και Two Way Ranging (TWR). Και στις τρεις τεχνικές πραγματοποιείται μέτρηση απόστασης του Tag από το κάθε Anchor και αλγοριθμικά, χρησιμοποιώντας για παράδειγμα την μέθοδο Ελαχίστων Τετραγώνων, υπολογίζεται η θέση του Tag στον χώρο.

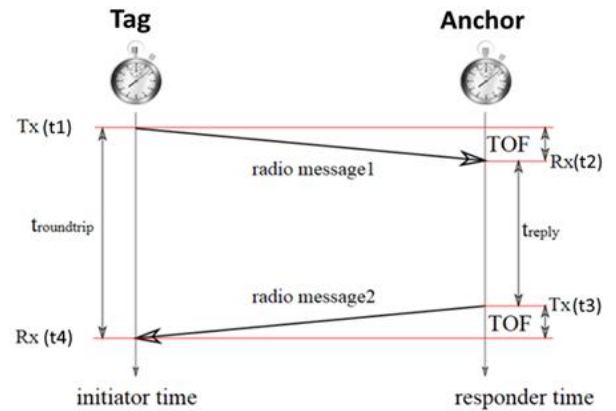


Σχήμα 1: Τοπολογία συστήματος Indoor Positioning System (IPS).



Σχήμα 2: Κυματομορφή παλμού UWB.

Στην τεχνική TWR που φαίνεται στο Σχήμα 3, το Tag αποστέλλει ένα μήνυμα προς το Anchor και περιμένει να λάβει απάντηση. Κατά την στιγμή της αποστολής καταγράφεται το χρονικό στιγμιότυπο t_1 του μετρητή (counter). Να υπενθυμίσουμε πως ο μετρητής αυξάνει την τιμή του κατά ένα κάθε 15 ps. Την χρονική στιγμή που θα ληφθεί το μήνυμα από το Anchor, γράφεται στο μήνυμα το στιγμιότυπο t_2 με βάση τον μετρητή του Anchor. Κατά την αποστολή του μηνύματος προς το Tag, το Anchor γράφει στο πακέτο του μηνύματος και το δεύτερο χρονικό στιγμιότυπο t_3 . Το Tag λαμβάνει το πακέτο και γράφει το τελευταίο χρονικό στιγμιότυπο t_4 . Από την διαφορά των χρονικών στιγμιότυπων υπολογίζεται ο χρόνος διάδοσης του σήματος από το Tag προς το Anchor όπως φαίνεται στην εξίσωση (1). Αν πολλαπλασιαστεί αυτός ο χρόνος με την ταχύτητα διάδοσης της ηλεκτρο-



Σχήμα 3: Η τεχνική Two Way Ranging (TWR).

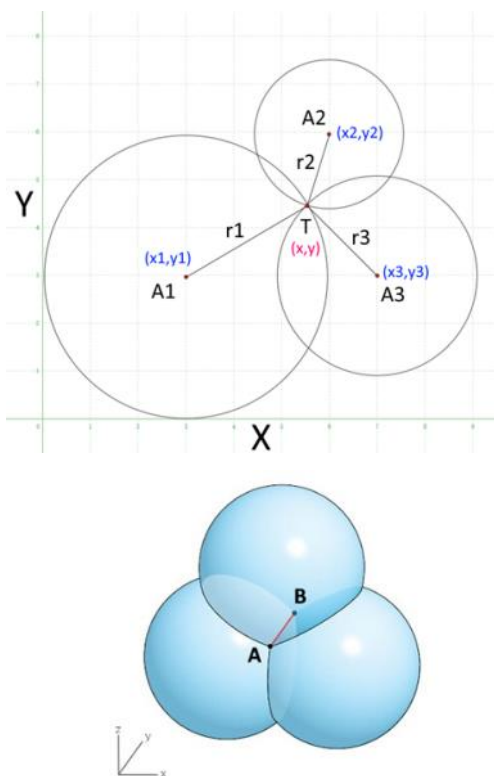
μαγνητικής ακτινοβολίας στον αέρα (~300000 km/s) προκύπτει η απόσταση μεταξύ των δύο συσκευών. Το πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι πως δεν χρειάζεται να είναι συγχρονισμένοι οι μετρητές των συσκευών για να υπολογιστεί η χρονική διαφορά και κατά συνέπεια η απόσταση μεταξύ του Tag και του συγκεκριμένου Anchor που εκτελείται η μέτρηση είναι:

$$\text{ToF} = \frac{(t_4 - t_1) - (t_3 - t_2)}{2} \quad (1)$$

Για χάρη της απλότητας του άρθρου, στα παραδείγματα έχει εξαιρεθεί ο παράγοντας θορύβου που προκαλείται από τις ανακλάσεις του σήματος, τις παρεμβολές από άλλες συσκευές που λειτουργούν στις ίδιες συχνότητες, μεταλλικά εμπόδια, το διάγραμμα ακτινοβολίας κεραίας κτλ. Γενικά, ο θόρυβος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην τελική υλοποίηση του συστήματος και πρέπει να ληφθεί υπόψιν.

Αν είναι γνωστή η απόσταση που έχει το Tag από τρία τουλάχιστον Anchors, μπορεί με τον αλγόριθμο Τριπλευρισμού να υπολογιστεί το σημείο τομής των τριών κύκλων όπως φαίνεται στο Σχήμα 4. Οπου r_1 , r_2 και r_3 είναι η απόσταση του Tag από τα Anchors A_1 , A_2 και A_3 αντίστοιχα. Από το σημείο τομής των τριών κύκλων προκύπτουν οι συντεταγμένες X, Y του Tag.

Οι τρεις κύκλοι που φαίνονται στο Σχήμα 4 έχουν ένα σημείο τομής και έτσι μπορεί να υπολογιστούν οι καρτεσιανές συντεταγμένες X, Y του Tag. Για να υπολογιστεί η θέση του Tag κατά τον άξονα Z , θα χρειαστούν τουλάχιστον τέσσερα Anchors. Αν προσπαθήσουμε να προσδιορίσουμε τις συντεταγμένες του Tag στους άξονες X, Y, Z χρησιμοποιώντας μόνο τρία Anchors θα δούμε πως οι τρεις σφαίρες που φαίνονται στο Σχήμα 5 έχουν δύο σημεία τομής (A και B). Συνεπώς, προσθέτοντας και τέταρτο Anchor μπορεί να διαπιστωθεί αν το σημείο τομής είναι το A ή το B. Τα συστήματα IPS βασισμένα σε UWB έχουν υψηλή ακρίβεια μετρήσεων και χαμηλό κόστος. Αυτό τα καθιστά ιδανικά για χρήση σε μεγάλο εύρος εφαρμογών όπως είναι τα αυτοκινούμενα οχήματα μεταφοράς σε αποθήκες, εκκένωση κτιρίων σε περίπτωση μειωμένης ορατότητας λόγω πυκνών καπνών, καθοδήγηση των επισκεπτών σε εκθέματα μουσείων, δημιουργία βέλτιστης διαδρομής για λίστα αγοράς σε super market και πολλές άλλες.



Σχήμα 4: (επάνω) Αλγόριθμος Τριπλευρισμού, (κάτω) Τα πιθανά σημεία τομής τριών σφαιρών είναι τα σημεία A και B.