



**Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας
Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τηλεπικοινωνιών.
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Στα πλαίσια του
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης (ΜΔΕ)
«Προηγμένα Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα και Δίκτυα»
*με θέμα***

«Τεχνικές εντοπισμού θέσης»

**Γεώργιος Ν. Παπαπολυχρονίου
Α.Μ. 2008122**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή

2. Τεχνικές εντοπισμού θέσης του κινητού τερματικού

2.1 Μέθοδοι εντοπισμού θέσης που βασίζονται στην Τριγωνοποίηση (Triangulation)

α. Μέθοδος της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος (RSS)

β. Μέθοδος των διαφορών χρόνων άφιξης (TDOA)

γ. Μέθοδος της γωνίας άφιξης (AOA)

2.2 Μέθοδοι εντοπισμού θέσης που βασίζονται στην ανάλυση σκηνής

α. Πιθανοτική μέθοδος

β. Μέθοδος των k πλησιέστερων γειτόνων

2.3 Μέθοδοι εντοπισμού θέσης που βασίζονται στην εγγύτητα (Proximity)

α. Μέθοδος της αναγνώρισης ταυτότητας κυψέλης (Cell – ID)

β. Εξελιγμένη μέθοδος αναγνώρισης ταυτότητας κυψέλης (Enhanced Cell- ID)

4. Σενάρια Προσομοίωσης – Μελέτη ως προς την ακρίβεια εντοπισμού θέσης του κινητού τερματικού

4.1 Συνοπτική περιγραφή προσομοίωσης

4.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης συσχετίζοντας την ακρίβεια εντοπισμού με το πλήθος των τεχνικών εντοπισμού που χρησιμοποιούνται

α. Δίκτυο με 3 σταθμούς βάσης

1) Μια τεχνική εντοπισμού θέσης

2) Συνδυασμός 2 τεχνικών εντοπισμού θέσης

3) Συνδυασμός 3 τεχνικών εντοπισμού θέσης

β. Δίκτυο με 4 σταθμούς βάσης

1) Μια τεχνική εντοπισμού θέσης

2) Συνδυασμός 2 τεχνικών εντοπισμού θέσης

3) Συνδυασμός 3 τεχνικών εντοπισμού θέσης

4.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης συσχετίζοντας την ακρίβεια εντοπισμού με το πλήθος των σταθμών βάσης του δικτύου

α. Μια τεχνική εντοπισμού θέσης

β. Συνδυασμός 2 τεχνικών εντοπισμού θέσης

γ. Συνδυασμός 3 τεχνικών εντοπισμού θέσης

5. Ανακεφαλαίωση - Συμπεράσματα

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μια αλματώδη εξέλιξη στα ασύρματα συστήματα. Οι ασύρματες τεχνολογίες έχουν εισχωρήσει σε αρκετά πεδία όπως ιατρική, βιομηχανία, συστήματα μεταφοράς κ.α. Αφού λοιπόν σήμερα υπάρχει ευρεία πρόσβαση στην ασύρματη πληροφορία, υπάρχει μια τεράστια απαίτηση για ακριβή εντοπισμό θέσης στα ασύρματα δίκτυα, τόσο σε εξωτερικά όσο και σε εσωτερικά περιβάλλοντα.

Ειδικότερα για τα κυψελωτά συστήματα αναπτύσσονται οι Υπηρεσίες Θέσης.

Εξαιτίας των πολλών εφαρμογών που κάνουν χρήση συστημάτων εντοπισμού και της απαίτησης για βέλτιστη ακρίβεια εντοπισμού θέσης απαιτείται

ΣΥΝΕΧΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗ των συστημάτων εντοπισμού θέσης

Κατηγορία	Περιγραφή
Τοπικές Πληροφορίες	Τι υπάρχει κοντά (τουριστικά μέρη, εστιατόρια, κινηματογράφοι), τοπικά νέα, τοπικός Χρυσός Οδηγός
Προσανατολισμός - Δρομολόγηση	Ενημέρωση παρούσας κίνησης, επιλογή συντομότερης διαδρομής, καθοδήγηση δρομολογίου, δημόσιες μεταφορές
Εμπόριο	Μηνύματα (SMS) βάσει αδειάς, κουπόνια από κοντινά καταστήματα, ειδικές προσφορές
Ασφάλεια	Η θέση μου, η θέση της οικογένειάς μου, που βρίσκεται το αυτοκίνητό μου
Διαχείριση πόρων	Διαχείριση προσωπικού, οχημάτων, κατανομή πόρων
Κοινωνικά, Παιχνίδια	Γνωριμία με άτομα που βρίσκονται κοντά μου, αλληλοδραστικά παιχνίδια
Έκτακτη Ανάγκη	Προσδιορισμός θέσης σε επείγουσα κλήση, όπως ορίζεται από τις Κοινοτικές Διατάξεις
Χρέωση κλήσης	Χρέωση της κλήσης ανάλογα με την τοποθεσία (σπίτι, δουλειά, στον δρόμο)

2. Τεχνικές εντοπισμού θέσης του κινητού τερματικού

2.1 Μέθοδοι εντοπισμού θέσης που βασίζονται στην Τριγωνοποίηση (Triangulation)

α. Μέθοδος της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος (RSS)

Το κινητό τερματικό συλλέγει μετρήσεις, που αφορούν την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος από τους γειτονικούς σταθμούς βάσης.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αποστέλλονται στο σταθμό βάσης που το εξυπηρετεί.

$$\frac{P_r}{P_t} = G_{0t} G_{0r} \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^n$$

όπου P_r η λαμβανόμενη ισχύς του σήματος από το σταθμό βάσης

P_t η ισχύς εκπομπής του αντίστοιχου σταθμού βάσης

G_{0t} το κέρδος της κεραίας του σταθμού βάσης

G_{0r} το κέρδος της κεραίας του κινητού τερματικού

λ το μήκος κύματος

και n ο συντελεστής απωλειών διάδοσης

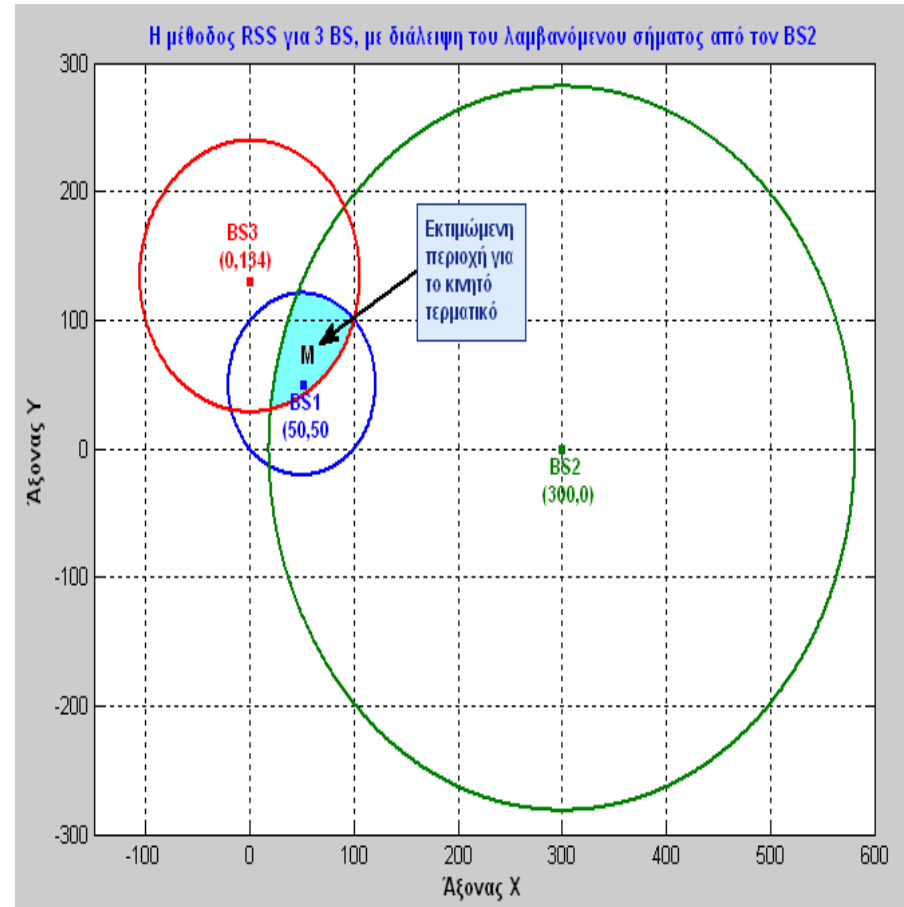
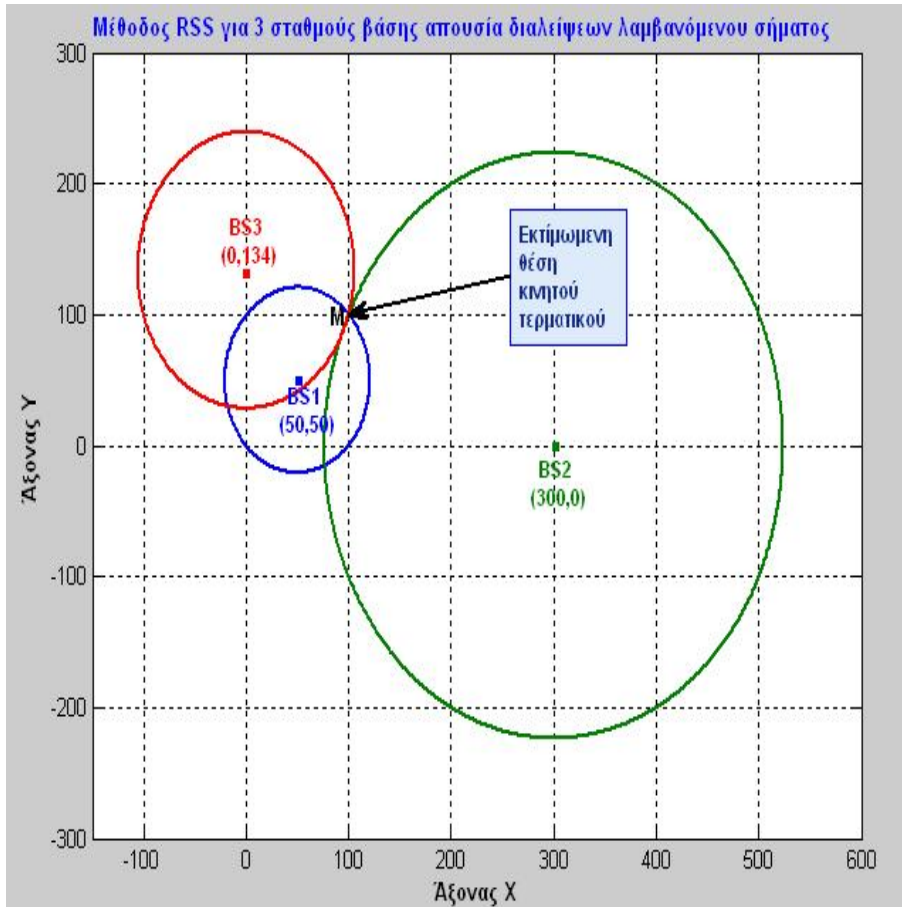
Path Loss Exponents for Different Environments

Environment	Path Loss Exponent, n
Free space	2
Urban area cellular radio	2.7 to 3.5
Shadowed urban cellular radio	3 to 5
In building line-of-sight	1.6 to 1.8
Obstructed in building	4 to 6
Obstructed in factories	2 to 3

2. Τεχνικές εντοπισμού θέσης του κινητού τερματικού

2.1 Μέθοδοι εντοπισμού θέσης που βασίζονται στην Τριγωνοποίηση (Triangulation)

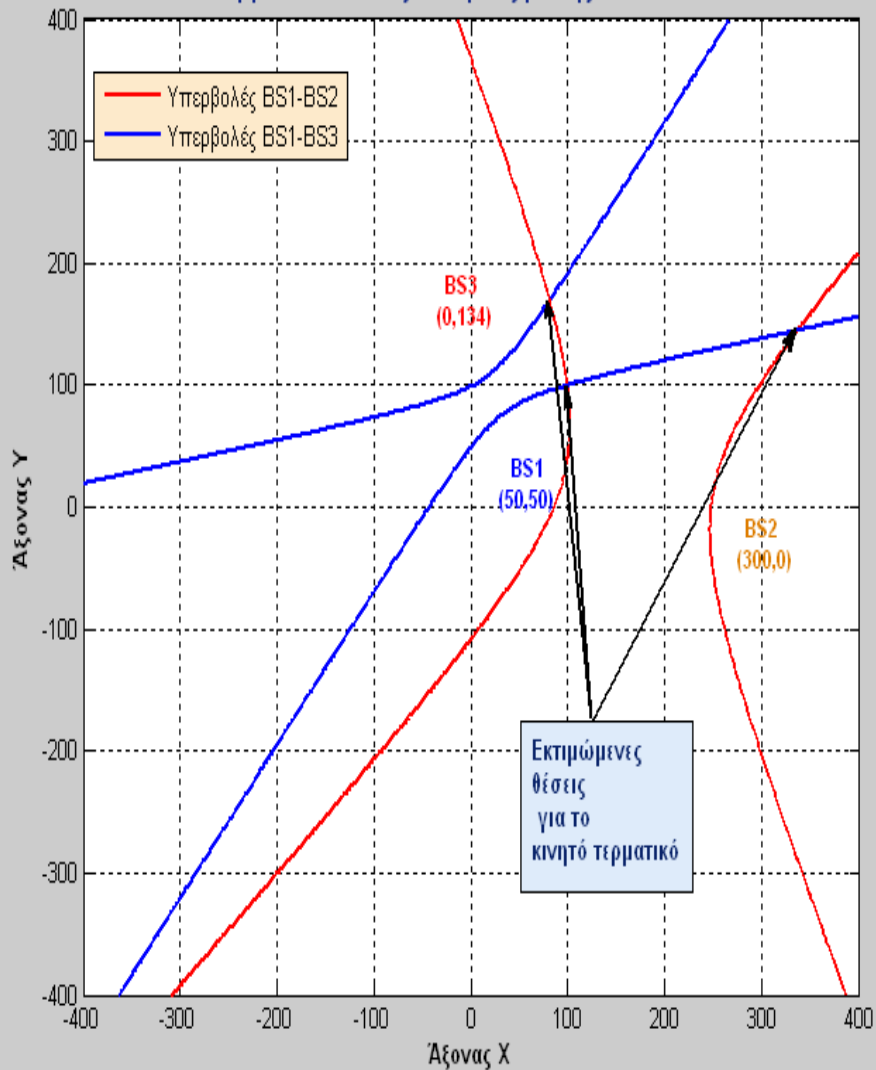
α. Μέθοδος της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος (RSS)



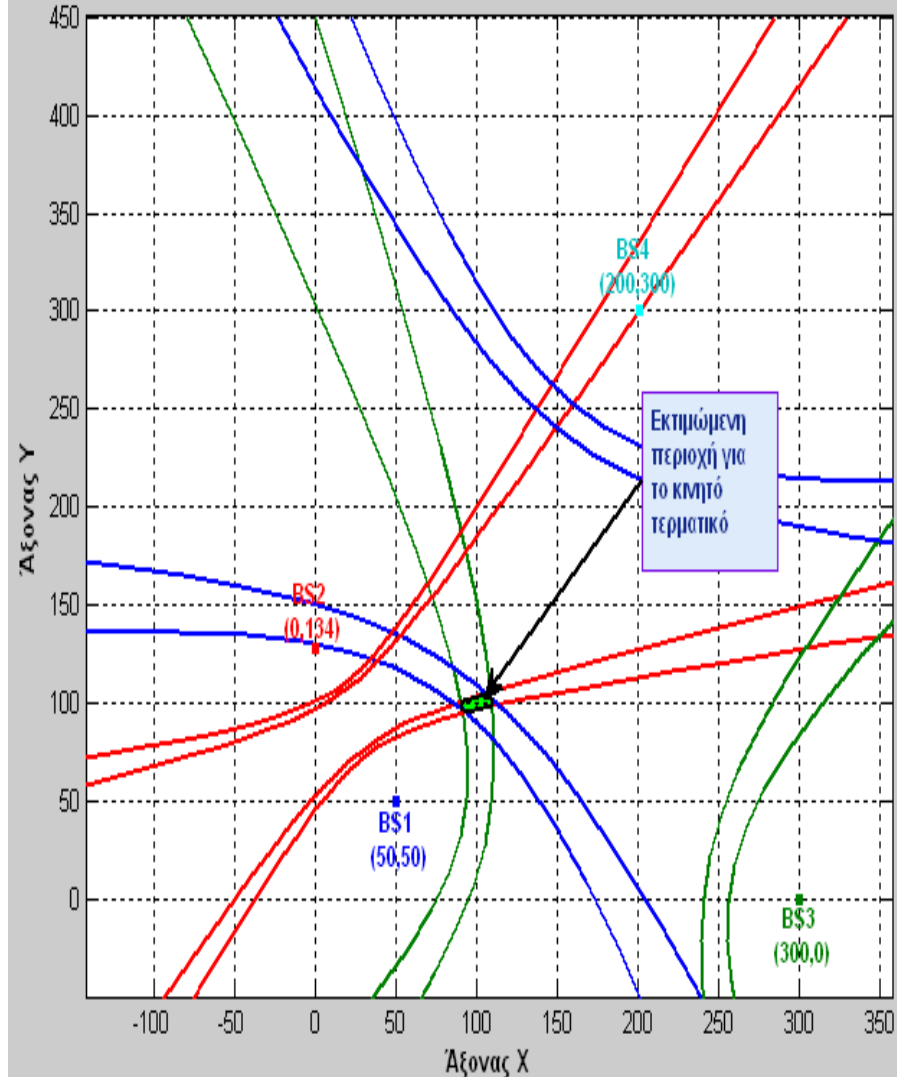
2.1 Μέθοδοι εντοπισμού θέσης που βασίζονται στην Τριγωνοποίηση (Triangulation)

β. Μέθοδος των διαφορών χρόνων άφιξης (TDOA)

Μέθοδος TDOA για 3 σταθμούς βάσης, με συγχρονισμό ανάμεσα στο κινητό τερματικό και τους σταθμούς βάσης του δικτύου

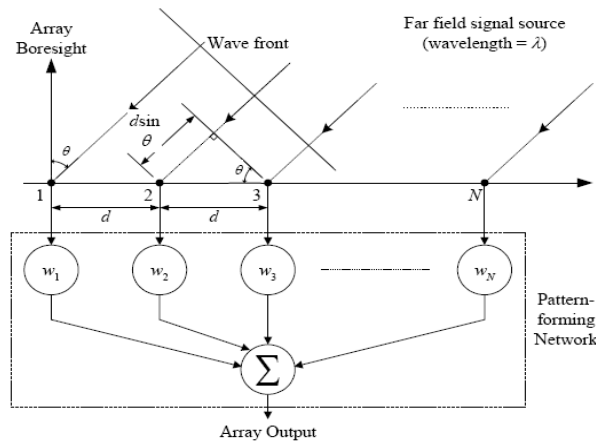


Μέθοδος TDOA για 4 σταθμούς βάσης, με σφάλμα συγχρονισμού ανάμεσα στο κινητό τερματικό και τους σταθμούς βάσης, ίσο με 10% της διαφοράς χρόνου άφιξης για κάθε ζεύγος σταθμών βάσης.



2.1 Μέθοδοι εντοπισμού θέσης που βασίζονται στην Τριγωνοποίηση (Triangulation)

γ. Μέθοδος της γωνίας άφιξης (AOA)



Η μέθοδος της γωνίας άφιξης (AOA), απαιτεί την εγκατάσταση στοιχειοκεραιών στους σταθμούς βάσης του δικτύου.

Η διαφορά φάσης ισούται με :

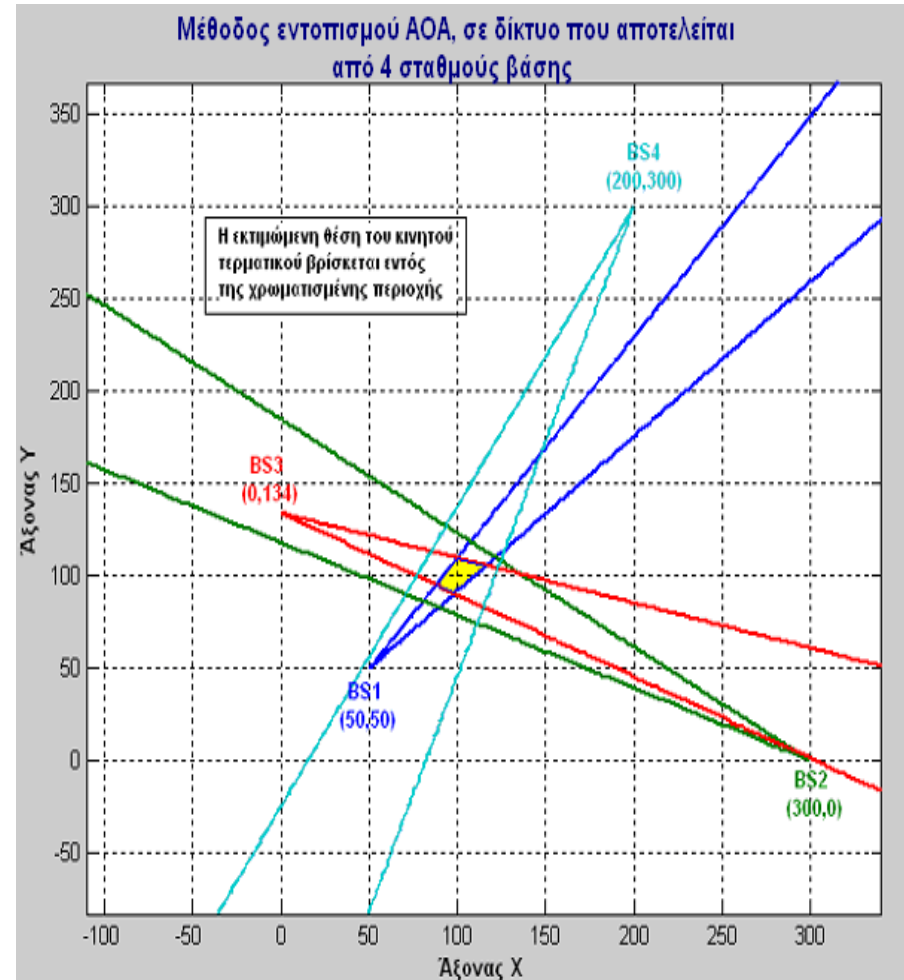
$$\Delta\Phi = k \cdot d \cdot \sin\theta$$

όπου $k = (2 \cdot \pi) / \lambda$

και d είναι η απόσταση μεταξύ των στοιχείων της στοιχειοκεραίας

Ο εντοπισμός του κινητού τερματικού πραγματοποιείται μέσω της γωνίας ημίσιου ισχύος.

$$\Delta_{3dB} = \cos^{-1} \left[\frac{\lambda}{2 \cdot \pi \cdot d} \left(-\beta \pm \frac{2,782}{N} \right) \right]$$



2.2 Μέθοδοι εντοπισμού θέσης που βασίζονται στην ανάλυση σκηνής

Υπάρχουν δύο στάδια για τη διαδικασία fingerprinting. Το offline στάδιο και το online ή runtime στάδιο.

OFFLINE ΣΤΑΔΙΟ

Κατά το offline στάδιο, συλλέγονται οι στάθμες ισχύος του λαμβανόμενου σήματος από τους γειτονικούς σταθμούς βάσης και τις συσκευές μέτρησης, από όλες τις υποψήφιες θέσεις του κινητού τερματικού. Δημιουργείται κατ' αυτό τον τρόπο, μια βάση δεδομένων, όπου βρίσκονται καταχωρημένες οι λαμβανόμενες στάθμες ισχύος από γειτονικούς σταθμούς βάσης, για τις αντίστοιχες υποψήφιες θέσεις του κινητού τερματικού.

ONLINE ΣΤΑΔΙΟ

Κατά τη διάρκεια του online σταδίου, η τεχνική εντοπισμού θέσης, χρησιμοποιεί τις παρατηρούμενες μετρήσεις ισχύος του σήματος μαζί με τις προηγούμενες μετρήσεις (που συλλέχθηκαν κατά το offline στάδιο) και προσπαθεί να εκτιμήσει τη θέση του κινητού τερματικού.

2.2 Μέθοδοι εντοπισμού θέσης που βασίζονται στην ανάλυση σκηνής

α. Πιθανοτική μέθοδος

Υποθέτοντας ότι υπάρχουν w υποψήφιας θέσεις L_1, L_2, \dots, L_w και u είναι το διάνυσμα των παρατηρούμενων σταθμών ισχύος κατά το online στάδιο, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τους ακόλουθους κανόνες απόφασης :

i) Επίλεξε τη θέση L_i , εάν $P(L_i|u) > P(L_j|u)$
για $i, j = 1, 2, 3, \dots, w$
και $i \neq j$

ii) Επίλεξε τη θέση L_i εάν $P(u|L_i) > P(u|L_j)$
για $i, j = 1, 2, 3, \dots, w$
και $i \neq j$

Οι ανωτέρω κανόνες απόφασης δεν μας δίνουν τις ακριβείς συντεταγμένες που βρίσκεται το κινητό τερματικό, αλλά μας πληροφορούν ποια από τις υποψήφιας θέσεις βρίσκεται πιο κοντά σε αυτό. Απαιτείται λοιπόν η εφαρμογή και άλλων κανόνων ώστε να βρούμε το ακριβές στίγμα του κινητού τερματικού.

2.2 Μέθοδοι εντοπισμού θέσης που βασίζονται στην ανάλυση σκηνής

β. Μέθοδος των k πλησιέστερων γειτόνων

Κατά τη διαδικασία του **offline σταδίου** αναφέρθηκε ότι συλλέγονται οι στάθμες ισχύος του λαμβανόμενου σήματος από τους γειτονικούς σταθμούς βάσης.

Επομένως για κάθε γεωγραφική θέση ορίζεται ένα διάνυσμα της μορφής

$$\mathbf{F}_i = [\mathbf{ROF}_{1i}, \mathbf{ROF}_{2i}, \dots, \mathbf{ROF}_{mi}]$$

όπου m είναι ο αριθμός των σταθμών βάσης του δικτύου

και \mathbf{ROF} οι στάθμες ισχύος σήματος από τους σταθμούς βάσης για το offline στάδιο.

Αντίστοιχα, κατά το **online στάδιο**, σε κάθε γεωγραφική θέση ορίζεται ένα διάνυσμα της μορφής

$$\mathbf{G}_i = [\mathbf{RON}_{1i}, \mathbf{RON}_{2i}, \dots, \mathbf{RON}_{mi}]$$

όπου \mathbf{RON} είναι οι λαμβανόμενες στάθμες ισχύος από τους σταθμούς βάσης για το online στάδιο

Η διανυσματική απόσταση ανάμεσα στις μετρήσεις του offline από αυτές του online σταδίου, για κάθε γεωγραφική θέση S_i , δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$D_i = \sqrt{(\mathbf{ROF}_{1i} - \mathbf{RON}_{1i})^2 + (\mathbf{ROF}_{2i} - \mathbf{RON}_{2i})^2 + \dots + (\mathbf{ROF}_{mi} - \mathbf{RON}_{mi})^2}$$

Η μέθοδος των k πλησιέστερων γειτόνων (kNN), χρησιμοποιεί τις online μετρήσεις ισχύος του λαμβανόμενου σήματος (\mathbf{RON}) για να ψάξει για τις k πλησιέστερες θέσεις που ταιριάζουν από μια βάση δεδομένων, για τις οποίες η διανυσματική απόσταση ανάμεσα στις τιμές του offline και online σταδίου είναι η ελάχιστη.

2.3 Μέθοδοι εντοπισμού θέσης που βασίζονται στην εγγύτητα (Proximity)

α. Μέθοδος της αναγνώρισης ταυτότητας κυψέλης (Cell – ID)

Οι τεχνικές εντοπισμού που βασίζονται στην εγγύτητα, δεν δίνουν ακριβείς πληροφορίες για τις συντεταγμένες που βρίσκεται το κινητό τερματικό, αλλά δίνουν πληροφορίες για την περιοχή του χώρου στην οποία είναι πιθανό να βρίσκεται αυτό.

Η μέθοδος αναγνώρισης ταυτότητας κυψέλης (Cell-ID), αποτελεί την απλούστερη μέθοδο για τον εντοπισμό του κινητού τερματικού. Η πληροφορία που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό θέσης είναι η παγκόσμια ταυτότητα της κυψέλης (Cell Global Identity, CGI) που εξυπηρετεί το κινητό τερματικό

Κατά τη μέθοδο Cell – ID , καθορίζεται απλά ποια είναι η κυψέλη που εξυπηρετεί το κινητό τερματικό και χρησιμοποιούνται οι συντεταγμένες του σταθμού βάσης ή του κέντρου της περιοχής κάλυψης, ως μια εκτίμηση θέσης του κινητού τερματικού.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Η πληροφορία της γεωγραφικής θέσης υπάρχει ήδη στη βάση δεδομένων του δικτύου, επομένως δεν χρειάζονται υπολογισμοί για την απόκτησή της.
- Γρήγορη εξαγωγή αποτελεσμάτων

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Η ακρίβεια της μεθόδου κυμαίνεται ανάλογα με την ακτίνα της κυψέλης που εξυπηρετεί το κινητό τερματικό. Τυπικά η ακρίβεια κυμαίνεται από 50m (εσωτερικοί χώροι) έως 30km (αγροτικές περιοχές)
- Λόγω της επίδρασης των φαινομένων διάδοσης, η κυψέλη που εξυπηρετεί το κινητό τερματικό δεν είναι πάντοτε και η πιο κοντινή.

2.3 Μέθοδοι εντοπισμού θέσης που βασίζονται στην εγγύτητα (Proximity)

β. Εξελιγμένη μέθοδος αναγνώρισης ταυτότητας κυψέλης (Enhanced Cell- ID)

Η μέθοδος Enhanced Cell – ID , που είναι γνωστή και ως CGI++, χρησιμοποιεί την αναφορά μετρήσεων δικτύου (NMR) και χάρτες ραδιοκάλυψης, με σκοπό την εύρεση θέσης του κινητού τερματικού

Το κινητό τερματικό καταγράφει τις λαμβανόμενες στάθμες σήματος από την τρέχουσα κυψέλη και από άλλες έξι κυψέλες με το ισχυρότερο σήμα και στη συνέχεια αποστέλλει την πληροφορία αυτή στο δίκτυο κάθε 480ms, ως αναφορά μετρήσεων δικτύου (Network Measurement Report, NMR). Μια NMR περιλαμβάνει και τις ταυτότητες των κυψελών (CGIs) από τις οποίες λαμβάνει σήμα το κινητό τερματικό

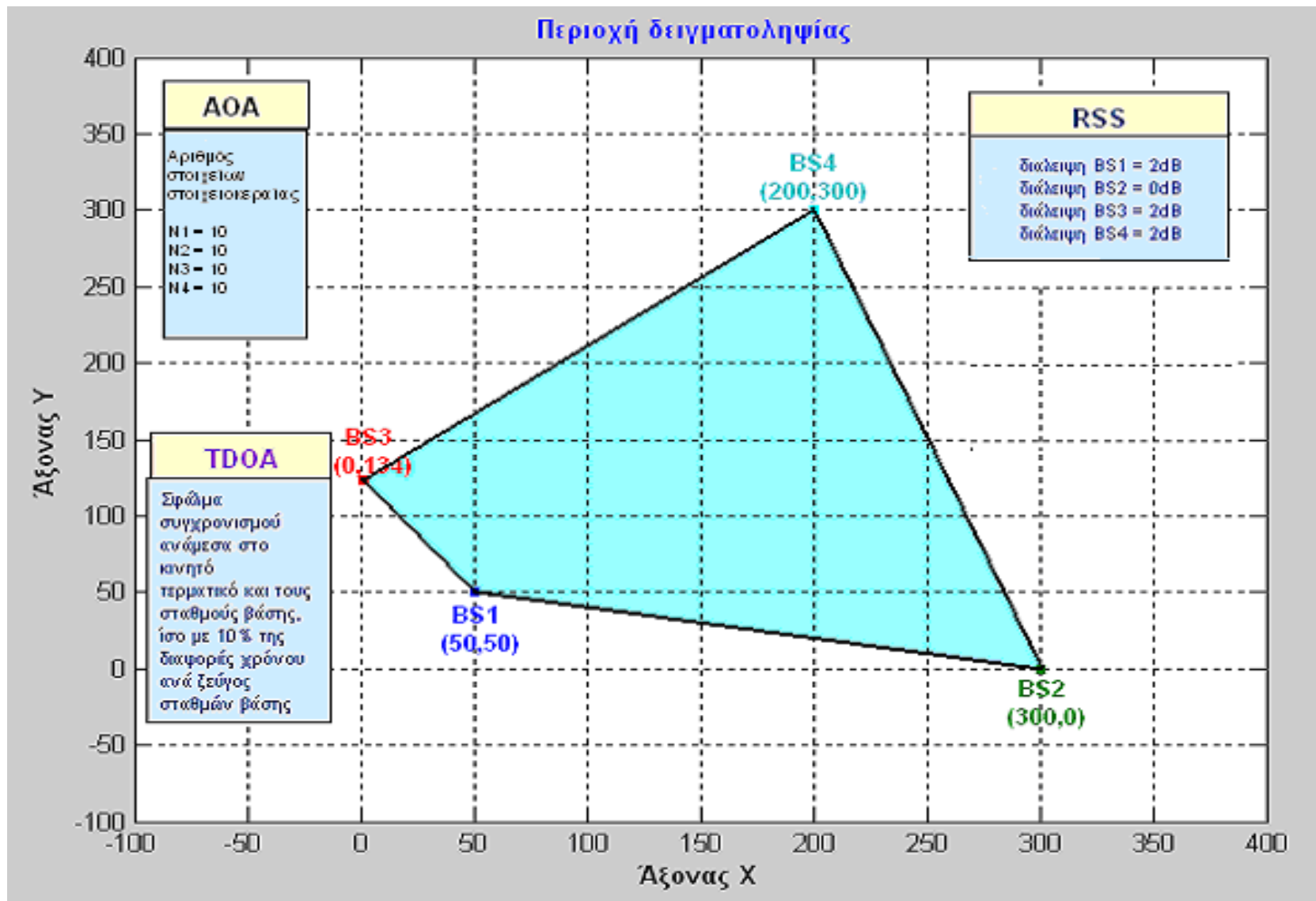
Οι χάρτες ραδιοκάλυψης δημιουργούνται με σκοπό να απεικονίσουν την προσδοκώμενη στάθμη σήματος σε κάθε σημείο της περιοχής εξυπηρέτησης του δικτύου. Με αυτόν τον τρόπο γνωρίζουμε σε κάθε γεωγραφική θέση, κάνοντας χρήση κάποιου μοντέλου διάδοσης, την αναμενόμενη ισχύ σήματος από κάθε σταθμό βάσης του δικτύου.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑ

Καθίσταται δυνατή η εκτίμηση θέσης κάθε μισό δευτερόλεπτο, χωρίς να απαιτείται επιπλέον λογισμικό ή εξοπλισμός.

4. Σενάρια Προσομοίωσης – Μελέτη ως προς την ακρίβεια εντοπισμού θέσης του κινητού τερματικού

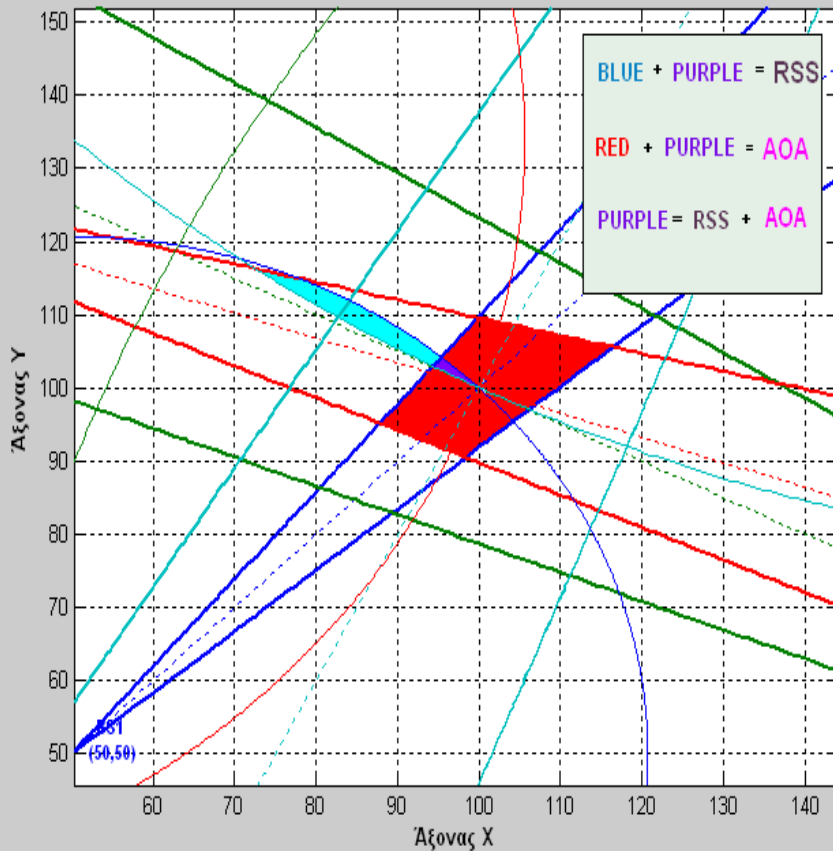
4.1 Συνοπτική περιγραφή προσομοίωσης



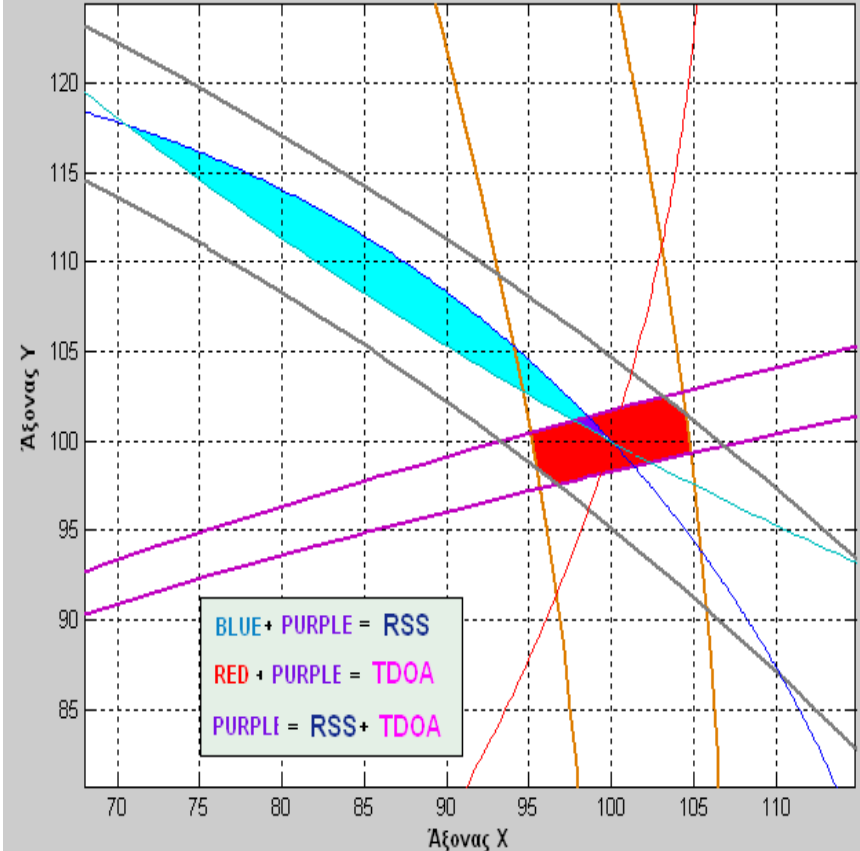
4. Σενάρια Προσομοίωσης – Μελέτη ως προς την ακρίβεια εντοπισμού θέσης του κινητού τερματικού

4.1 Συνοπτική περιγραφή προσομοίωσης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 2 ΤΕΧΝΙΚΩΝ (RSS & AOA)



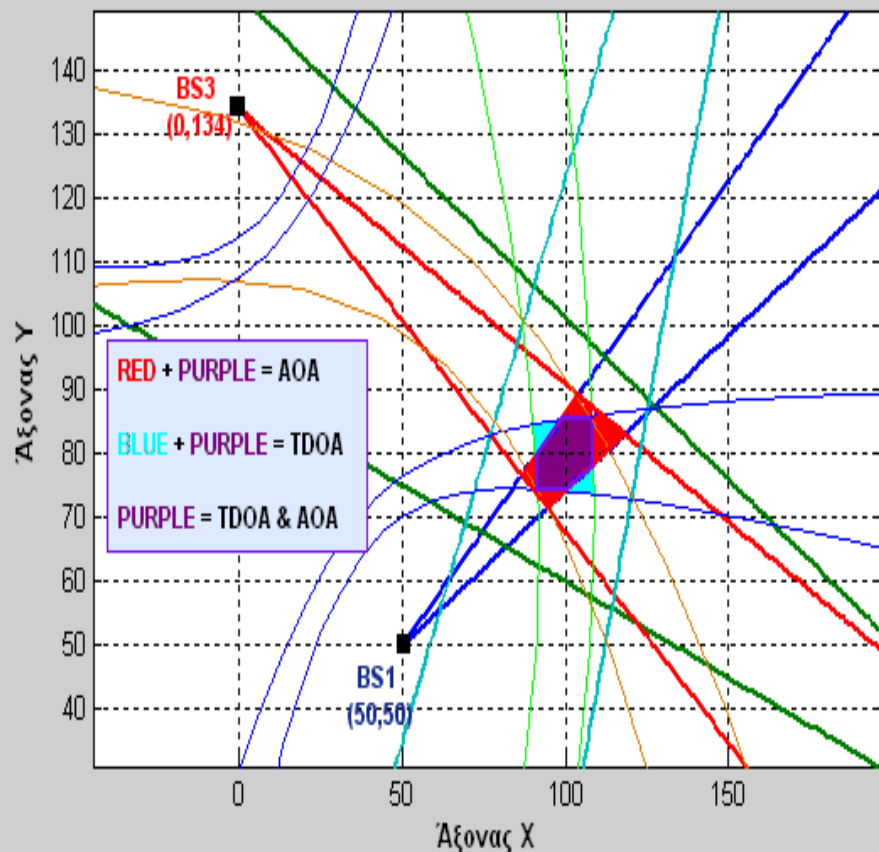
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 2 ΤΕΧΝΙΚΩΝ (RSS & TDOA)



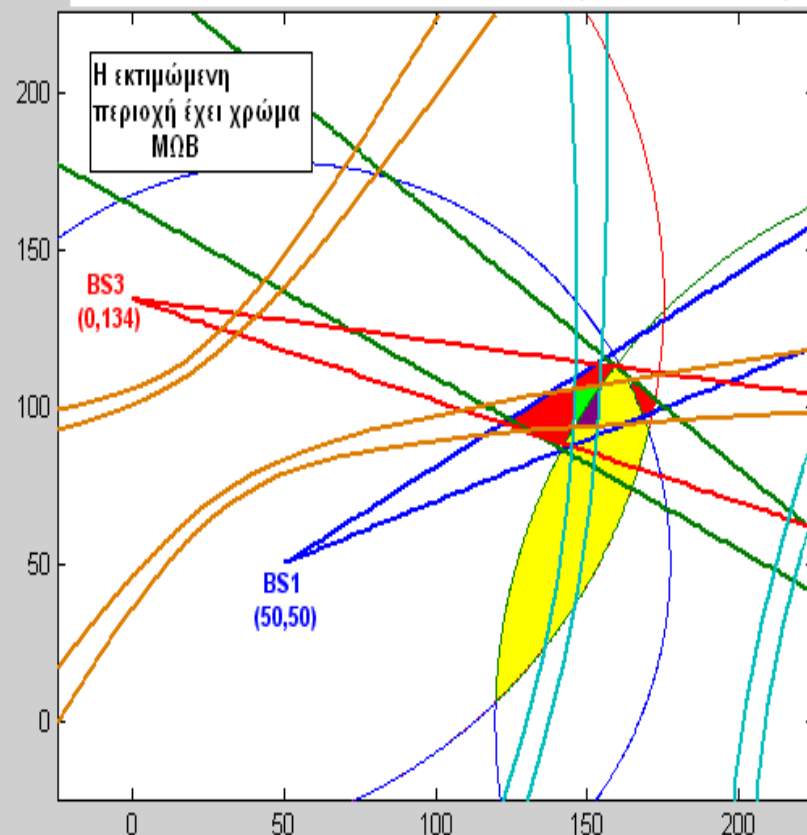
4. Σενάρια Προσομοίωσης – Μελέτη ως προς την ακρίβεια εντοπισμού θέσης του κινητού τερματικού

4.1 Συνοπτική περιγραφή προσομοίωσης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 2 ΤΕΧΝΙΚΩΝ (TDOA & AOA)



ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 3 ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ (RSS & TDOA & AOA)

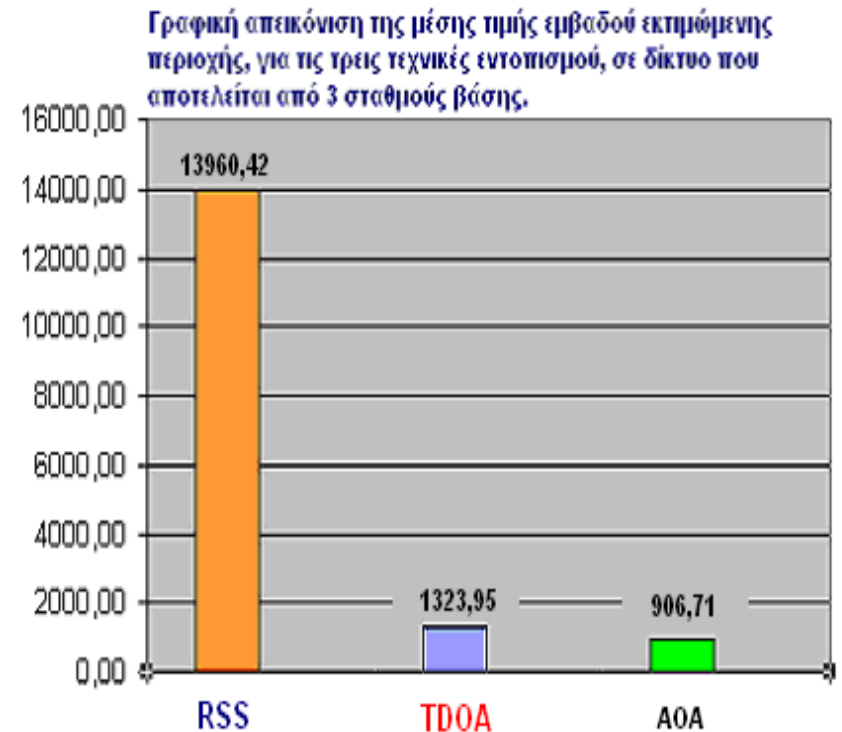


4.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης συσχετίζοντας την ακρίβεια εντοπισμού με το πλήθος των τεχνικών εντοπισμού που χρησιμοποιούνται

α. Δίκτυο με 3 σταθμούς βάσης

1) Μια τεχνική εντοπισμού θέσης

Α/Α	ΘΕΣΗ ΣΤΟΧΟΥ		1 ΤΕΧΝΙΚΗ		
	Xm	Ym	RSS	TDOA	AOA
1	50	150	1391	3592	175
2	50	100	191	104	114
3	100	200	14819	1116	855
4	100	150	3664	1318	448
5	100	100	762	1744	266
6	100	50	276	6925	343
7	150	250	47313	602	1674
8	150	200	21067	1240	1121
9	150	150	7426	541	804
10	150	100	2215	878	707
11	150	50	893	556	1211
12	200	250	38663	212	1921
13	200	200	30478	7	1349
14	190	140	9744	183	911
15	200	100	4852	676	786
16	200	50	1856	240	1172
17	230	200	38043	50	1485
18	250	150	22154	1480	1107
19	250	95	8532	1262	717
20	250	50	3286	2572	619
21	275	25	2131	2403	371
22	225	25	1778	5999	1569
23	225	75	4073	2139	735
24	225	125	11053	875	882
25	225	175	25612	176	1234
26	225	225	50698	21	1737
27	175	75	1987	132	867
28	175	125	5864	983	819
29	175	175	16343	55	1051
30	175	225	37418	531	1482
31	175	270	68040	1585	2091
32	125	75	790	2173	523
33	125	125	2667	676	540
34	125	170	8931	1813	760
35	125	225	28376	803	1248
36	75	75	237	2851	107
37	75	125	837	30	193
38	75	175	6036	1767	461
			RSS	TDOA	AOA
Μέση τιμή εμβέδου εκτιμώμενης περιοχής			13960,42	1323,95	906,71

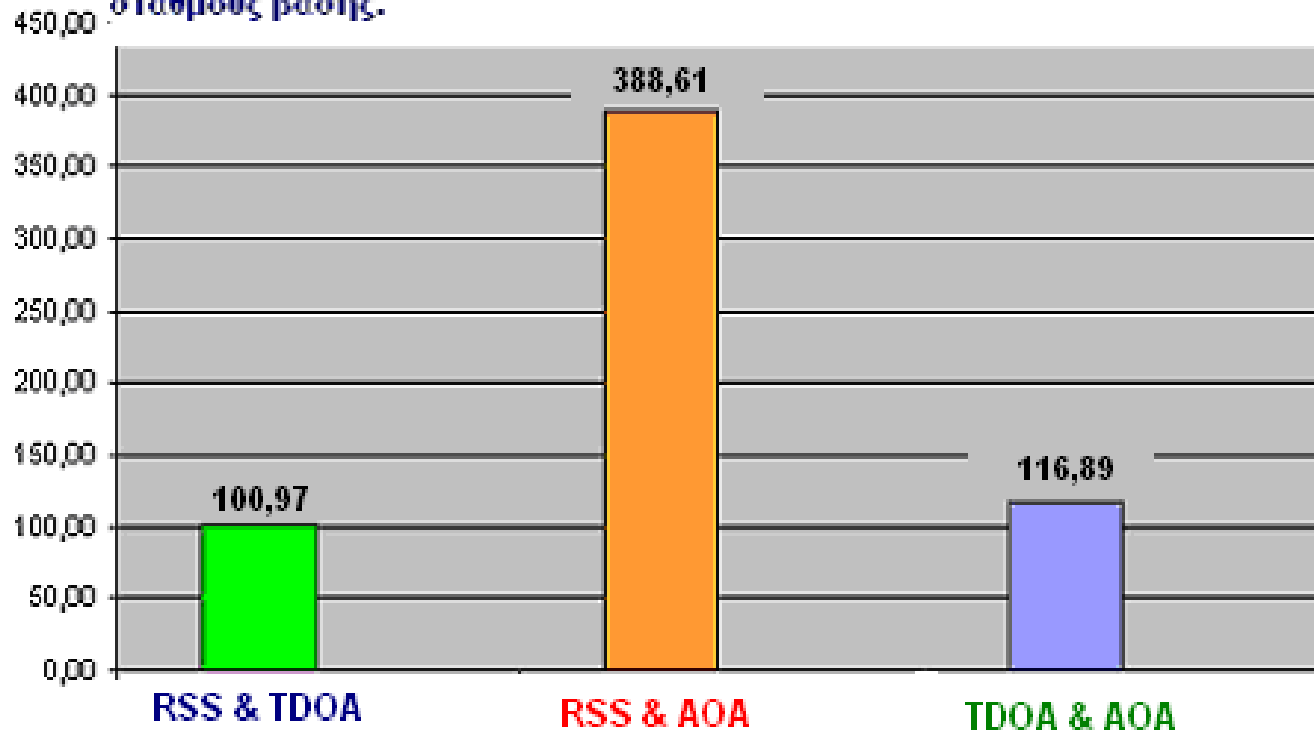


4.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης συσχετίζοντας την ακρίβεια εντοπισμού με το πλήθος των τεχνικών εντοπισμού που χρησιμοποιούνται

α. Δίκτυο με 3 σταθμούς βάσης

2) Συνδυασμός 2 τεχνικών εντοπισμού θέσης

Γραφική απεικόνιση της μέσης τιμής εμβαδού εκτιμώμενης περιοχής, για συνδυασμό δύο τεχνικών εντοπισμού, σε δίκτυο που αποτελείται από 3 σταθμούς βάσης.



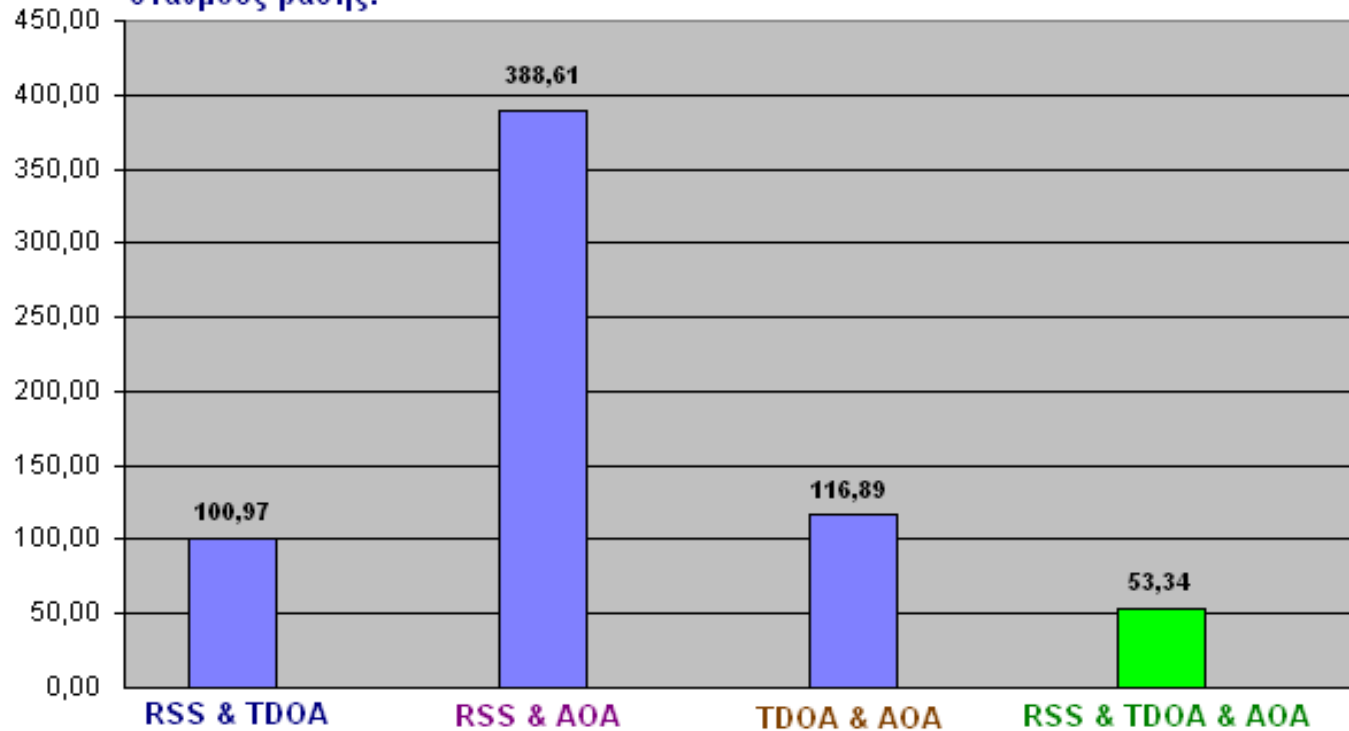
Βελτίωση ακρίβειας (%), χρησιμοποιώντας δύο τεχνικές αντί μιας, για τον εντοπισμό θέσης του κινητού τερματικού					
	RSS		TDOA		AOA
RSS & TDOA	99,28	RSS & TDOA	92,37	RSS & AOA	57,14
RSS & AOA	97,22	AOA & TDOA	91,17	TDOA & AOA	87,11

4.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης συσχετίζοντας την ακρίβεια εντοπισμού με το πλήθος των τεχνικών εντοπισμού που χρησιμοποιούνται

α. Δίκτυο με 3 σταθμούς βάσης

3) Συνδυασμός 3 τεχνικών εντοπισμού θέσης

Γραφική απεικόνιση της μέσης τιμής εμβαδού εκτιμώμενης περιοχής, για συνδυασμό δύο και τριών τεχνικών εντοπισμού, σε δίκτυο που αποτελείται από 3 σταθμούς βάσης.



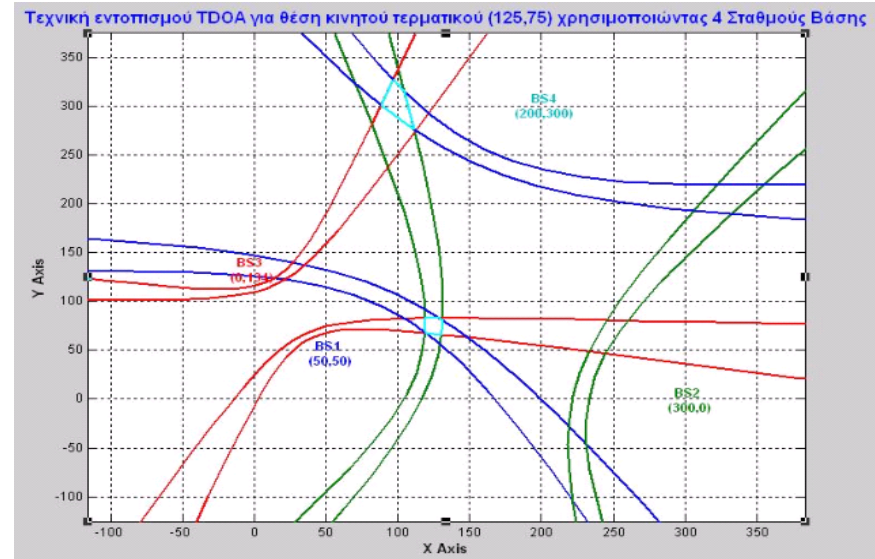
Βελτίωση ακρίβειας (%) ως προς ζεύγος τεχνικών εντοπισμού		
RSS & TDOA	RSS & AOA	TDOA & AOA
47,17	86,27	54,37

4.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης συσχετίζοντας την ακρίβεια εντοπισμού με το πλήθος των τεχνικών εντοπισμού που χρησιμοποιούνται

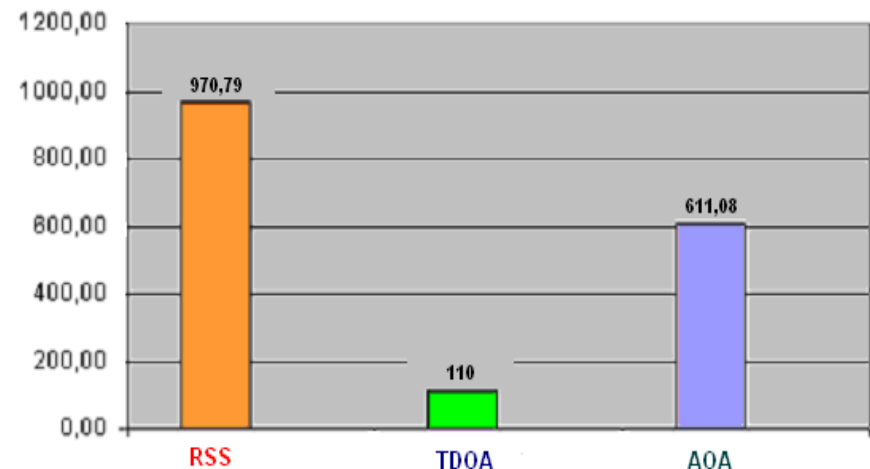
β. Δίκτυο με 4 σταθμούς βάσης

1) Μια τεχνική εντοπισμού θέσης

A/A	ΘΕΣΗ ΣΤΟΧΟΥ		1 ΤΕΧΝΙΚΗ		
	Xm	Ym	RSS	TDOA	AOA
1	50	150	682	107	175
2	50	100	191	70	114
3	100	200	1360	24	854
4	100	150	824	17	448
5	100	100	574	118	266
6	100	50	276	394	329
7	150	250	1260	206	666
8	150	200	933	42	775
9	150	150	925	6	729
10	150	100	895	87	659
11	150	50	793	155	762
12	200	250	361	56	413
13	200	200	753	2	696
14	190	140	1052	1	783
15	200	100	1205	11	731
16	200	50	1243	65	829
17	230	200	846	13	767
18	250	150	1550	108	1045
19	250	95	1725	21	717
20	250	50	1672	259	612
21	275	25	1690	353	371
22	225	25	1528	190	742
23	225	75	1438	58	713
24	225	125	1326	10	850
25	225	175	1024	31	868
26	225	225	556	7	603
27	175	75	1038	39	731
28	175	125	1025	31	735
29	175	175	902	7	753
30	175	225	750	76	664
31	175	270	781	204	394
32	125	75	647	708	483
33	125	125	815	48	535
34	125	170	934	5	736
35	125	225	1411	124	912
36	75	75	237	220	107
37	75	125	543	18	193
38	75	175	1125	289	461
			RSS	TDOA	AOA
Μέση τιμή εμβαδού εκτιμώμενης περιοχής			970,79	110,00	611,08



Γραφική απεικόνιση της μέσης τιμής εμβαδού εκτιμώμενης περιοχής, για τις τρεις τεχνικές εντοπισμού, σε δίκτυο που αποτελείται από 4 σταθμούς βάσης.

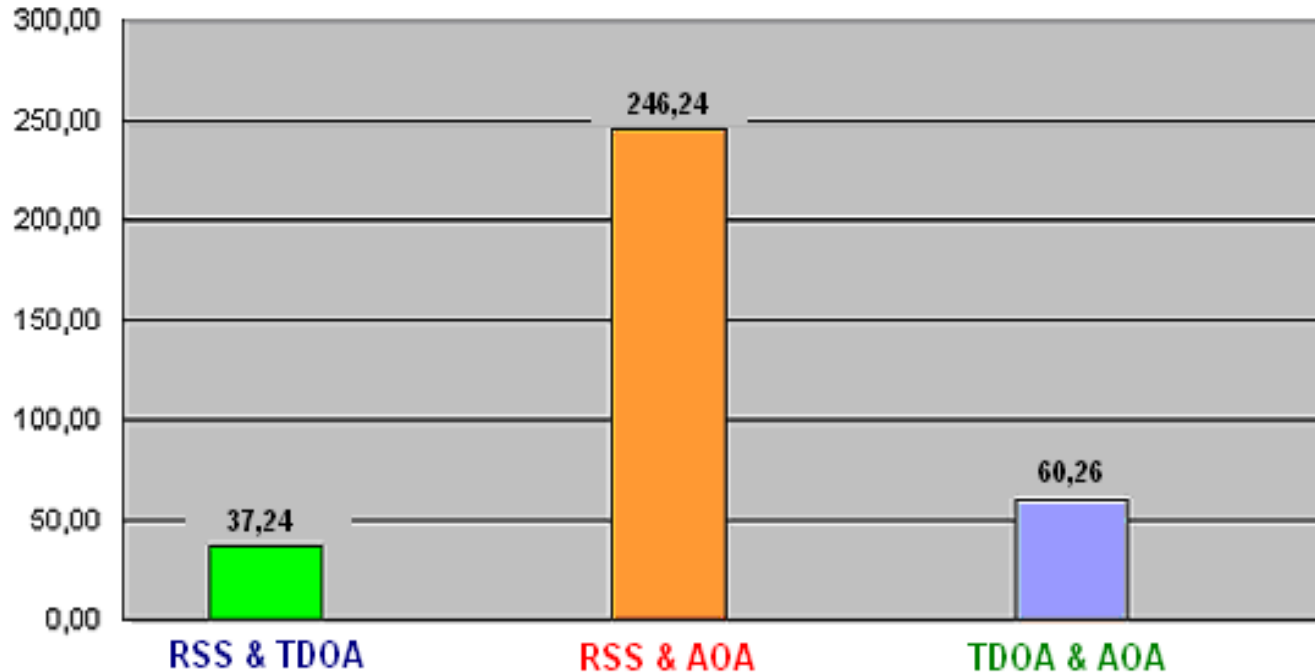


4.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης συσχετίζοντας την ακρίβεια εντοπισμού με το πλήθος των τεχνικών εντοπισμού που χρησιμοποιούνται

β. Δίκτυο με 4 σταθμούς βάσης

2) Συνδυασμός 2 τεχνικών εντοπισμού θέσης

Γραφική απεικόνιση της μέσης τιμής εμβαδού εκτιμώμενης περιοχής, για συνδυασμό ζεύγους τεχνικών εντοπισμού, σε δίκτυο με 4 σταθμούς βάσης.



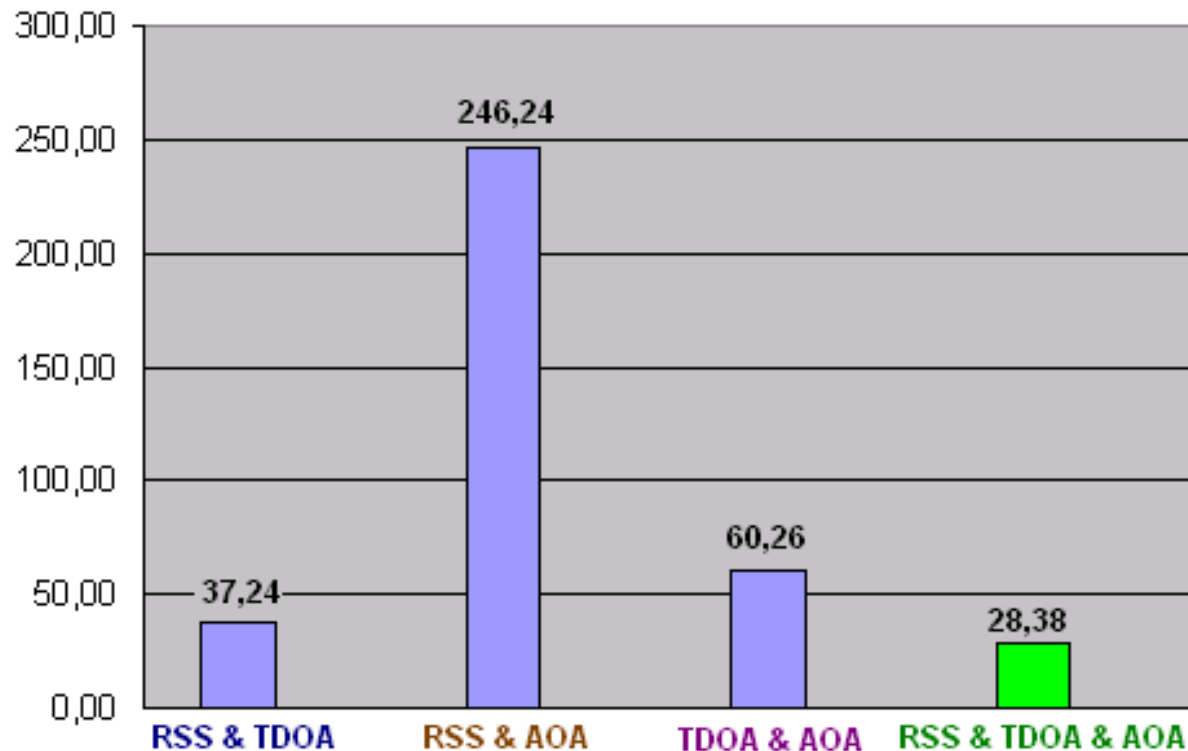
ΔΙΚΤΥΟ ΜΕ 4 ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΒΑΣΗΣ							
Βελτίωση ακρίβειας (%), χρησιμοποιώντας δύο τεχνικές αντί μιας, για τον εντοπισμό θέσης του κινητού τερματικού							
	RSS			TDOA			AOA
RSS & TDOA	96,16		RSS & TDOA	66,14		RSS & AOA	59,70
RSS & AOA	74,64		AOA & TDOA	45,22		TDOA & AOA	90,14

4.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης συσχετίζοντας την ακρίβεια εντοπισμού με το πλήθος των τεχνικών εντοπισμού που χρησιμοποιούνται

β. Δίκτυο με 4 σταθμούς βάσης

3) Συνδυασμός 3 τεχνικών εντοπισμού θέσης

Γραφική απεικόνιση της μέσης τιμής εμβαδού εκτιμώμενης περιοχής, για συνδυασμό δύο και τριών τεχνικών εντοπισμού, σε δίκτυο που αποτελείται από 4 σταθμούς βάσης

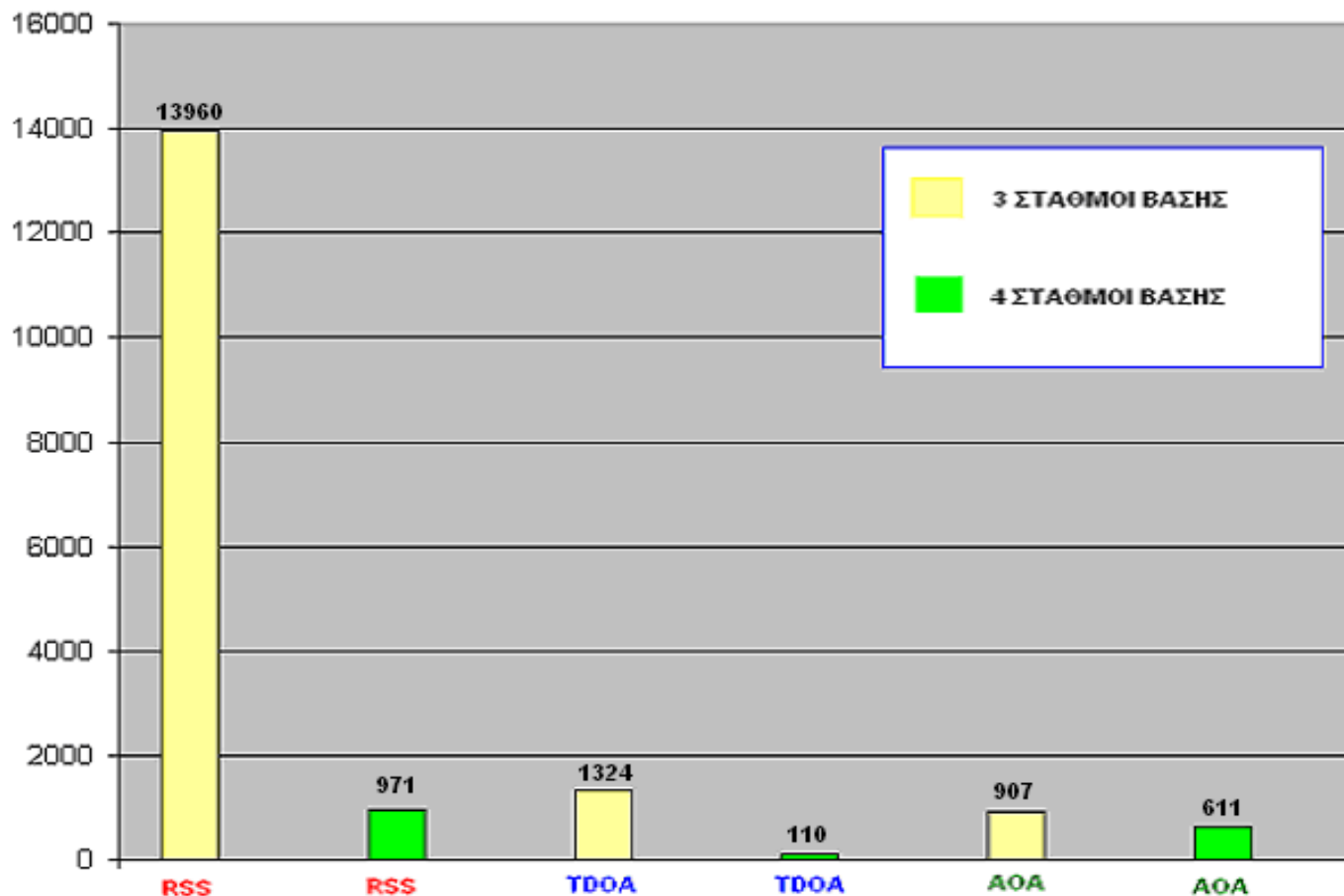


Βελτίωση ακρίβειας (%) ως προς ζεύγος τεχνικών εντοπισμού		
RSS & TDOA	RSS & AOA	TDOA & AOA
23,80	88,48	52,91

4.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης συσχετίζοντας την ακρίβεια εντοπισμού με το πλήθος των σταθμών βάσης του δικτύου

α. Μια τεχνική εντοπισμού θέσης

Γραφική απεικόνιση της μέσης τιμής εμβαδού εκτιμώμενης περιοχής, για κάθε τεχνική εντοπισμού, σε δίκτυο με 3 και 4 σταθμούς βάσης.

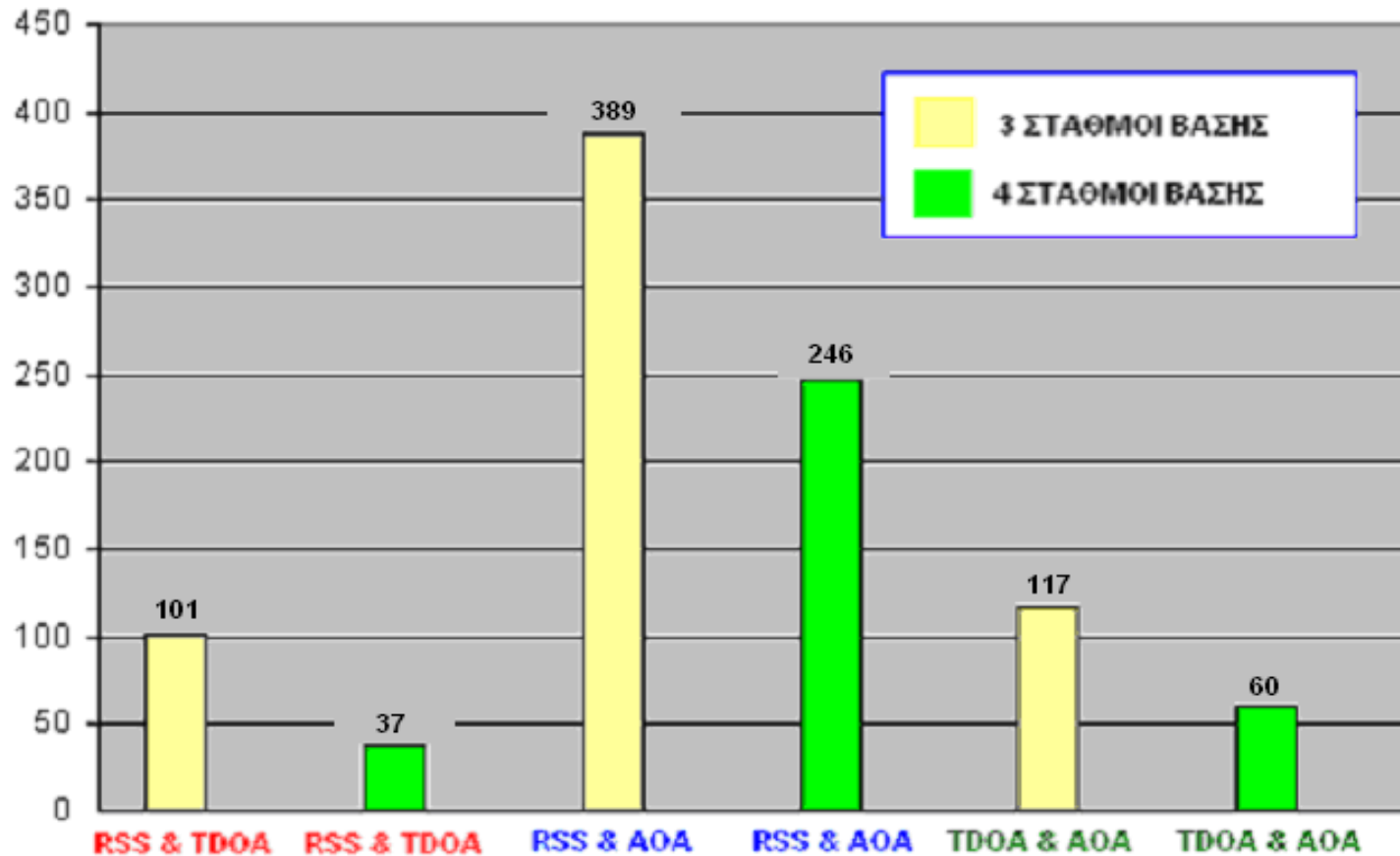


Μέση βελτίωση ακρίβειας %	RSS	TDOA	AOA
	93,05	91,69	32,60

4.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης συσχετίζοντας την ακρίβεια εντοπισμού με το πλήθος των σταθμών βάσης του δικτύου

β. Συνδυασμός 2 τεχνικών εντοπισμού θέσης

Γραφική απεικόνιση της μέσης τιμής εμβαδού εκτιμώμενης περιοχής, για συνδυασμό ζεύγους τεχνικών εντοπισμού, για 3 και 4 σταθμούς βάσης δικτύου.

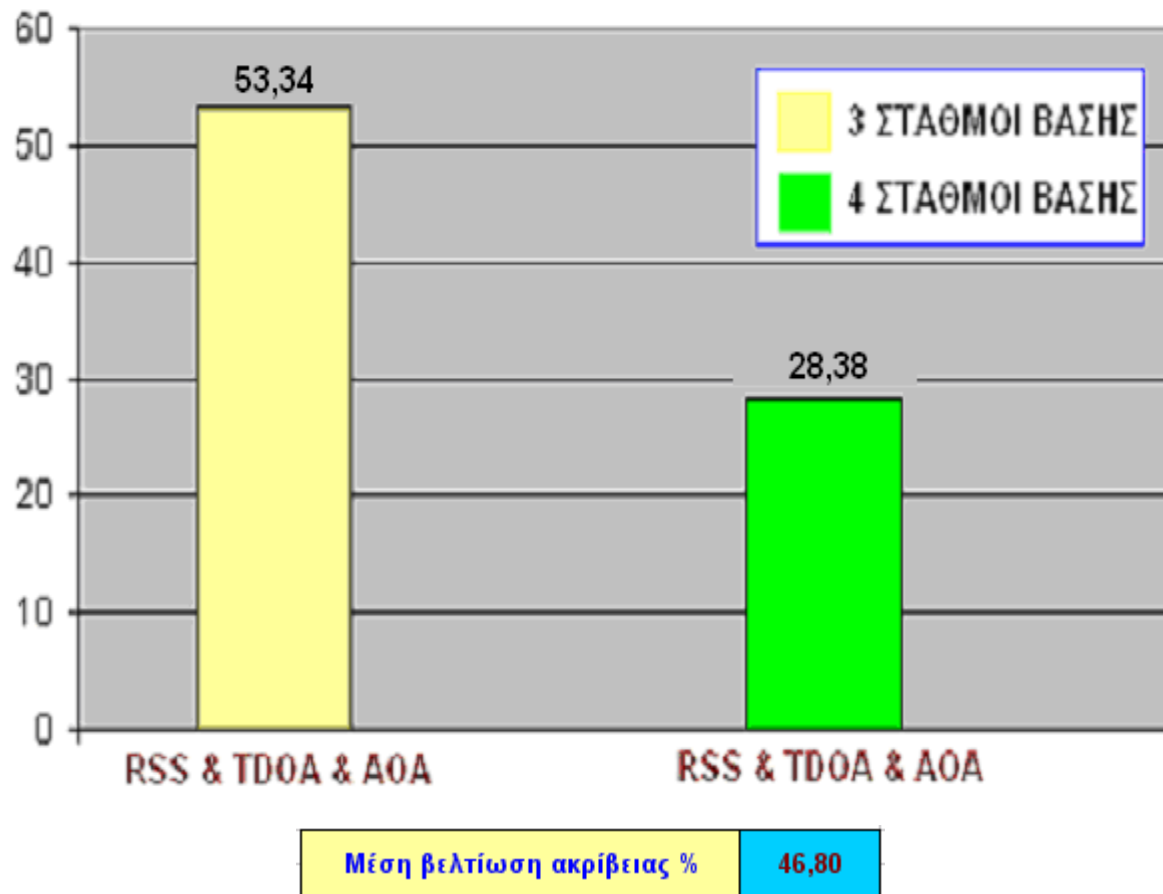


Μέση βελτίωση ακρίβειας %	RSS&TDOA	RSS&AOA	TDOA&AOA
		63,11	36,64

4.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης συσχετίζοντας την ακρίβεια εντοπισμού με το πλήθος των σταθμών βάσης του δικτύου

γ. Συνδυασμός 3 τεχνικών εντοπισμού θέσης

Γραφική απεικόνιση της μέσης τιμής εμβαδού εκτιμώμενης περιοχής, για συνδυασμό τριών τεχνικών εντοπισμού θέσης, για 3 και 4 σταθμούς βάσης δικτύου.



5. Ανακεφαλαίωση - Συμπεράσματα

Ανακεφαλαιώνοντας, αναλύθηκαν τεχνικές που βασίζονται στην τριγωνοποίηση, στην ανάλυση τοποθεσίας και στην εγγύτητα για να εκτιμήσουν τη θέση του κινητού τερματικού.

Στη συνέχεια παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα σεναρίων προσομοίωσης, εξετάζοντας την ακρίβεια εντοπισμού θέσης σε συνάρτηση, αφ' ενός με το πλήθος τεχνικών εντοπισμού που υλοποιούνται και αφ' ετέρου με το πλήθος των σταθμών βάσης του δικτύου.

Αυτό που παρατηρήθηκε, είναι ότι η ακρίβεια εντοπισμού θέσης αυξάνεται είτε με συνδυασμό των τεχνικών εντοπισμού θέσης, είτε με αύξηση των σταθμών βάσης του δικτύου.

Αποτελεί λοιπόν προτιμότερη λύση, από πλευράς κόστους, η επιδίωξη της βελτίωσης της ακρίβειας εντοπισμού θέσης μέσω του συνδυασμού τεχνικών εντοπισμού, μιας και η εγκατάσταση νέων σταθμών βάσης αυξάνει δραματικά τις δαπάνες χρήσης και συντήρησης του δικτύου. Άλλωστε, ειδικά στις αστικές περιοχές, εγείρονται αντιδράσεις ως προς την τοποθέτηση σταθμών βάσης, εξαιτίας των κινδύνων που ελλοχεύει η αύξηση των επιπέδων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία.

Οι παραπάνω λόγοι καθιστούν μονόδρομο την βελτίωση των τεχνικών εντοπισμού για την βελτίωση της ακρίβειας εντοπισμού θέσης του κινητού τερματικού.

ΤΕΛΟΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ